

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Институт Кибернетики _____
Направление подготовки _____ 15.03.01 «Машиностроение» _____
Кафедра _____ Технологии автоматизированного машиностроительного
производства _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Корпус»

УДК 621.81:62 – 214.2.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8л21	Завершинский Павел Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский К.Г			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Содержание

1. Введение	3
2. Проектирование технологического процесса изготовления детали ...	4
2.1 Определение типа производства	4
2.2 Анализ технологичности конструкции детали	7
2.3 Выбор заготовки	9
2.4 Технологический маршрут операций	9
2.5 Разработка маршрута технологии изготовления	10
2.6 Расчет минимальных припусков на обработку	18
2.7 Расчет технологических размеров.	20
3. Расчет режимов резания	34
4. Выбор средств технологического оснащения	43
5. Определение норм времени	46
5.1 Расчет основного времени	46
5.2 Определение норм вспомогательного времени	60
5.3 Определение штучно-калькуляционного времени	61
6. Конструкторская часть	64
7. Социальная ответственность	65
7.1 Производственная безопасность	65
7.2 Экологическая безопасность	73
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
8. Финансовый	
менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	77
9. Список используемой литературы	89

Техническое задание.

Разработать технологический процесс изготовления детали – «корпус». Чертёж детали «Корпус» представлен в приложении 1. Программа выпуска деталей: 2000 шт.

1. Введение

С каждым годом во всем мире растет выпуск сложных изделий, применяемых как в быту, так и в производственных условиях. Усложняются как конструкции машин, так и системы управления ими. Ключевую роль в материализации новейших достижений науки и техники отводится машиностроению. Ускорение темпов его роста - основа научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства и поддержания на должном уровне обороноспособности страны.

Цель данной работы спроектировать технологический процесс изготовления детали «Корпус». Для этого необходимо составить технологический процесс, рассчитать припуски на обработку, определить операционные размеры, режимы резания. Выбрать оборудование, инструмент, с помощью которого будет обрабатываться данная деталь.

2. Проектирование технологического процесса изготовления детали

Основным исходным параметром при проектировании технологического процесса являлся тип производства. Проектирование технологического процесса изготовления детали связано с определенными трудностями: в каждом случае необходимо решать сложные многокритериальные задачи со многими параметрами. В зависимости от условий производства и назначения проектируемого технологического процесса применяются различные виды и формы технологических процессов. Вид технологического процесса определяется количеством изделий, охватываемых процессом. Что бы выбрать заготовку и определить на каком оборудовании будет происходить обработка, нужно определить тип производства. [15]

2.1 Определение типа производства

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций:

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}},$$

где t_d – такт выпуска деталей;

$t_{шс}$ – среднее штучное время операций.

Такт выпуска деталей определяется по формуле:

$$t_d = 60\Phi_d/N,$$

где Φ_d – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 2000$ – Годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени оборудования определяем по табл.3 (1, с. 23) при условии работы оборудования в две смены $\Phi_d = 4140$ ч

Среднее штучное время рассчитывают по формуле:

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n t_{ши}/n,$$

где $t_{ши}$ – штучное время i -ой операции изготовления детали;

n – число основных операций в технологическом процессе.

Штучное время каждой операции определяется как:

$$t_{ш} = \varphi_k * T_0,$$

где φ_k – коэффициент, зависящий от вида станка;
 T_0 – основное технологическое время.

Произведем расчет штучного времени для основных операций:

0. Заготовительная операция.

Отрезание

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,5 \\ T_0 &= 0,00019 * l \\ t_{ш0} &= 1,5 * 0,00019 * 166,2 = 0,473\end{aligned}$$

1. Фрезерная

Подрезание торцов

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,84 \\ T_0 &= 4 * l \\ t_{ш1} &= 1,84 * 4 * 166,2 * 10^{-3} = 12,2\end{aligned}$$

2. Фрезерная с ЧПУ

Фрезерование поверхностей на станке с ЧПУ

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,84 \\ T_0 &= 4 * l \\ t_{ш2} &= 1,84 * 4 * 24,6 * 10^{-3} = 1,8\end{aligned}$$

3. Фрезерная с ЧПУ

Фрезерование поверхностей на станке с ЧПУ

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,84 \\ T_0 &= 4 * l \\ t_{ш3} &= 1,84 * 4 * 64 * 10^{-3} = 4,7\end{aligned}$$

4. Фрезерная с ЧПУ

Фрезерование поверхностей на станке с ЧПУ

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,84 \\ T_0 &= 4 * l \\ t_{ш4} &= 1,84 * 4 * 31,6 * 10^{-3} = 2,4\end{aligned}$$

5. Фрезерная с ЧПУ

Фрезерование поверхностей на станке с ЧПУ

$$\varphi_k = 1,84$$

$$T_0 = 4 * l$$

$$t_{ш5} = 1,84 * 4 * 45,5 * 10^{-3} = 3,35$$

Среднестатистическое время:

$$t_{шс} = \frac{0,473 + 12,2 + 1,8 + 4,7 + 2,4 + 3,35}{6} = 4,154$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{30} = \frac{60 * 4140 / 2000}{4,154} = 29,9$$

$20 \leq K_{30} \leq 40$, что соответствует мелкосерийному производству.

2.2 Анализ технологичности конструкции детали.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях и возможное дальнейшее улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. Лишь незначительное число деталей машин и механизмов, а также инструментов в процессе их изготовления не подвергаются обработке резанием: точению, сверлению, фрезерованию, шлифованию. Особо необходима обработка резанием для придания деталям их конечной формы и требуемого качества поверхности. Поэтому с учетом экономичности и технологичности всего процесса изготовления вопросам обрабатываемости резанием придается большое значение. На технологичность конструкции детали, подвергаемой обработке резанием, влияют как технические факторы (обрабатываемость материала, выбор баз и размерных связей, форма и размеры детали, требования по точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей) так и организационные (серийность производства).

Совокупность свойств изделия определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных ресурсозатрат при производстве и эксплуатации для изначально заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия.

Обрабатываемость резанием следует рассматривать как меру сопротивления материала обработке резанием. При этом обрабатываемость резанием следует оценивать обязательно с учетом режимов резания, а также свойств, применяемого для изготовления материала инструмента, поскольку эти факторы очень важны при учете влияния сил трения.

Анализируя деталь «Корпус» с точки зрения технологичности ее изготовления, можно отметить несколько положительных факторов:

1. Конструкция детали позволяет обеспечивать свободный подвод и отвод режущего инструмента.
2. Обработка детали является неточной, по 12 качеству.
3. Большая часть размеров и точность обработки ($Ra\ 1,6-3,2$) поверхностей обеспечивается возможностями станков.

Отрицательными следует считать, с точки зрения технологичности, следующие факторы:

1. Производство мелкосерийное, поэтому неэкономичное применение высокопроизводительного дорогого оборудования для изготовления детали.
2. Присутствуют поверхности с высокими требованиями к точности размеров.
3. После химико-термической операции требуется стабилизация.

Тип производства определили ранее. Тип производства: Мелкосерийное

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и достаточно большим объемом выпуска. При серийном производстве используются универсальные станки, чаще станки с ЧПУ, а также станки-полуавтоматы, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, часто с механизированным приводом зажима, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия.

В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках. [5]

2.3 Выбор заготовки

Для данной детали используется заготовка из материала Д16 (Гост 4784-97).

Состав Д16 (Гост 4784-97) Таблица 1.1

Материал	Fe	Mn	Si	Cr	Ti	Cu	Al	Mg	P	Примесей
Д16	До 0,5 0	0,3- 0,9	До 0,50	До 0,10	До 0,15	3,8- 4,9	90,9- 94,7	1,2- 1,8	До 0,25	До 0,15

Д16 применяется для изготовления как мелких так и крупных деталей в качестве конструкционного сплава. Сплав достаточно прочный и легкий. Используется в основном в авиационной, космической промышленности и в различных областях народного хозяйства.

При проектировании технологического процесса не целесообразно применение литья или штамповки в условиях мелкосерийного производства, целесообразно использовать листовой прокат материала Д16. Отрезка осуществляется с помощью плазменной резки.

2.4 Технологический маршрут операций

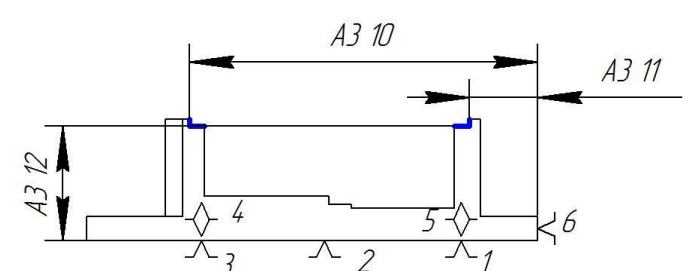
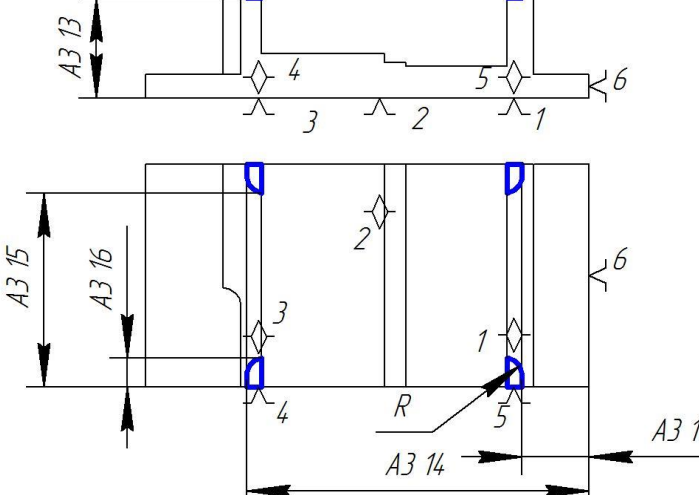
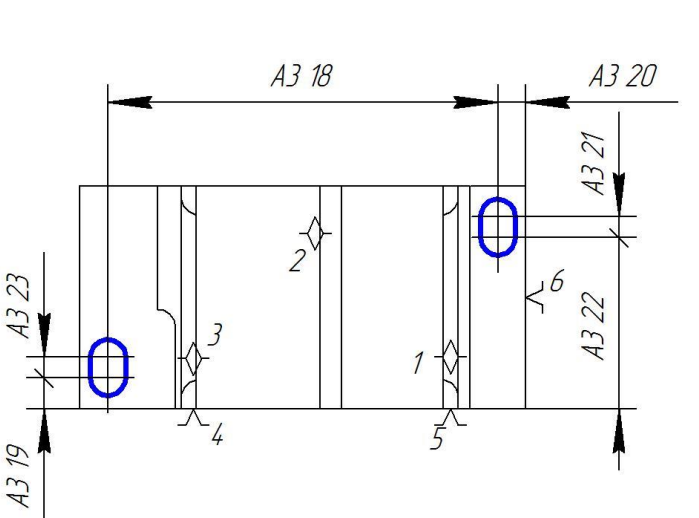
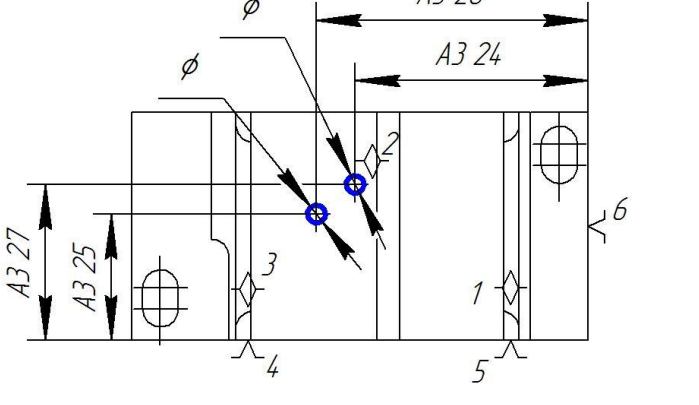
0. Заготовительная.
1. Фрезерная.
2. Фрезерная с ЧПУ.
3. Фрезерная с ЧПУ
4. Фрезерная с ЧПУ
5. Фрезерная с ЧПУ
6. контрольная
7. Слесарная.
8. Химико - термическая
9. Гальваническая.
- 10.Контрольная.
- 11.Консервация.

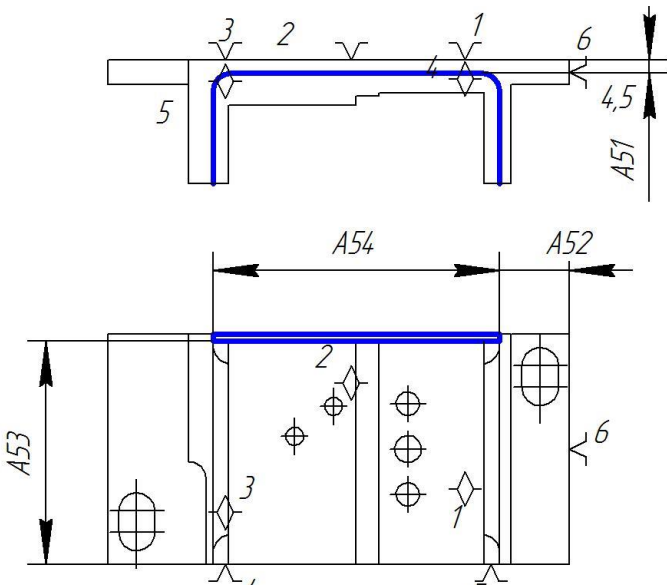
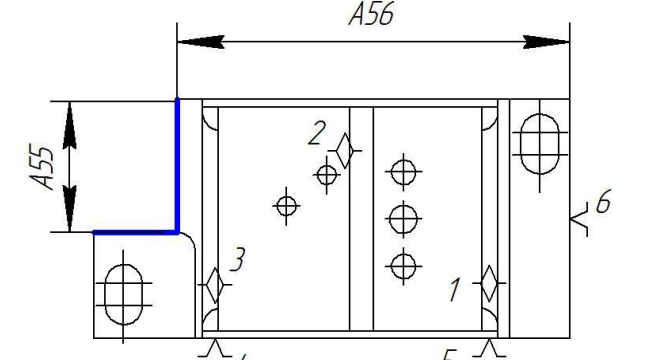
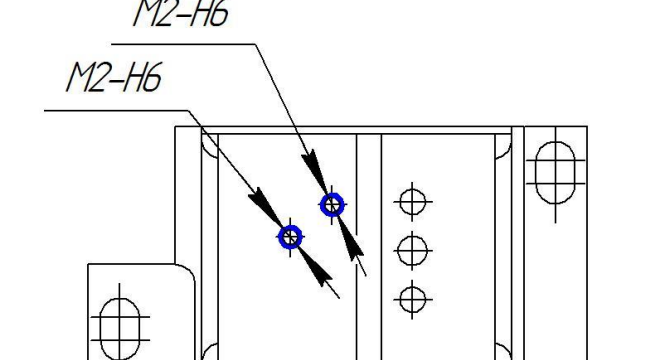
2.5 Разработка маршрута технологии изготовления

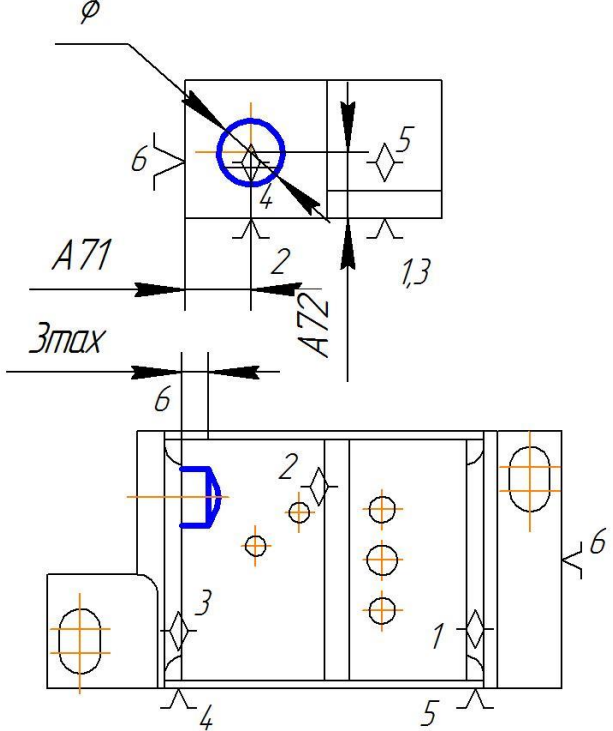
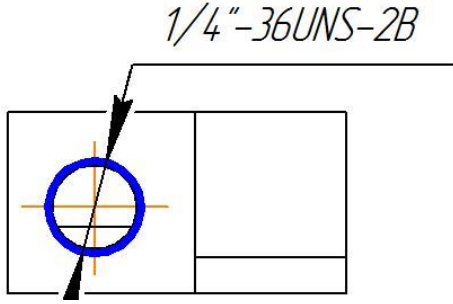
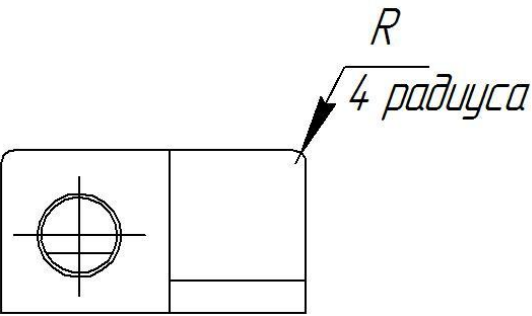
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
операции	Перехода		
0	1	<u>Заготовительная</u> Отрезать заготовку, выдержав размер A_{02}, A_{03}	
1	A	<u>Фрезерная</u> Установить и снять деталь	
	1	Фрезеровать сторону 1, выдержав размер A_{11}	
	2	Фрезеровать сторону 2, выдержав размер A_{12}	

	3	Фрезеровать сторону 3, выдержав размер A_{13}	
	4	Фрезеровать сторону 4, выдержав размер A_{14}	
	5	Фрезеровать сторону 5, выдержав размер A_{15}	
2	A	<u>Фрезерная с ЧПУ</u> Установить и снять деталь	
	2	Фрезеровать на глубину, выдержав размеры A_{23}, A_{24}	
	3	Фрезеровать, выдержав размеры A_{25}, A_{26}, A_{27} и радиус R	

3	A	Установить и снять деталь	
	1	Фрезеровать на глубину, выдержав размеры $A_{31}, A_{32}, A_{33}, A_{34}, A_{35}, A_{36}$ и A_{38}	
	2	Фрезеровать, выдержав размер A_{39}	

3	Фрезеровать ступеньки, выдерживая размеры A_{310}, A_{311} и A_{312}	
4	Фрезеровать 4 паза, выдержав размеры A_{313}, A_{314}, A_{315}, A_{316}, A_{317} и радиус R	
5	Фрезеровать 2 паза, выдержав размеры A_{318}, A_{319}, A_{320}, A_{321}, A_{322} и A_{323}	
6 7	Сверлить отверстие под резьбу М2-6Н, выдержав размеры A_{324} и A_{327} Сверлить отверстие под резьбу М2-6Н, выдержав размеры A_{325} и A_{326}	

5	A 1	<u>Фрезерная с ЧПУ</u> Установить и снять деталь Фрезеровать контур, выдержав размеры A_{51}, A_{52}, A_{53}, A_{54} и радиус R	
	2	Фрезеровать, выдержав размеры A_{55}, A_{56}	
6	1	<u>Контрольная</u> Проконтролировать все размеры	
7	1	<u>Слесарная</u> Нарезать резьбу М2-Н6	

2	Сверлить отверстие под резьбу 1/4"-36UNS-2B выдерживая размеры A_{71}, A_{72}	
3	Нарезать резьбу 1/4"-36UNS-2B	
4	Притупить 4 кромки радиусом R	
5		

		Цековать 2 отверстия ϕ, выдержав размеры A_{73}, A_{74}, A_{75}, A_{76}	The drawing shows a top view of a mechanical part with several holes. Two holes are highlighted with blue circles and labeled '2'. Other features are labeled with numbers 1, 3, 4, 5, and 6. Dimensions A73, A74, A75, and A76 are indicated with arrows. A section line A-A is shown, and the section view A-A(4:1) is shown below the main view, highlighting a rectangular feature in blue.
8	1	<u>Химко – термическая</u> Стабилизировать по ГОСТ 17535-77	
9	1	<u>Гальваническая</u> Нанести Анодно Оксидированное покрытие	
10	1	<u>Контрольная</u> Проконтролировать все размеры	
		<u>Консервация ТТП</u>	

Размерные схемы и графы представлены в приложении 2.

2.6 Расчет минимальных припусков на обработку

Минимальный припуск на обработку плоскости:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{\phi-1} + \rho_{p-1},$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\rho_{\phi-1}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм;

ρ_{p-1} – погрешность расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз, возникшая на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм.

1. Фрезерная

Фрезерование поверхности 1 в тисках после отрезки.

$$R_z = 60 \text{ мкм}$$

$$h = 200 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\phi} = 500 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 50 \text{ мкм}$$

$$Z_{11min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 60 + 200 + 500 = 810 \text{ мкм}$$

2. Фрезерная

Фрезерование поверхности 2 в тисках после отрезки.

$$R_z = 60 \text{ мкм}$$

$$h = 200 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\phi} = 500 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 50 \text{ мкм}$$

$$Z_{12min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 60 + 200 + 500 = 810 \text{ мкм}$$

3. Фрезерная

Фрезерование поверхности 3 в тисках после отрезки.

$$R_z = 60 \text{ мкм}$$

$$h = 200 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\phi} = 500 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 50 \text{ мкм}$$

$$Z_{13min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 60 + 200 + 500 = 810 \text{ мкм}$$

4. Фрезерная

Фрезерование поверхности 4 в тисках после отрезки.

$$R_z = 60 \text{ мкм}$$

$$h = 200 \text{ мкм}$$

$$\rho_\phi = 500 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 50 \text{ мкм}$$

$$Z_{14min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 60 + 200 + 500 = 810 \text{ мкм};$$

5. Фрезерная

Прокат плита алюминиевая Д16, обычной точности, фрезерование поверхности 5 в тисках.

$$R_z = 80 \text{ мкм}$$

$$h = 100 \text{ мкм}$$

$$\rho_\phi = 16 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 100 \text{ мкм}$$

$$Z_{15min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 80 + 100 + 16 + 100 = 396 \text{ мкм};$$

6. Фрезерная

Прокат плита алюминиевая Д16, обычной точности, фрезерование поверхности в тисках.

$$R_z = 80 \text{ мкм}$$

$$h = 100 \text{ мкм}$$

$$\rho_\phi = 16 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 100 \text{ мкм}$$

$$Z_{39min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 80 + 100 + 16 + 100 = 396 \text{ мкм};$$

2.7 Расчет технологических размеров.

Для удобства выпишем технологические размеры из цепей, которые выдерживаются непосредственно из конструкторских:

$$K_1 = A_{51} = 1,4 \pm 0,05;$$

$$K_{25} = A_{14} = 25,4_{-0,52};$$

$$K_4 = A_{3\ 20} = 3,2 \pm 0,1;$$

$$K_{32} = A_{71} = 6,5 \pm 0,1;$$

$$K_5 = A_{3\ 18} = 44,5 \pm 0,1;$$

$$K_{38} = A_{31} = 5_{-0,12};$$

$$K_6 = A_{3\ 28} = 17,8 \pm 0,1;$$

$$K_{39} = A_{35} = 3,6_{-0,084}.$$

$$K_7 = A_{3\ 24} = 26 \pm 0,1;$$

$$K_{41} = A_{39} = 13,6_{-0,14};$$

$$K_8 = A_{3\ 26} = 30,3 \pm 0,1;$$

$$K_{42} = A_{72} = 6,5 \pm 0,1;$$

$$K_9 = A_{56} = 42 \pm 0,125;$$

$$K_{43} = A_{23} = 2,7_{-0,1};$$

$$K_{10} = A_{12} = 50,9_{-0,12};$$

$$K_{44} = A_{25} = 2,7_{-0,1};$$

$$K_{11} = A_{22} = 6,4^{+0,58};$$

$$K_{45} = A_{41} = 1,4_{-0,1};$$

$$K_{19} = A_{3\ 25} = 14,1 \pm 0,09;$$

$$K_{48} = A_{3\ 23.1} = 2^{+0,06};$$

$$K_{20} = A_{3\ 27} = 17,4 \pm 0,09;$$

$$K_{49} = A_{3\ 23.2} = 2^{+0,06};$$

$$K_{21} = A_{3\ 30} = 12,7 \pm 0,05;$$

$$K_{50} = A_{3\ 21.1} = 2^{+0,06};$$

$$K_{22} = A_{3\ 29} = 7,7 \pm 0,1;$$

$$K_{51} = A_{3\ 21.2} = 2^{+0,06};$$

$$K_{23} = A_{3\ 31} = 10 \pm 0,1$$

$$K_{52} = A_{42} = 2^{+0,06};$$

Далее приступаем к расчету технологических размеров:

1.

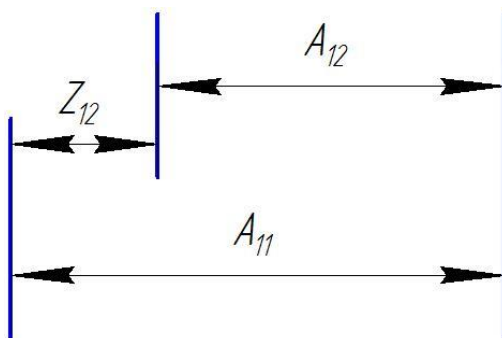


Рис. 1 Схема для определения размера A_{11}

$A_{12} = 50,9_{-0,12}$ мм – номинальное значение размера A_{12} ;

$A_{12}^c = 50,84$ мм – среднее значение размера A_{12} ;

$Z_{12}^c = \frac{Z_{12min} + Z_{12max}}{2}$ – среднее значение припуска Z_{12} ;

$Z_{12max} = Z_{12min} + TA_{12} + TA_{11}$ – наибольшее значение припуска Z_{12} ;

$$Z_{12}^c = Z_{12min} + \frac{TA_{12} + TA_{11}}{2} = 0,81 + \frac{0,12 + 0,1}{2}$$

$= 0,92$ мм – среднее значение припуска Z_{21} ;

$A_{11}^c = A_{12}^c + Z_{12}^c = 50,84 + 0,92 = 51,76$ мм; –среднее значение размера A_{11} ;

$A_{11} = 51,8_{-0,2}$ мм – номинальное значение размера A_{11} .

2.

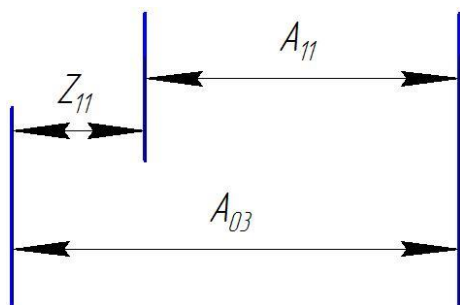


Рис. 2 Схема для определения размера A_{03}

$A_{11} = 51,8_{-0,2}$ мм; $A_{11}^c = 51,76$ мм;

$$Z_{11}^c = \frac{Z_{11min} + Z_{11max}}{2};$$

$Z_{11max} = Z_{11min} + TA_{11} + TA_{03}$;

$$Z_{11}^c = Z_{11min} + \frac{TA_{11} + TA_{03}}{2} = 0,81 + \frac{0,1 + 1,5}{2} = 1,61 \text{ мм};$$

$A_{03}^c = A_{11}^c + Z_{11}^c = 51,76 + 1,61 = 53,37$ мм;

$A_{03} = 54,1_{-1,5}$ мм.

3.

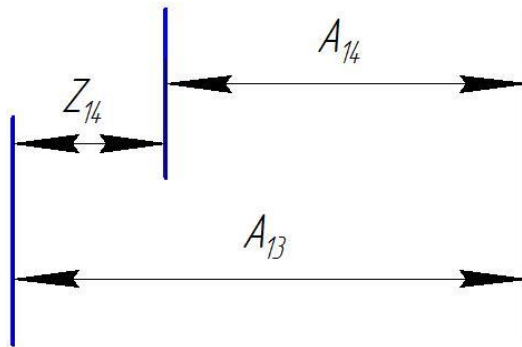


Рис. 3 Схема для определения размера A_{13}

$$A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм}; A_{14}^c = 25,348 \text{ мм};$$

$$Z_{14}^c = \frac{Z_{14min} + Z_{14max}}{2};$$

$$Z_{14max} = Z_{14min} + TA_{14} + TA_{13};$$

$$Z_{14}^c = Z_{14min} + \frac{TA_{14} + TA_{13}}{2} = 0,81 + \frac{0,52 + 0,07}{2} = 1,11 \text{ мм};$$

$$A_{13}^c = A_{14}^c + Z_{14}^c = 25,348 + 1,11 = 26,458 \text{ мм};$$

$$A_{13} = 26,5_{-0,07} \text{ мм}.$$

4.

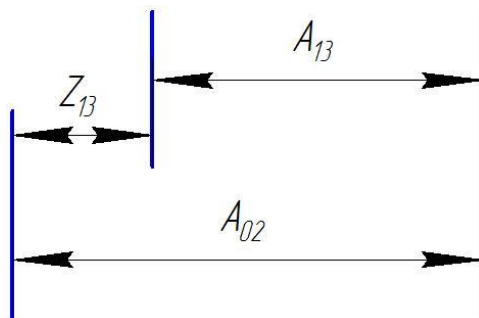


Рис. 4 Схема для определения размера A_{02}

$$A_{13} = 26,5_{-0,07} \text{ мм}; A_{13}^c = 26,458 \text{ мм};$$

$$Z_{13}^c = \frac{Z_{13min} + Z_{13max}}{2};$$

$$Z_{13max} = Z_{13min} + TA_{13} + TA_{02};$$

$$Z_{13}^c = Z_{13min} + \frac{TA_{13} + TA_{02}}{2} = 0,81 + \frac{0,07 + 1,5}{2} = 1,57 \text{ мм};$$

$$A_{02}^c = A_{13}^c + Z_{13}^c = 26,458 + 0,79 = 27,248 \text{ мм};$$

$$A_{02} = 28_{-1,5} \text{ мм}.$$

5.

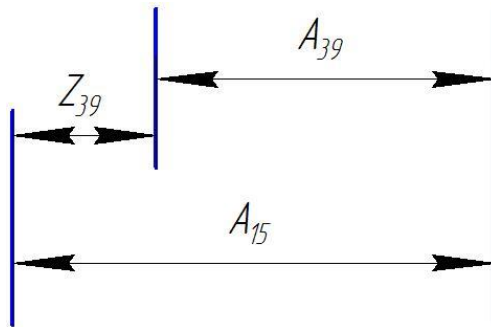


Рис. 5 Схема для определения размера A_{15}

$$A_{39} = 13,6_{-0,14} \text{ мм}; A_{39}^c = 13,46 \text{ мм};$$

$$Z_{39}^c = \frac{Z_{39min} + Z_{39max}}{2};$$

$$Z_{39max} = Z_{39min} + TA_{39} + TA_{15};$$

$$Z_{39}^c = Z_{39min} + \frac{TA_{39} + TA_{15}}{2} = 0,396 + \frac{0,07 + 0,07}{2} = 0,403 \text{ мм};$$

$$A_{15}^c = A_{39}^c + Z_{39}^c = 13,46 + 0,403 = 13,863 \text{ мм};$$

$$A_{15} = 14,2_{-0,7} \text{ мм}.$$

6.

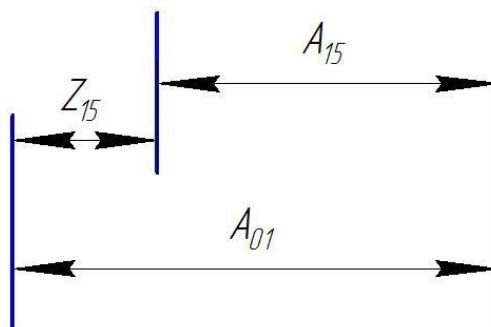


Рис. 6 Схема для определения размера A_{01}

$$A_{15} = 14,2_{-0,7} \text{ мм}; A_{15}^c = 13,863 \text{ мм};$$

$$Z_{15}^c = \frac{Z_{15min} + Z_{15max}}{2};$$

$$Z_{15max} = Z_{15min} + TA_{15} + TA_{01};$$

$$Z_{15}^c = Z_{15min} + \frac{TA_{15} + TA_{01}}{2} = 0,396 + \frac{0,07 + 1,5}{2} = 1,181 \text{ мм};$$

$$A_{01}^c = A_{15}^c + Z_{15}^c = 13,863 + 1,181 = 15,044 \text{ мм};$$

$$A_{01} = 15,7_{-1,5} \text{ мм}.$$

7.

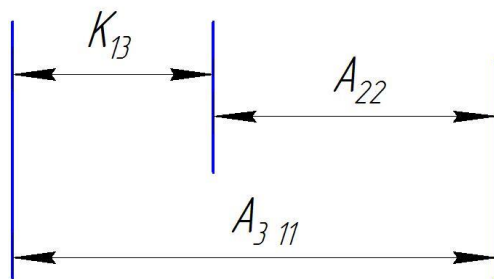


Рис. 7 Схема для определения размера $A_{3\ 11}$

$$A_{22} = 6,4^{+0,058} \text{ мм}; K_{13} = 1,3_{-0,1} \text{ мм}$$

$$A_{3\ 11}^c = K_{13}^c + A_{22}^c = 1,25 + 6,429 = 7,679 \text{ мм};$$

$$A_{3\ 11} = 7,68 \pm 0,079 \text{ мм};$$

8.

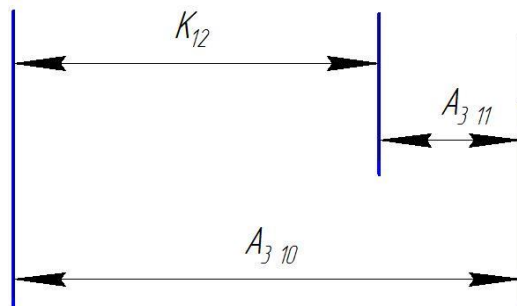


Рис. 8 Схема для определения размера $A_{3\ 10}$

$$A_{3\ 11} = 7,68 \pm 0,079 \text{ мм};$$

$$K_{12} = 31,6^{+0,21} \text{ мм}$$

$$A_{3\ 10}^c = K_{12}^c + A_{3\ 11}^c = 7,679 + 31,705 = 39,384 \text{ мм};$$

$$A_{3\ 10} = 39,4 \pm 0,184 \text{ мм};$$

9.

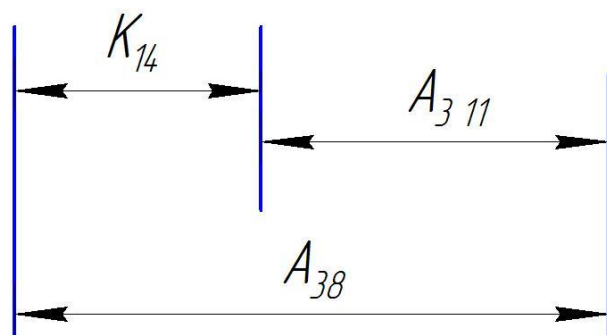


Рис. 9 Схема для определения размера A_{38}

$$A_{3\ 11} = 7,68 \pm 0,079 \text{ мм}; \quad K_{14} = 1,7^{+0,1} \text{ мм}$$

$$A_{38}^c = K_{14}^c + A_{3\ 11}^c = 1,75 + 7,679 = 9,429 \text{ мм};$$

$$A_{38} = 9,43 \pm 0,084 \text{ мм};$$

10.

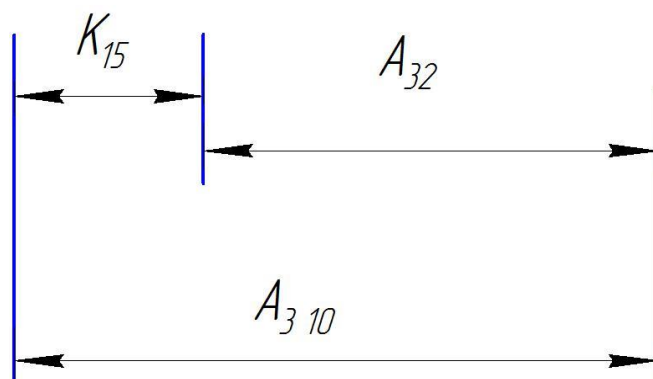


Рис. 10 Схема для определения размера A_{32}

$$A_{3\ 10} = 39,4 \pm 0,184 \text{ мм}; \quad K_{15} = 1,7^{+0,1} \text{ мм}$$

$$A_{32}^c = A_{3\ 10}^c - K_{15}^c = 39,384 - 1,75 = 37,634 \text{ мм};$$

$$A_{32} = 37,6 \pm 0,179 \text{ мм};$$

11.

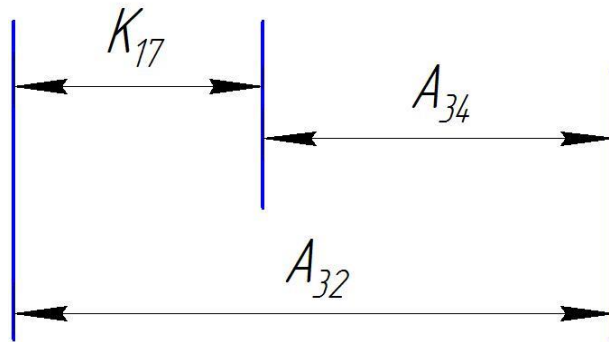


Рис. 11 Схема для определения размера A_{34}

$$A_{32} = 37,6 \pm 0,179 \text{ мм}; K_{17} = 14,1 \pm 0,09 \text{ мм}$$

$$A_{34}^c = A_{32}^c - K_{17}^c = 37,634 - 14,1 = 23,534 \text{ мм};$$

$$A_{34} = 23,53 \pm 0,089 \text{ мм};$$

12.

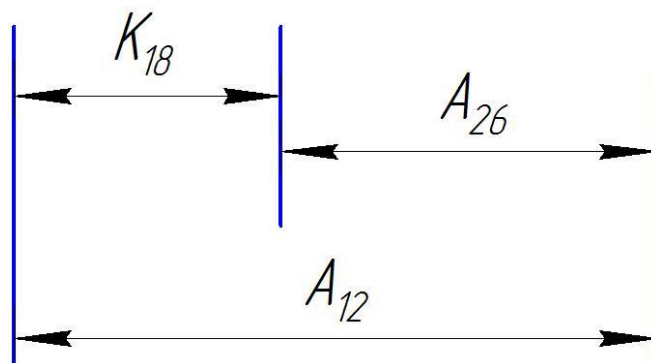


Рис. 12 Схема для определения размера A_{26}

$$A_{12} = 50,9_{-0,12}; K_{18} = 10,9 \pm 0,09$$

$$A_{26}^c = A_{12}^c - K_{18}^c = 50,84 - 10,9 = 39,94 \text{ мм};$$

$$A_{26} = 40 \pm 0,15 \text{ мм};$$

13.

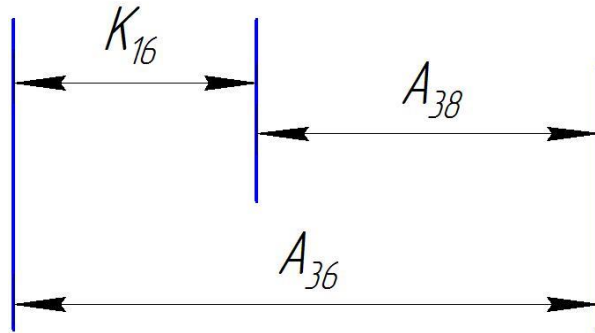


Рис. 13 Схема для определения размера A_{36}

$$A_{38} = 9,4 \pm 0,084; K_{16} = 11,6^{+0,18}$$

$$A_{36}^c = K_{16}^c + A_{38}^c = 9,429 \pm 0,084 + 11,69 \pm 0,09 = 21,119 \text{ мм};$$

$$A_{36} = 21,12 \pm 0,017 \text{ мм};$$

14.

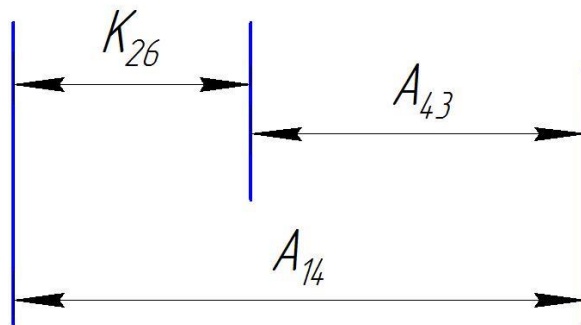


Рис. 14 Схема для определения размера A_{43}

$$A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм}; K_{26} = 0,8 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$A_{43}^c = A_{14}^c - K_{26}^c = 25,348 - 0,8 = 24,548 \text{ мм};$$

$$A_{43} = 24,55 \pm 0,076 \text{ мм};$$

15.

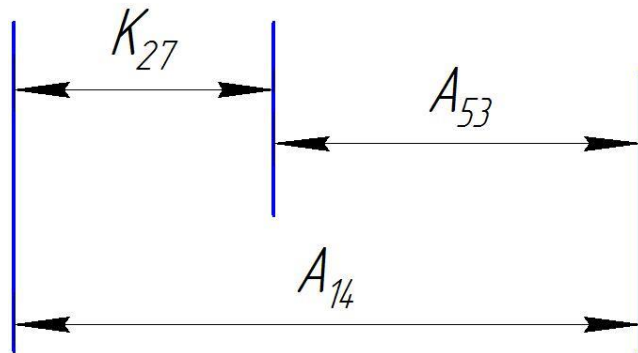


Рис. 15 Схема для определения размера A_{53}

$$A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм}; \quad K_{27} = 0,8 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$A_{53}^c = A_{14}^c - K_{27}^c = 25,348 - 0,8 = 24,548 \text{ мм};$$

$$A_{53} = 24,55 \pm 0,076 \text{ мм};$$

16.

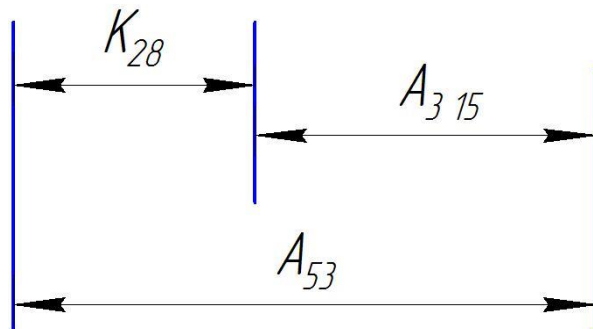


Рис. 16 Схема для определения размера $A_{3 \ 15}$

$$A_{53} = 24,55 \pm 0,076 \text{ мм}; \quad K_{28} = 2,5^{+0,1}$$

$$A_{3 \ 15}^c = A_{53}^c - K_{28}^c = 24,55 - 2,55 = 22 \text{ мм};$$

$$A_{3 \ 15} = 22 \pm 0,026 \text{ мм};$$

17.

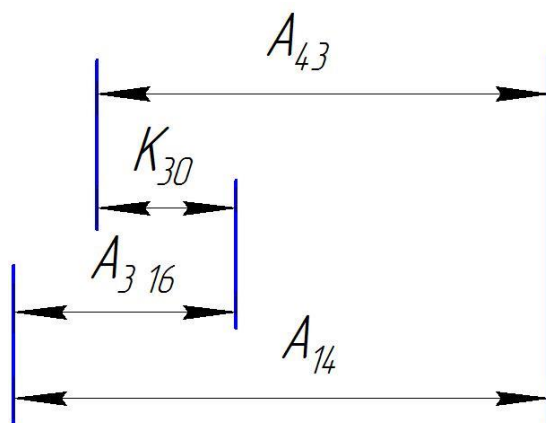


Рис. 17 Схема для определения размера $A_{3 16}$

$$A_{43} = 24,55 \pm 0,076 \text{ мм};$$

$$A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм};$$

$$K_{30} = 2,5^{+0,1}$$

$$A_{3 16}^c = (K_{30}^c + A_{14}^c) - A_{43}^c = (2,55 + 25,348) - 24,55 = 3,348 \text{ мм};$$

$$A_{3 16} = 3,35 \pm 0,05 \text{ мм};$$

18.

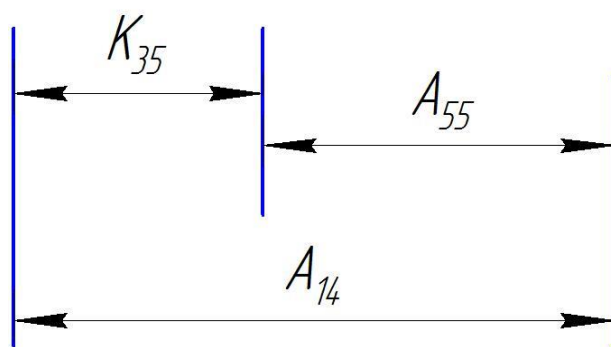


Рис. 18 Схема для определения размера A_{55}

$$A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм}; K_{35} = 11,3^{+0,18}$$

$$A_{55}^c = A_{14}^c - K_{35}^c = 25,348 - 11,39 = 13,958 \text{ мм};$$

$$A_{55} = 14 \pm 0,116 \text{ мм};$$

19.

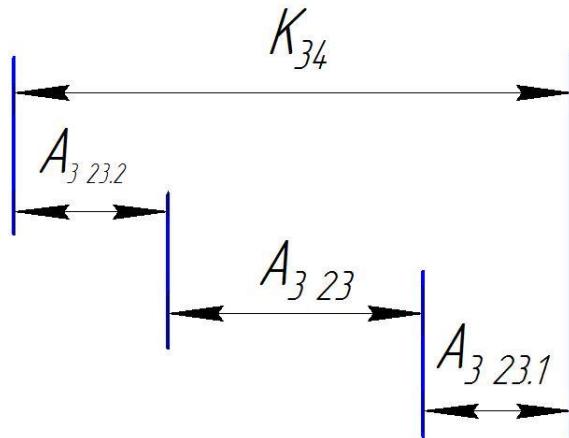


Рис. 19 Схема для определения размера $A_{3 23}$

$$A_{3 23.2} = 2^{+0,06} \text{ мм};$$

$$K_{34} = 6,4_{-0,15};$$

$$A_{3 23.1} = 2^{+0,06}$$

$$A_{3 23}^c = K_{34}^c - (A_{3 23.1}^c + A_{3 23.2}^c) = 6,385 - (2,03 + 2,03) = 2,325 \text{ мм};$$

$$A_{3 23} = 2,33 \pm 0,015 \text{ мм};$$

20.

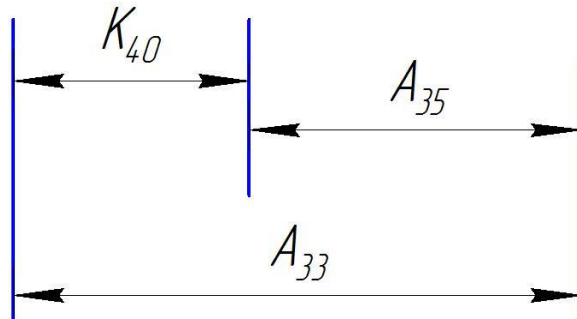


Рис. 20 Схема для определения размера A_{33}

$$A_{35} = 3,6_{-0,084} \text{ мм}; \quad K_{40} = 0,4 \pm 0,05;$$

$$A_{33}^c = K_{40}^c + A_{35}^c = 0,4 + 3,558 = 3,958 \text{ мм};$$

$$A_{33} = 4_{-0,168} \text{ мм};$$

21.

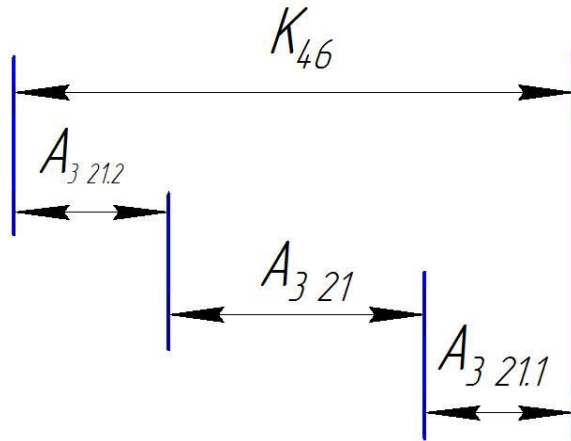


Рис. 21 Схема для определения размера $A_{3 21}$

$$A_{3 21.2} = 2^{+0,06} \text{ мм};$$

$$K_{46} = 6,4_{-0,15};$$

$$A_{3 21.1} = 2^{+0,06}$$

$$A_{3 21}^c = K_{46}^c - (A_{3 21.1}^c + A_{3 21.2}^c) = 6,325 - (2,03 + 2,03) = 2,325 \text{ мм};$$

$$A_{3 21} = 2,33 \pm 0,015 \text{ мм};$$

22.

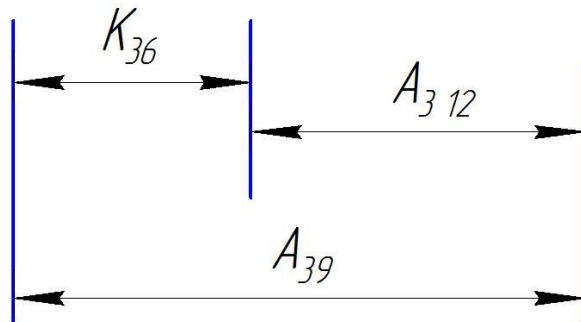


Рис. 22 Схема для определения размера $A_{3 12}$

$$A_{39} = 13,6_{-0,14} \text{ мм}; K_{36} = 0,8^{+0,1} \text{ мм}$$

$$A_{3 12}^c = A_{39}^c - K_{36}^c = 13,6 - 0,85 = 12,68 \text{ мм};$$

$$A_{3 12} = 12,7_{-0,04} \text{ мм};$$

23.

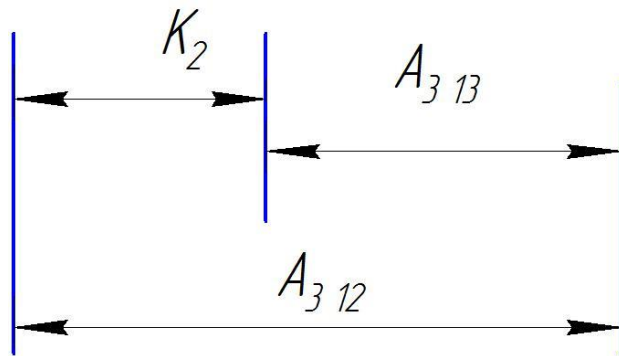


Рис. 23 Схема для определения размера $A_{3 13}$

$$A_{3 12} = 12,7_{-0,04} \text{ мм}; K_2 = 1,4 \pm 0,05 \text{ мм}$$

$$A_{3 13}^c = A_{3 12}^c - K_2^c = 12,7 - 1,4 = 11,3 \text{ мм};$$

$$A_{3 13} = 11,3_{-0,14} \text{ мм};$$

24.

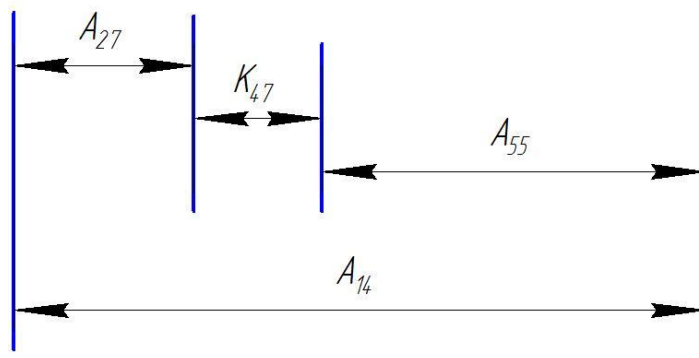


Рис. 24 Схема для определения размера A_{27}

$$A_{55} = 12,7_{-0,04} \text{ мм}; K_{47} = 1,4 \pm 0,05 \text{ мм}; A_{14} = 25,4_{-0,052} \text{ мм};$$

$$A_{27}^c = A_{14}^c - (K_{47}^c + A_{55}^c) = 25,4 - (1,4 + 12,68) = 11,32 \text{ мм};$$

$$A_{27} = 11,3 \pm 0,146 \text{ мм};$$

25.

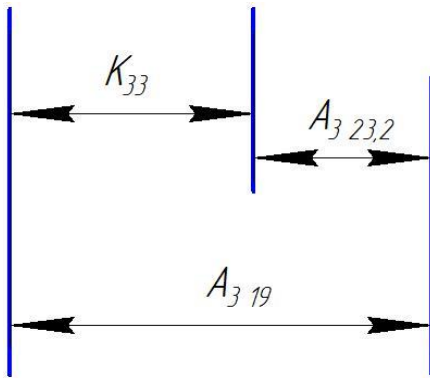


Рис. 25 Схема для определения размера $A_{3 19}$

$$A_{3 23,2} = 2^{+0,06} \text{ мм}; \quad K_{33} = 1,5 \pm 0,05$$

$$A_{3 19}^c = K_{33}^c + A_{3 23,2}^c = 2,03 + 1,5 = 3,53 \text{ мм};$$

$$A_{3 19} = 3,53 \pm 0,08 \text{ мм};$$

26.

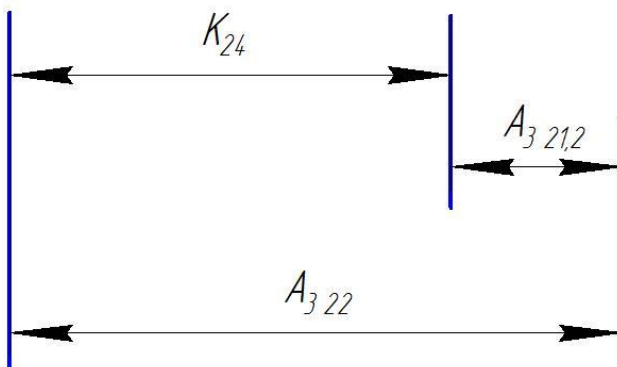


Рис. 26 Схема для определения размера $A_{3 22}$

$$A_{3 21,2} = 2^{+0,06} \text{ мм};$$

$$K_{24} = 17,5 \pm 0,09$$

$$A_{3 22}^c = K_{24}^c + A_{3 21,2}^c = 17,5 + 2,03 = 19,53 \text{ мм};$$

$$A_{3 22} = 19,6 \pm 0,12 \text{ мм};$$

3. Расчет режимов резания

1.) Фрезерная

Для расчета режимов резания при фрезеровании используем методику, представленную в [1, с.402].

1.) Для концевой фрезы:

Назначаем концевую фрезу с коническим хвостовиком (по ГОСТ 17026 – 71); [1, гл.3 табл. 75];

Материал режущей части фрезы принимаем Р6М5;

D=32 мм – диаметр фрезы;

Z=6 – число зубьев;

t= 1 мм – глубина фрезерования;

B= 32 мм – ширина фрезерования;

Из таблицы [1, гл. 4, табл. 76] принимаем подачу на зуб:

$S_z = 0,12$ мм/зуб;

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_v, \text{ м/мин};$$

T – стойкость инструмента, мин;

Для удобства записи, а сразу записываем формулу:

$$K_v = K_{mv} * K_{pv} * K_{iv} = 1 * 0,9 * 1,0 = 0,9;$$

$$v = \frac{185,5 * 32^{0,45}}{80^{0,33} * 2^{0,3} * 0,1^{0,2} * 25,4^{0,1} * 6^{0,1}} * 0,9 \approx 153,892 \text{ м/мин}$$

Значение коэффициентов C_v, q, x, y, u, p, t берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 81].

$C_v=185,5; q=0,45; x=0,3; y=0,2; u=0,1; p=0,1; t=0,33$

$T=120$ берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 82]

Частота вращения шпинделя:

Расчетная: $n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot 153,892}{\pi \cdot 32} = 1532 \text{ об/мин}$

Принятая: $n_{\text{пр}} = 1500 \leq n_{\text{расч}}$

Сила резания:

Окружная сила

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * z}{D^q * n^w} K_{\text{мр}} * 0.25$$

$$= \frac{10 * 68,2 * 2^{0,86} * 0,1^{0,72} * 32^1 * 4}{32^{0,86} * 1500^0} * 2 * 0,25 \approx 481,5 \text{ Н}$$

Значение коэффициентов C_p, x, y, u, q, w взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 83].

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{481,5 * 153,892}{1020 * 60} = 1,211 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E \quad (K_N = 1 \dots 2); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 1,838 * 1,5 = 1,816 \text{ кВт.}$$

Для всех переходов расчет аналогичный.

2.) Фрезерная с ЧПУ

Для расчета режимов резания при фрезеровании используем методику, представленную в [1, с.402].

1.) Для концевой фрезы:

Назначаем концевую фрезу с цилиндрическим хвостовиком (по ГОСТ 17025 – 71); [1, гл.3 табл. 74];

Материал режущей части фрезы принимаем Р6М5;

D=4 мм – диаметр фрезы;

$Z=4$ – число зубьев;

$t=2$ мм – глубина фрезерования;

$B=4$ мм – ширина фрезерования;

Из таблицы [1, гл. 4, табл. 76] принимаем подачу на зуб:

$S_z = 0,01$ мм/зуб;

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_v, \text{ м/мин};$$

T – стойкость инструмента, мин;

Для удобства записи, а сразу записываем формулу:

$$K_v = K_{mv} * K_{pv} * K_{iv} = 1 * 0,9 * 1,0 = 0,9;$$

$$v = \frac{185,5 * 4^{0,45}}{80^{0,33} * 2^{0,3} * 0,01^{0,2} * 4^{0,1} * 4^{0,1}} * 0,9 \approx 113,44 \text{ м/мин}$$

Значение коэффициентов C_v, q, x, y, u, p, t берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 81].

$C_v=185,5$; $q=0,45$; $x=0,3$; $y=0,2$; $u=0,1$; $p=0,1$; $t=0,33$

$T=80$ берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 82]

Частота вращения шпинделя:

$$\text{Расчетная: } n_{\text{расч}} = \frac{1000 * 113,44}{\pi * 4} = 9032 \text{ об/мин}$$

$$\text{Принятая: } n_{\text{пр}} = 8000 \leq n_{\text{расч}}$$

Сила резания:

Окружная сила

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} K_{mp} * 0,25 \\ &= \frac{10 * 68,2 * 2^{0,86} * 0,1^{0,72} * 4^1 * 4}{4^{0,86} * 8000^0} * 2 * 0,25 \approx 109,1 \text{ Н} \end{aligned}$$

Значение коэффициентов C_p, x, y, u, q, w взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 83].

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{109,1 * 113,44}{1020 * 60} = 0,202 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E \quad (K_N = 1 \dots 2); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,202 * 1,5 = 0,303 \text{ кВт}.$$

Для всех переходов расчет аналогичный.

3.) Фрезерная С ЧПУ.

Для 1 перехода расчет аналогичен операции 2.

Для 2 перехода расчет аналогичен операции 1.

Для 3 и 4 перехода расчет аналогичен операции 2.

Для остальных переходов:

1.) Для шпоночной фрезы:

Назначаем шпоночную фрезу с цилиндрическим хвостовиком (по ГОСТ 9140 – 78); [1, гл.3 табл. 82];

Материал режущей части фрезы принимаем P6M5;

$D=4$ мм – диаметр фрезы;

$l=7$ мм – длина рабочей части;

$L=39$ мм – общая длина;

$Z=2$ – число зубьев;

$t=0,9$ мм – глубина фрезерования;

$B=4$ мм – ширина фрезерования;

Из таблицы [1, гл. 4, табл. 80] принимаем подачу на зуб:

$S_z = 0,01$ мм/зуб;

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * z^p} * K_v, \text{ м/мин};$$

T – стойкость инструмента, мин;

Для удобства записи, а сразу записываем формулу:

$$K_v = K_{mv} * K_{pv} * K_{iv} = 1 * 0,9 * 1,0 = 0,9;$$

$$v = \frac{12 * 4^{0,3}}{0,3^{0,5} * 0,1^{0,25} * 4^0 * 2^0} * 1,08 \approx 74,28 \text{ м/мин}$$

Значение коэффициентов C_v, q, x, y, u, p, t берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 81].

Частота вращения шпинделя:

$$\text{Расчетная: } n_{\text{расч}} = \frac{1000 * 74,28}{\pi * 4} = 5914 \text{ об/мин}$$

$$\text{Принятая: } n_{\text{пр}} = 5900 \leq n_{\text{расч}}$$

Сила резания:

Окружная сила

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * z}{D^q * n^w} K_{mp} * 0,25 \\ &= \frac{10 * 47 * 0,3^{0,86} * 0,1^{0,72} * 4^1 * 2}{4^{0,86} * 5900^0} * 2 * 0,25 \approx 14,71 \text{ Н} \end{aligned}$$

Значение коэффициентов C_p, x, y, u, q, w взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 83].

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{74,28 * 14,71}{1020 * 60} = 0,018 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E (K_N = 1 \dots 2); K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,018 * 1,5 = 0,027 \text{ кВт.}$$

Для расчета режимов резания при сверлении используем методику, представленную в [1, с.381].

2.) $L/d > 5$

Назначаем спиральное сверло из быстрорежущей стали Р6М5 с коническим хвостовиком по ГОСТ 12121–77.

$D=3$ мм;

$l=16$ мм – длина рабочей части сверла;

$L=46$ мм – общая длина сверла;

$t=D/2=1,5$ мм;

Выбираем подачу [1, гл.4, табл.35]:

$$s = 0,01 \text{ мм/об}$$

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * S^y} * K_v, \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Для удобства записи, а сразу записываем формулу:

$$K_v = K_{mv} * K_{lv} * K_{iv} = 1 * 1 * 1 = 1$$

$$v = \frac{36,3 * 3^{0,25}}{4^{0,125} * 0,01^{0,55}} * 1 \approx 489,606 \text{ м/мин};$$

Значение коэффициентов C_v, q, y, m берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 38].

Определяем крутящий момент и осевую силу:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,005 * 4^2 * 0,01^{0,8} * 2 \approx 0,023 \text{ Н * м}$$

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 9,8 * 4^1 * 0,01^{0,7} * 2 \approx 23,4 \text{ Н}$$

$$K_p = K_{mp} = 2$$

Значение коэффициентов C_M , C_p q, y взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 42].

$$\text{Расчетная: } n_{\text{расч}} = \frac{1000 * 489,606}{\pi * 4} = 51980 \text{ об/мин}$$

$$\text{Принятая: } n_{\text{пр}} = 8000 \leq n_{\text{расч}}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{M_{kp} * n}{9750} = 0,019 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E \text{ (} K_N = 1 \dots 2 \text{); } K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,019 * 1,5 = 0,029 \text{ кВт};$$

3.) $L/d > 5$

Назначаем спиральное сверло из быстрорежущей стали Р6М5 с коническим хвостовиком по ГОСТ 12121–77.

$D=2,6 \text{ мм};$

$l=16 \text{ мм}$ – длина рабочей части сверла;

$L=46 \text{ мм}$ – общая длина сверла;

$t=D/2=1,3 \text{ мм};$

Выбираем подачу [1, гл.4, табл.35]:

$$s = 0,01 \text{ мм/об}$$

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * S^y} * K_v, \text{ м/мин};$$

$$K_v = K_{mv} * K_{lv} * K_{iv} = 1 * 1 * 1 = 1$$

$$v = \frac{36,3 * 2.6^{0,25}}{4^{0,125} * 0,01^{0,55}} * 1 \approx 399,044 \text{ м/мин};$$

Значение коэффициентов C_v, q, y, t берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 38].

Определяем крутящий момент и осевую силу:

$$M_{kp} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,005 * 4^2 * 0,01^{0,8} * 2 \approx 0,017 \text{ Н * м}$$

$$P_o = 10 * C_P * D^q * S^y * K_p = 10 * 9,8 * 4^1 * 0,01^{0,7} * 2 \approx 20,3 \text{ Н}$$

$$K_p = K_{mp} = 2$$

Значение коэффициентов C_M, C_P, q, y взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 42].

$$\text{Расчетная: } n_{\text{расч}} = \frac{1000 * 141,825}{\pi * 4} = 42360 \text{ об/мин}$$

$$\text{Принятая: } n_{\text{пр}} = 8000 \leq n_{\text{расч}}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{M_{kp} * n}{9750} = 0,014 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E \quad (K_N = 1 \dots 2); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,014 * 1,5 = 0,021 \text{ кВт};$$

4.) L/d>5

Назначаем спиральное сверло из быстрорежущей стали Р6М5 с коническим хвостовиком по ГОСТ 12121-77.

D=1,6 мм;

l=14 мм – длина рабочей части сверла;

L=42 мм – общая длина сверла;

t=D/2=1 мм;

Выбираем подачу [1, гл.4, табл.35]:

$$s = 0,01 \text{ мм/об}$$

Расчет скорости резания:

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * S^y} * K_v, \text{ м/мин};$$

$$K_v = K_{mv} * K_{lv} * K_{iv} = 1 * 1 * 1 = 1$$

$$v = \frac{36,3 * 1,6^{0,25}}{4^{0,125} * 0,01^{0,55}} * 1 \approx 373,71 \text{ м/мин};$$

Значение коэффициентов C_v, q, y, m берем из таблицы [1, гл. 4, табл. 38].

Определяем крутящий момент и осевую силу:

$$M_{kp} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,005 * 4^2 * 0,01^{0,8} * 2 \approx 0,01 \text{ Н * м}$$

$$P_o = 10 * C_P * D^q * S^y * K_p = 10 * 9,8 * 4^1 * 0,01^{0,7} * 2 \approx 15,606 \text{ Н}$$

$$K_p = K_{mp} = 2$$

Значение коэффициентов C_M, C_P, q, y взяты из таблицы [1, гл. 4, табл. 42].

$$\text{Расчетная: } n_{\text{расч}} = \frac{1000 * 141,825}{\pi * 4} = 39670 \text{ об/мин}$$

$$\text{Принятая: } n_{\text{пр}} = 8000 \leq n_{\text{расч}}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{M_{kp} * n}{9750} = 0,01 \text{ кВт};$$

Необходимая мощность станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N * N_E \quad (K_N = 1 \dots 2); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,01 * 1,5 = 0,015 \text{ кВт};$$

4-5.) Фрезерная С ЧПУ.

Расчет всех переходов аналогичен операции 2.

4. Выбор средств технологического оснащения Фрезерный станок FV 321M

Наименование параметра	ед. измерения	значения
Размер рабочего стола	мм	320x1350
Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола min/max	мм	170/630
Т-образные пазы	шт	5
Ширина Т-образных пазов	мм	18
Расстояние между Т-образными пазами	мм	63
Поворот стола влево и вправо	град.	45
Продольный ход стола. при ручной подачи	мм	1000
Продольный ход стола	мм	980
Поперечный ход стола. при ручной подачи	мм	360
Поперечный ход стола	мм	340
Вертикальный ход стола. при ручной подачи	мм	460
Вертикальный ход стола	мм	440
Бесступенчатые подачи		
Диапазон подач, X,Y/Z	мм/мин	10...1000 / 4-416
Диапазон ускоренных подач X,Y /Z	мм/мин	2500 / 1040
Шпиндель		
Передний конец шпинделя	ISO	50
Оборотные ступени шпинделя	шт	12
Диапазон оборотов	Мин-1	45-2000
Фрезерная головка		
Вращение вертикальной фрезерной головки	град.	360
Вращение универсальной фрезерной головки относительно 2-х осей (Доп. оборудование)	град.	360
Привод		
Мощность двигателя	кВт	4
Мощность двигателя подачи	кВт	2.2
Габаритные размеры		
Вес	кг	3.100
Длина (А)	мм	2755
Высота (В)	мм	2000
Длина станка с выдвинутым вперед хоботом (С)	мм	2775
D	мм	1230
Ширина (Е)	мм	3090

Фрезерный станок с ЧПУ 400V

Наименование параметра	400V
Основные параметры	
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Модель устройства ЧПУ	Sinumerik 802D sl
Количество управляемых координат	3
Количество одновременно управляемых координат при линейной/ круговой интерполяции	3/3
Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	25
Наибольший диаметр растачивания, мм	80
Пределы диаметров нарезаемой резьбы, мм	M6..M16
Наибольший диаметр торцевой фрезы, мм	125
Наибольшая длина инструмента, устанавливаемого на станке, мм	250
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	110..560
Рабочий стол	
Размеры рабочей поверхности стола (длина x ширина), мм	400 x 900
Предельные размеры обрабатываемых поверхности (длина x ширина x высота), мм	540 x 400 x 450
Максимальная нагрузка на стол (по центру), кг	400
Число Т-образных пазов Размеры Т-образных пазов	3
Наибольшее продольное перемещение стола (X), мм	550
Наибольшее поперечное перемещение стола (Y), мм	400
Наибольшее вертикальное перемещение ползуна (Z), мм	450
Предел рабочих подач стола и ползуна, мм/мин	1..15000
Скорость быстрого перемещения по координатам X, Y, м/мин	25
Скорость быстрого перемещения по координате Z, м/мин	22
Допустимое усилие подачи по координате X, Y, Z, Н	5000
Точность позиционирования по координате X, Y, Z, мм	0,010
Шпиндель	
Частота вращения шпинделя, об/мин	0...8000
Количество скоростей шпинделя	Б/с
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Нм	44,6

Конус шпинделя по DIN 69871	SK 40
Степень точности конуса шпинделя	AT5
Магазин инструмента	
Емкость инструментального магазина, шт.	20
Время смены инструмента, с	12
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине, мм (без пропуска гнезд)	125 (80)
Наибольшая длина инструмента, устанавливаемого в шпинделе станка, мм	250
Максимальный диаметр сверла, мм	30
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	10
Электрооборудование и привод	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	7,0
Электродвигатели привода подач (X, Y, Z), кВт	5
Электронасос охлаждающей жидкости, кВт	0,15
Электродвигатель вращения магазина, кВт	0,18
Электродвигатель гидростанции, кВт	2,2
Электродвигатель насоса смазки, кВт	0,25
Суммарная мощность установленных на станке электродвигателей, кВт	23
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина ширина высота), мм	2300 x 2450 x 2620
Масса станка, кг	5000

5. Определение норм времени

5.1 Расчет основного времени

1. Фрезерная

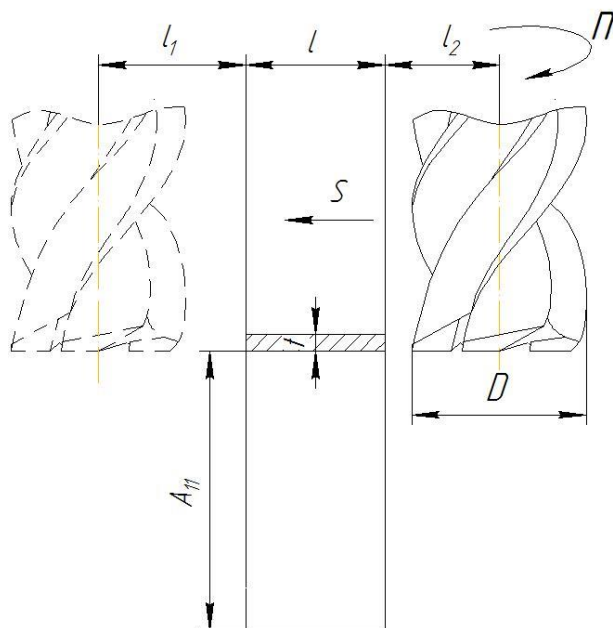
Формула определения основного времени при фрезерной операции обработки детали:

$$T_o = \frac{L_p}{S_m} * K_p, \text{ мин}$$

где K_p – число рабочих ходов;

S_m – минутная подача, мм/мин.

1.1)



Длина рабочего хода:

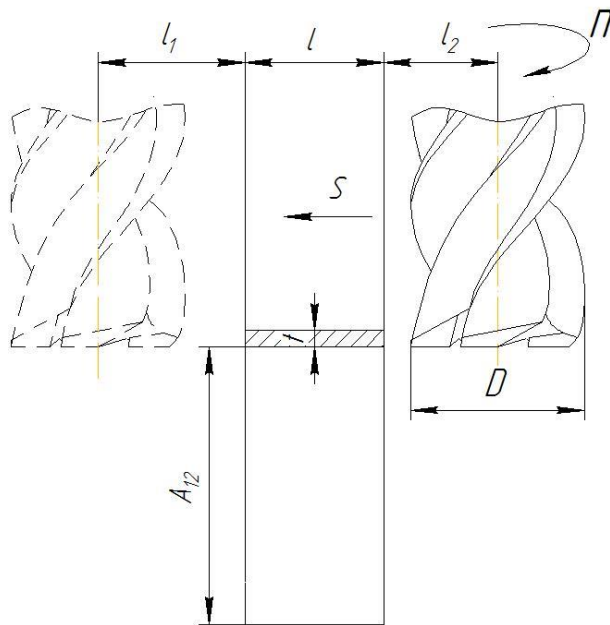
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 28 + 6 = 34 \text{ мм,}$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{34}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,031 \text{ мин}$$

1.2)



Длина рабочего хода:

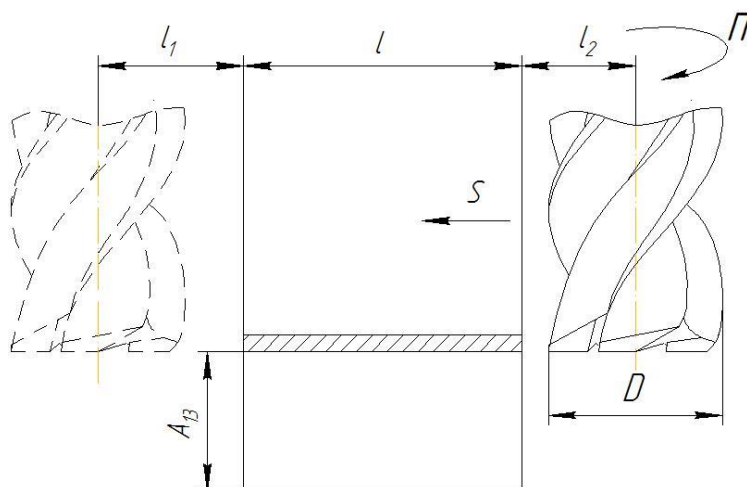
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 28 + 6 = 34 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_M} * K_p = \frac{34}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,031 \text{ мин}$$

1.3)



Длина рабочего хода:

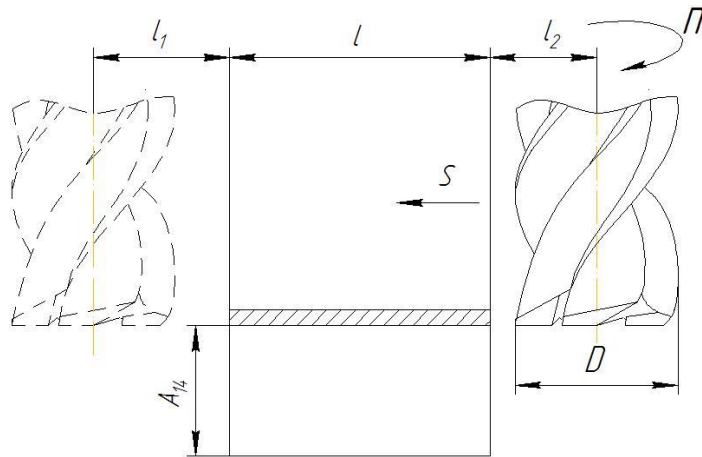
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 60 + 6 = 66 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м}}} * K_p = \frac{66}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,061 \text{ мин}$$

1.4)



Длина рабочего хода:

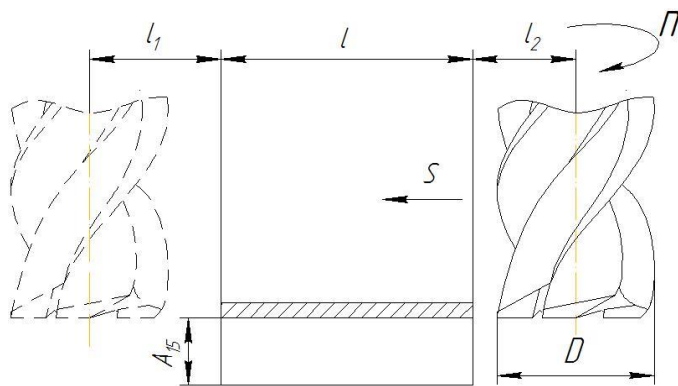
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 60 + 6 = 66 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м}}} * K_p = \frac{66}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,061 \text{ мин}$$

1.5)



Длина рабочего хода:

$$L_p = l + l_1 + l_2 = 30 + 6 = 36 \text{ мм},$$

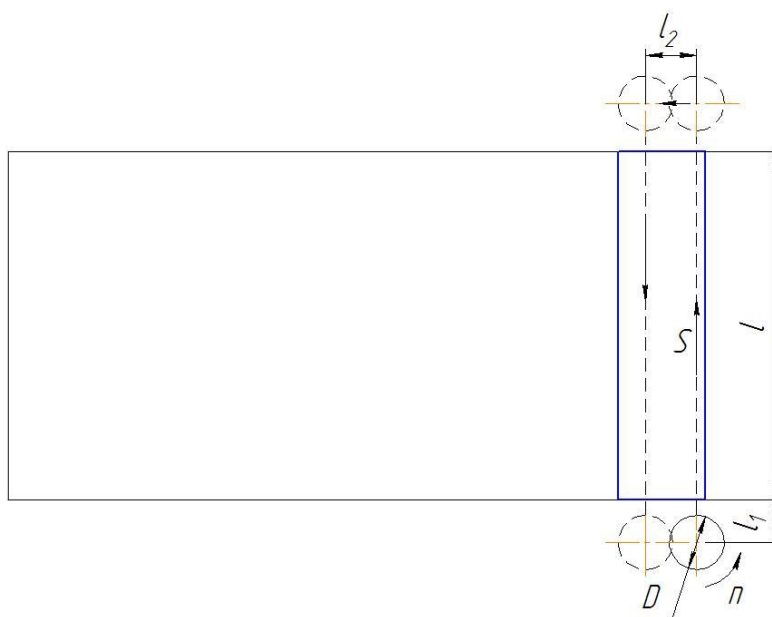
Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_m} * K_p = \frac{36}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,033 \text{ мин}$$

2-5. Фрезерная С ЧПУ

2.1)



Длина рабочего хода:

$$L_p = 2l + l_1 + l_2 = 2 * 25,4 + 6 = 56,8 \text{ мм},$$

Так как у нас шесть прохода, умножаем полученное значение на 6.

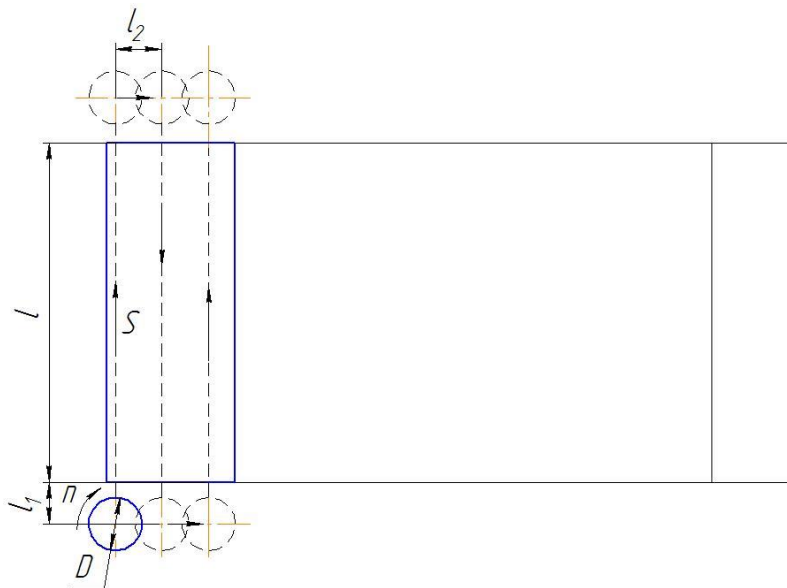
$$L_{p.x} = 56,8 * 6 = 341$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{341}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 1,065 \text{ мин}$$

2.2)



Длина рабочего хода:

$$L_p = 3l + l_1 + l_2 = 3 * 25,6 + 6 = 82,2 \text{ мм}$$

Так как у нас шесть прохода, умножаем полученное значение на 6.

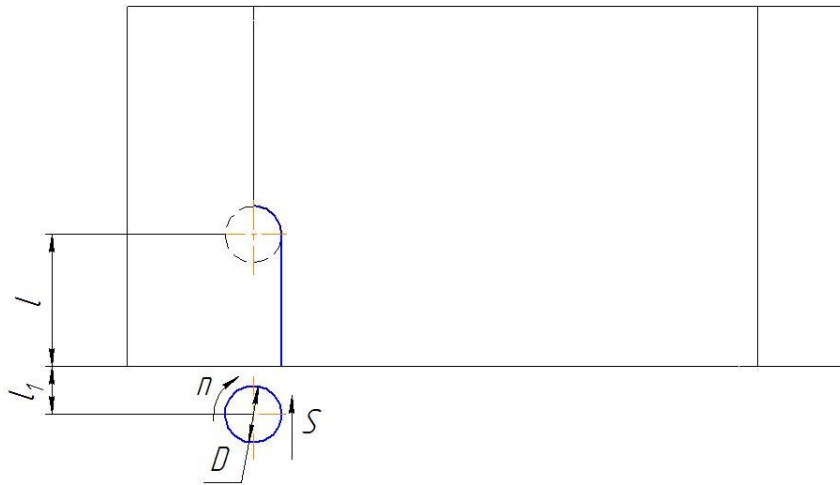
$$L_{p.x} = 82,2 * 6 = 494$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{494}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 1,544 \text{ мин}$$

2.3)



Длина рабочего хода:

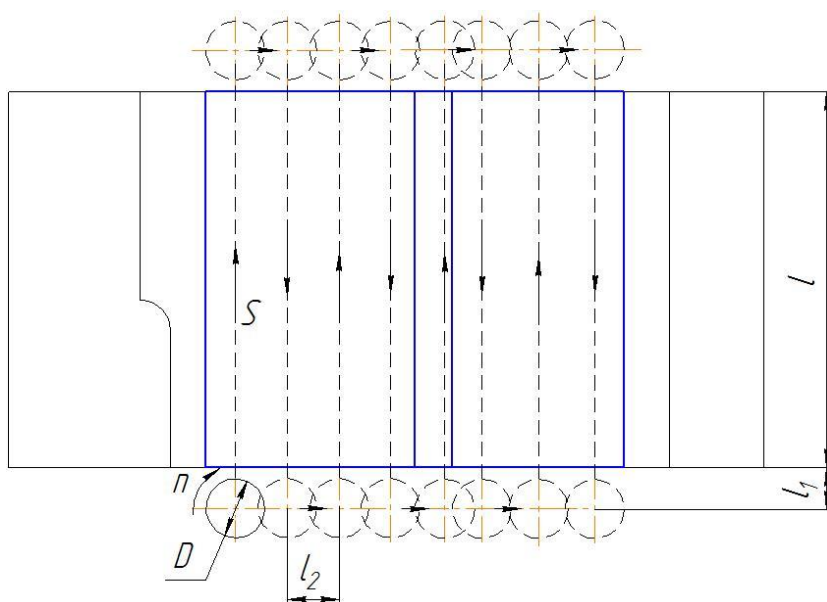
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 70 + 6 = 76 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{76}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 0,238 \text{ мин}$$

3.1)



Длина рабочего хода первой ступеньки:

$$L_{p1} = 4l + l_1 + l_2 = 4 * 25,4 + 6 = 107,6 \text{ мм},$$

Так как у нас пять проходов, умножаем полученное значение на 5.

$$L_{p.x1} = 107,6 * 5 = 538$$

Длина рабочего хода второй ступеньки:

$$L_{p2} = l + l_1 + l_2 = 25,4 + 6 = 31,4 \text{ мм},$$

Так как у нас пять проходов, умножаем полученное значение на 5.

$$L_{p.x2} = 31,4 * 5 = 157$$

Длина рабочего хода третьей ступеньки:

$$L_{p3} = l + l_1 + l_2 = 25,4 + 6 = 31,4 \text{ мм},$$

Так как у нас шесть прохода, умножаем полученное значение на 6.

$$L_{p.x3} = 31,4 * 6 = 188,4$$

Далее складываем все полученные значения:

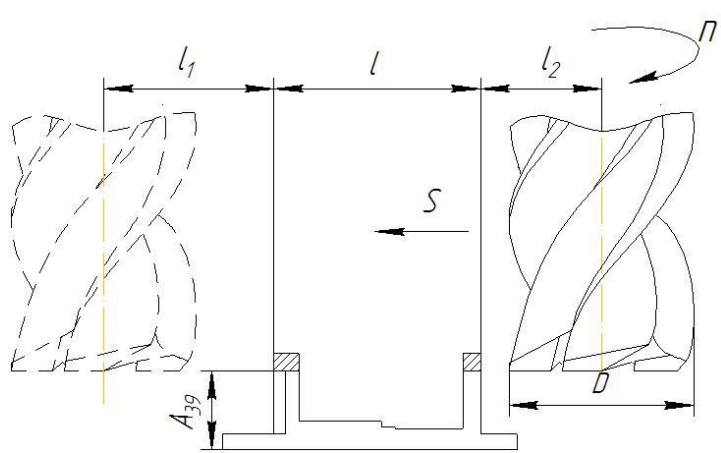
$$L_{p.x1} = 538 + 157 + 188,4 = 883,4$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{883,4}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 27,6 \text{ мин}$$

3.2)



Длина рабочего хода:

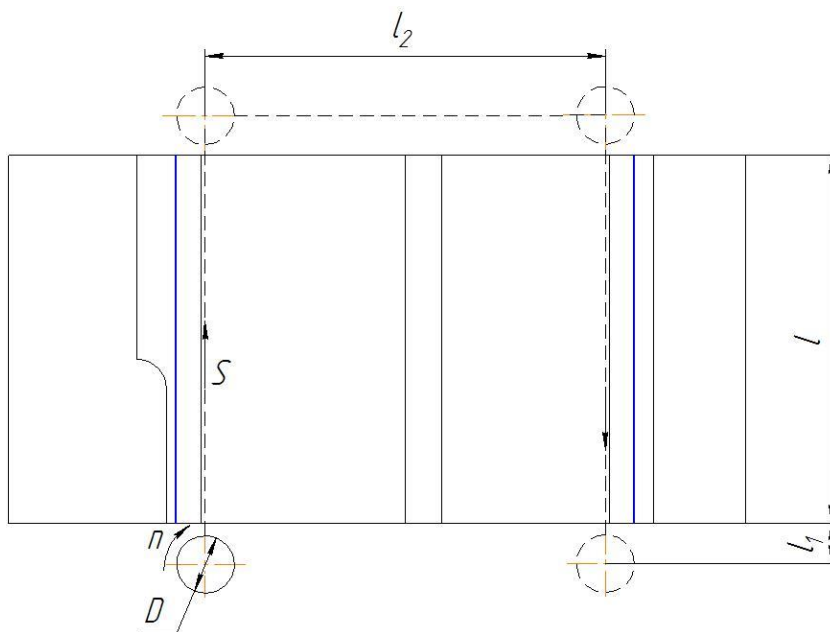
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 35,6 + 6 = 41,6 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{57}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,039 \text{ мин}$$

3.3)



Длина рабочего хода:

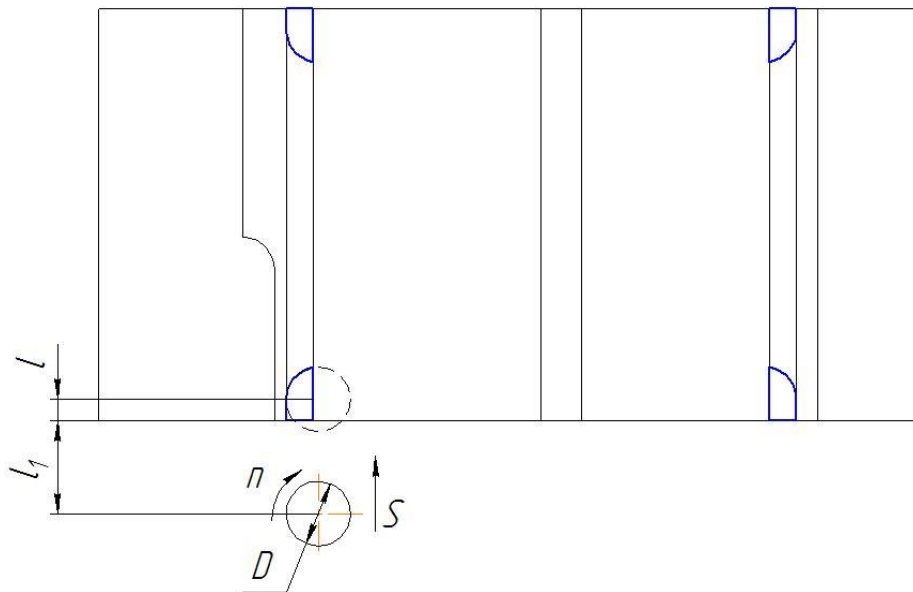
$$L_p = 2l + l_1 + l_2 = 2 * 25,4 + 6 = 57 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м}}} * K_{\text{р}} = \frac{57}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 0,178 \text{ мин}$$

3.4)



Длина рабочего хода:

$$L_{\text{р}} = l + l_1 + l_2 = 2,5 + 6 = 8,5 \text{ мм,}$$

Так как у нас четыре паза, умножаем значение на 4:

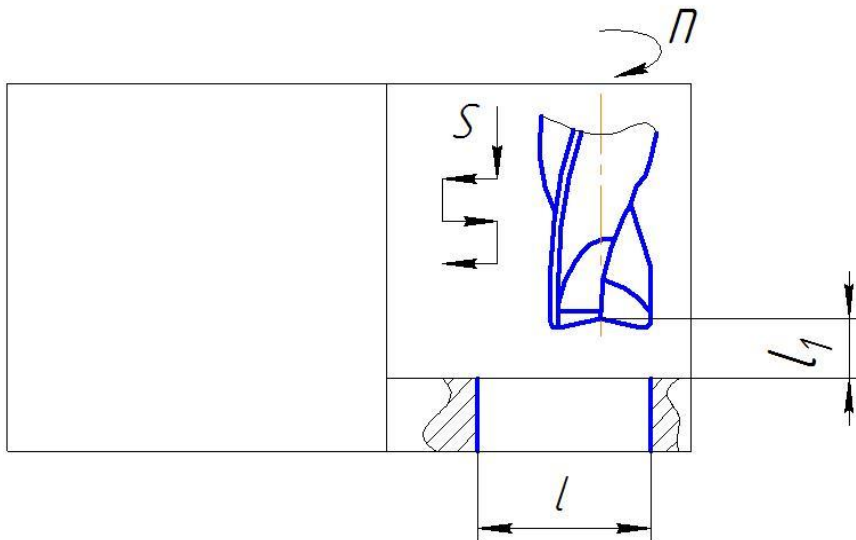
$$L_{\text{р.хз}} = 8,5 * 4 = 32$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м}}} * K_{\text{р}} = \frac{32}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 0,1 \text{ мин}$$

3.5)



Длина рабочего хода:

$$L_p = 3l + l_1 + l_2 = 3 * 2,4 + 6 = 13,2 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

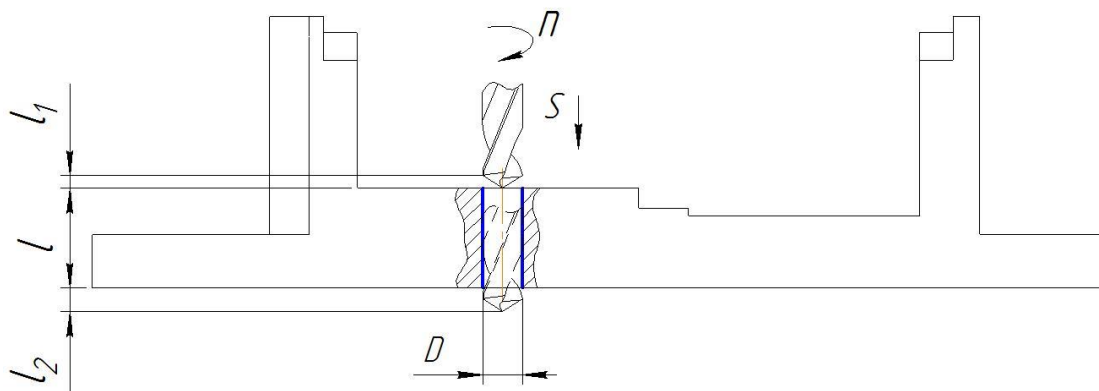
Основное время:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_m} * K_p = \frac{48}{0,01 * 2 * 5900} * 1 = 0,407 \text{ мин}$$

Умножаем время на 2, так как у нас 2 паза.

$$T_o = 0,407 * 2 = 0,814$$

3.6)



Формула определения основного времени при операции сверления:

$$T_o = \frac{L_p}{n * S_0};$$

Длина рабочего хода:

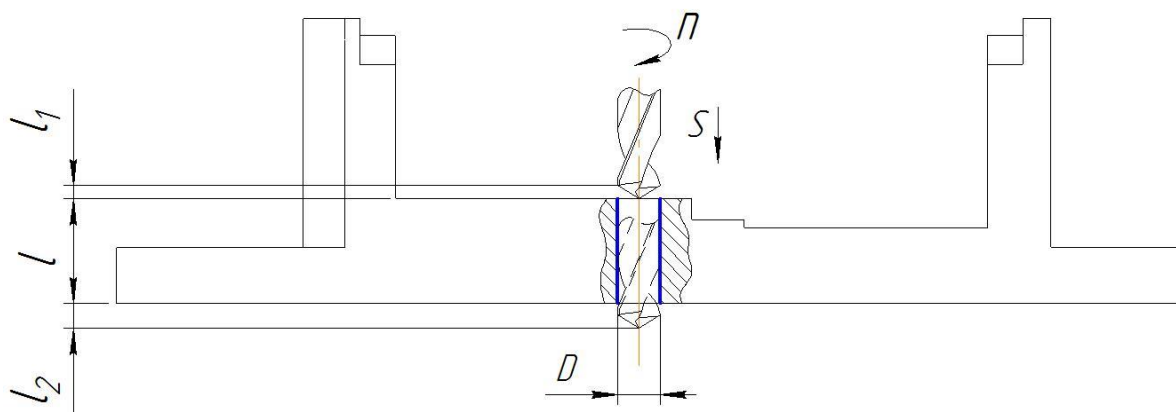
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 5 + 2 = 7 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 620, табл. 3], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_o = \frac{7}{8000 * 0,01} = 0,088 \text{ мин};$$

3.7)



Формула определения основного времени при операции сверления:

$$T_o = \frac{L_p}{n * S_0};$$

Длина рабочего хода:

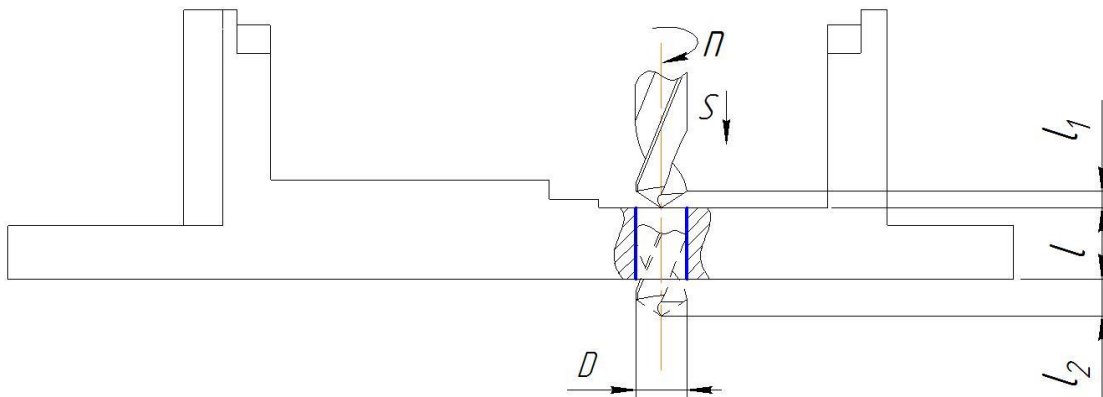
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 5 + 2 = 7 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 620, табл. 3], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_o = \frac{7}{8000 * 0,01} = 0,088 \text{ мин};$$

3.8)



Формула определения основного времени при операции сверления:

$$T_o = \frac{L_p}{n * S_0};$$

Длина рабочего хода:

$$L_p = l + l_1 + l_2 = 4 + 2 = 6 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 620, табл. 3], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

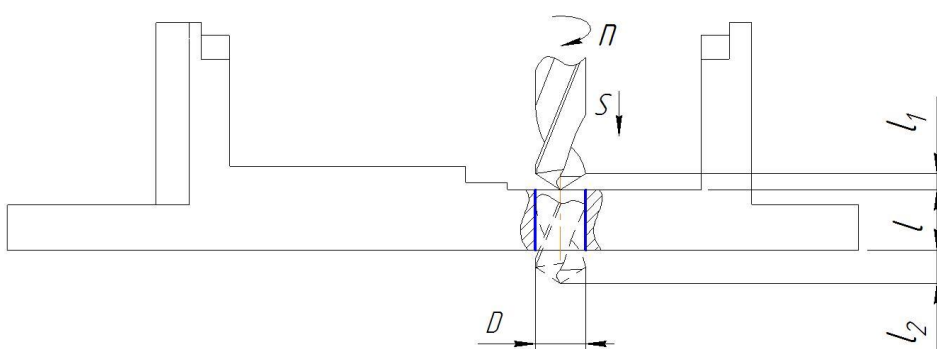
Основное время:

$$T_o = \frac{6}{8000 * 0,01} = 0,075 \text{ мин};$$

Так как два отверстия, умножаем полученное время на 2:

$$T_o = 2 * 0,075 = 0,15$$

3.9)



Формула определения основного времени при операции сверления:

$$T_o = \frac{L_p}{n * S_o};$$

Длина рабочего хода:

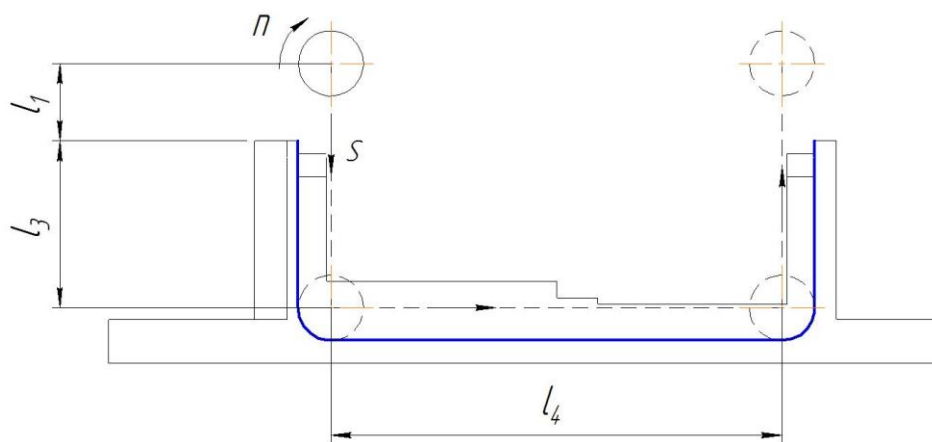
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 4 + 2 = 6 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 620, табл. 3], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_o = \frac{6}{8000 * 0,01} = 0,075 \text{ мин};$$

4.1)



Так как у нас сложный контур длину l находим как:

$$l = 2l_3 + l_4 = 48$$

Длина рабочего хода:

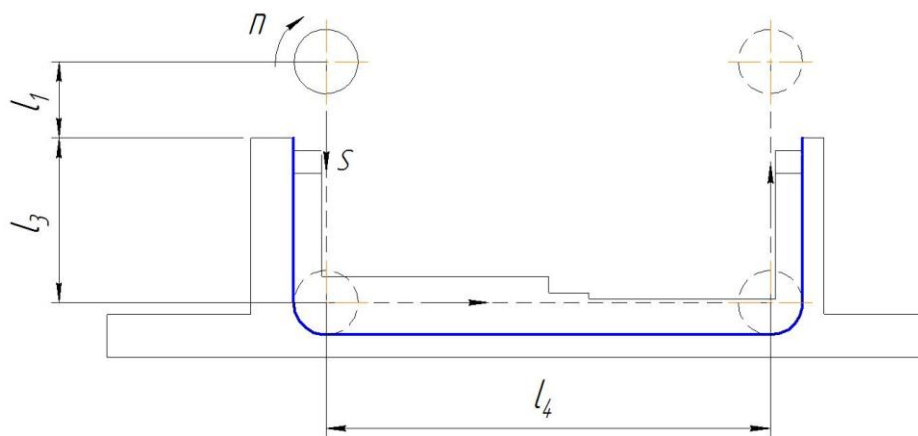
$$L_p = l + l_1 + l_2 = 48 + 6 = 54 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_M} * K_p = \frac{54}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 0,169 \text{ мин}$$

5.1)



Так как у нас сложный контур длину l находим как:

$$l = 2l_3 + l_4 = 48$$

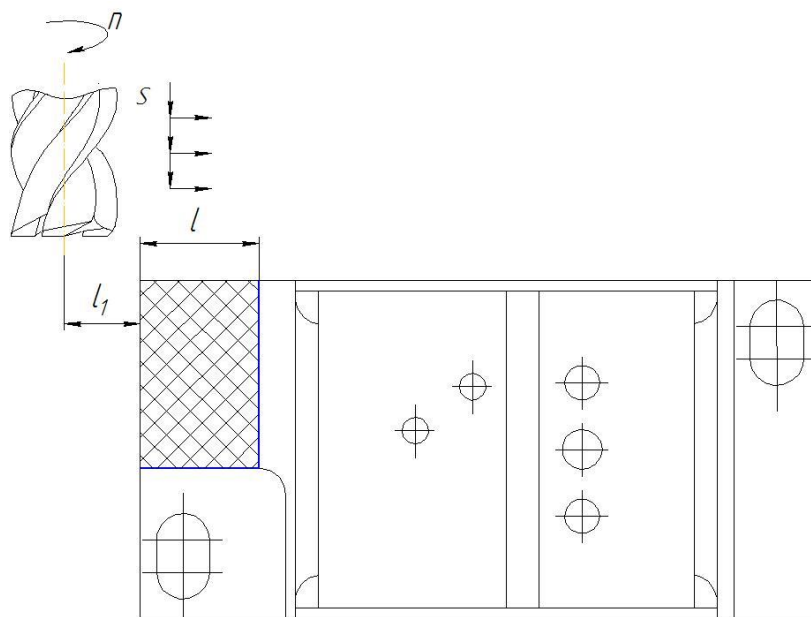
Длина рабочего хода:

$$L_p = l + l_1 + l_2 = 48 + 6 = 54 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение $(l_1 + l_2)$;

$$\text{Основное время: } T_{03} = \frac{L_{p.x.}}{S_M} * K_p = \frac{54}{0,01 * 4 * 8000} * 1 = 0,169 \text{ мин}$$

5.2)



Длина рабочего хода:

$$L_p = 6l + l_1 + l_2 = 6 * 8,9 + 6 = 59,4 \text{ мм},$$

Исходя из ранее принятых значений, определяем величины l_1 и l_2 [2, с. 623, табл. 7], отмечу, что в таблице указано суммарное значение ($l_1 + l_2$);

Основное время:

$$T_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{м}}} * K_p = \frac{59,4}{0,12 * 6 * 1500} * 1 = 0,055 \text{ мин}$$

5.2 Определение норм вспомогательного времени

Для определения норм вспомогательного времени воспользуемся имеющимися рекомендациями [Общемашиностроительные нормативы].

Вспомогательное время для заготовительной операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, время на перемещение частей станка, а также время на измерение детали.

Вспомогательное время:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}}.$$

1. Фрезерная операция

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} = \\ &= 0,37 * 5 + 0,6 + 1,34 + 0,22 = 4,01 \text{ мин.} \end{aligned}$$

2. Фрезерная с ЧПУ

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 = 2,63 \text{ мин.} \end{aligned}$$

3. Фрезерная с ЧПУ

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 * 7 = 3,23 \text{ мин.} \end{aligned}$$

4. Фрезерная с ЧПУ

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} =$$

$$= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 = 2,63 \text{ мин.}$$

5. Фрезерная с ЧПУ

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 = 2,63 \text{ мин.} \end{aligned}$$

6. Контрольная

Проконтролировать все конструкторские размеры.

7. Слесарная

8. Химики - термическая

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,2 + 0,1 + 0 + 0 + 0 = 0,3 \text{ мин.} \end{aligned}$$

9. Гальваническая

10. Контрольная

Проконтролировать все конструкторские размеры.

5.3 Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{шт.}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n},$$

где $t_{\text{шт.}}$ - штучное время, мин;

$t_{\text{пз}}$ - подготовительно заключительное время, мин;

n - число деталей в партии, шт.

Число деталей в партии для мелкосерийного производства определим как:

$$n = \frac{N}{k},$$

где N – годовая программа выпуска, шт;

k – расчетный коэффициент, для мелкосерийного производства принимаем $k = 4,6$, тогда:

$$n = \frac{N}{k} = \frac{2000}{4,6} = 434 \text{ шт.}$$

В свою очередь штучное время определим как:

$$t_{\text{шт.}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{оо}} + t_{\text{то}} + t_{\text{пер}},$$

где $t_{\text{оо}}$ - время на организационное обслуживание, мин;

$t_{\text{то}}$ – время на техническое обслуживание, мин;

$t_{\text{пер}}$ – время перерывов, мин.

Под временем на техническое обслуживание понимается в первую очередь на подналадку станка и смену затупившегося инструмента, а так же на уборку стружки.

Время на организационное обслуживание расходуется на пуск и опробывание станков в начале смены, уборку и смазку станков в конце смены.

Время перерывов, организационного и технического обслуживания обычно принимается в процентном отношении к оперативному времени. Для среднесерийного производства эта величина составляет 3..5%.

В таком случае формула расчета штучного времени принимает вид:

$$t_{\text{шт.}} = t_{\text{оп}} * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{\text{оп}},$$

здесь α - процент времени на техническое обслуживание;

β - процент времени на организационное обслуживание;

γ - процент времени перерывов.

Принимаем время перерывов: $\gamma = 3\%$, время на организационное и техническое обслуживание $\alpha = \beta = 5\%$

Оперативное время рассчитывают по формуле:

$$t_{\text{оп}} = \sum t_o + t_{\text{всп}},$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{\text{оп}}^I = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,031 + 0,031 + 0,061 + 0,061 + 0,033 + 4,01 = 4,23 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{II} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 1,065 + 1,544 + 0,238 + 2,63 = 5,48 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{III} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 3,456 + 0,039 + 0,178 + 0,1 + 0,814 + 0,088 + 0,088 + 0,15 + 0,075 + 3,23 = 8,22 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{IV} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,169 + 2,63 = 2,8 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^V = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,169 + 0,055 + 2,63 = 2,86 \text{ мин};$$

Тогда штучное время определим как:

$$\begin{aligned}
t_{шт.}^I &= t_{оп}^I * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^I = 4,23 * \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 4,23 = 4,78 \text{ мин;} \\
t_{шт.}^{II} &= t_{оп}^{II} * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^{II} = 5,48 * \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 5,48 = 6,2 \text{ мин;} \\
t_{шт.}^{III} &= t_{оп}^{III} * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^{III} = 8,22 * \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 8,22 = 9,29 \text{ мин;} \\
t_{шт.}^{IV} &= t_{оп}^{IV} * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^{IV} = 2,8 * \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 2,8 = 3,16 \text{ мин;} \\
t_{шт.}^V &= t_{оп}^V * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^V = 2,86 * \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 2,86 = 3,23 \text{ мин;}
\end{aligned}$$

Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций:

$$\begin{aligned}
t_{пз}^I &= 21 \text{ мин;} \\
t_{пз}^{II} &= 17 \text{ мин;} \\
t_{пз}^{III} &= 19 \text{ мин;} \\
t_{пз}^{IV} &= 17 \text{ мин;} \\
t_{пз}^V &= 17 \text{ мин;}
\end{aligned}$$

Тогда величину штучно-калькуляционного времени определим как:

$$\begin{aligned}
t_{шт.к.}^I &= t_{шт.}^I + \frac{t_{пз}^I}{n} = 4,78 + \frac{21}{434} = 4,83 \text{ мин;} \\
t_{шт.к.}^{II} &= t_{шт.}^{II} + \frac{t_{пз}^{II}}{n} = 6,2 + \frac{17}{434} = 6,24 \text{ мин;} \\
t_{шт.к.}^{III} &= t_{шт.}^{III} + \frac{t_{пз}^{III}}{n} = 9,29 + \frac{19}{434} = 9,34 \text{ мин;} \\
t_{шт.к.}^{IV} &= t_{шт.}^{IV} + \frac{t_{пз}^{IV}}{n} = 3,16 + \frac{17}{434} = 3,2 \text{ мин.} \\
t_{шт.к.}^V &= t_{шт.}^V + \frac{t_{пз}^V}{n} = 3,23 + \frac{17}{434} = 3,27 \text{ мин;}
\end{aligned}$$

6. Конструкторская часть

Анализ технологической операции

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана Фрезерная операция. Определяющим требованием является сложность закрепления детали с последующим её фрезерованием.

За основу конструкции возьмём тисы станочные с ручным типом, неповоротные.

7. Социальная ответственность.

Введение.

Объектом ВКР является проектирование процесса изготовления «Корпуса». В данном разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с правилами эксплуатации помещения, техникой безопасности и охраной труда, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

В процессе обработки детали «Корпус» возможны действия следующих вредных и опасных факторов: [ГОСТ 12.0.003-74]

- Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- Повышенный уровень вибрации;
- Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- Повышенная или пониженная влажность, подвижность, воздуха;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Повышенная напряженность электрического поля;
- Повышенный уровень электромагнитных излучений;
- Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;
- Монотонность труда.

Воздействие вредных производственных факторов на рабочих может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

7.1 Производственная безопасность

7.1.1 Анализ выявленных вредных факторов.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум в окружающей среде создается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания. Источниками внутреннего шума могут являться: металлорежущие станки, печи, гидравлические прессы, заточное оборудование, электрокары. Источниками

внешнего шума могут являться: люди, автомобили, животные, погодные условия.

Предельно допустимый уровень шума в цехе должен быть не более 80дБА, что соответствует ГОСТ 12.1.003-83. Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБА, снижается слуховая чувствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха.

Для снижения шума можно использовать следующие методы:

- уменьшение шума в источнике;
- изменение направленности излучения;
- рациональная планировка предприятий и цехов;
- акустическая обработка помещений;
- уменьшение шума на пути его распространения.

Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Процесс резания сопровождается пылевыведением, которое возникает за счет скалывания режущей части инструмента, образование стружки и появление пылевых частиц обрабатываемого материала. Также в процессе резания испаряется Смазочно-охлаждающая жидкость.

- 1) Минеральные масла и СОЖ в виде аэрозолей ПДК 5мг/м³ III класс опасности [ГОСТ 12.1.007-7].

Если СОЖ долгое время не менять она становится токсичной, актуально в теплое время года или в хорошо отапливаемых помещениях. СОЖ при воздействии на верхние дыхательные пути нарушают защитные барьеры организма, а это создает благоприятные условия для развития хронического эндогенного инфекционного процесса в дыхательной системе. Повышенная концентрация в воздухе рабочей зоны токсичных паров и газов иногда является причиной острого отравления, а при их систематическом поступлении в организм человека через органы дыхания или другим путем может со временем стать причиной хронического отравления. Отдельные жидкие токсичные вещества способны проникать в организм через кожу и раздражая ее, приводить к кожным заболеваниям: экземам, дерматитам, в отдельных случаях — к химическим ожогам.

- 2) Стальная пыль ПДК - 6мг/м³ - IV класс опасности.[ГОСТ 12.1.007-7]
Пыль опасна для дыхательных путей и всего организма в целом. Действие пыли на кожный покров сводится в основном к механическому раздражению.

Вследствие такого раздражения возникает небольшой зуд, неприятное ощущение, а при расчесах может появиться покраснение и некоторая припухлость кожного покрова, что свидетельствует о воспалительном процессе.

Пыль, попавшая в глаза, вызывает воспалительный процесс их слизистых оболочек - конъюнктивит, который выражается в покраснении, слезотечении, иногда припухлости. Действие пыли на верхние дыхательные пути сводится к их раздражению, а при длительном воздействии - к воспалению.

Повышенный уровень вибрации

При изучении действия вибрации на организм человека нужно учитывать, что колебательные процессы присущи живому организму, прежде всего потому, что они в нем постоянно протекают. Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне от 3 до 6 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний этих частот происходит возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий, летальный исход. Собственные частоты колебаний тела в положении лежа составляют от 3 до 6 Гц, стоя - от 5 до 12 Гц, грудной клетки - от 5 до 8 Гц. Воздействие на человека вибраций таких частот пагубно влияет на центральную нервную систему, вызывая чувство тревоги и страха. Источниками вибрации могут являться: станки, сборочное оборудование, гидравлические прессы, заточное оборудование, электрокары. Причиной возникновения вибрации при работе станков являются неуравновешенные силовые воздействия. Таблица 2 - нормы вибрации для производственных помещений. [8]

Таблица 1

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с ²
0,6-0,39	До 3	1,12-0,75	22-14
0,4-0,15	3-5	0,76-0,45	14-15
0,15-0,05	5-7	0,46-0,24	15-13
0,05-0,03	8-14	0,25-0,27	13-27
0,03-0,009	15-29	0,28-0,16	27-32
0,009-0,007	30-49	0,17-0,21	32-70
0,007-0,005	50-74	0,22-0,22	70-112
0,005-0,003	75-100	0,23-0,19	112-120
* 1,5-2	45-55	1,5-2,5	25-40

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно - сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни. Существует три формы вибрационной болезни: периферическая, церебральная и смешанная. Вредность вибрации усугубляется одновременным воздействием на рабочих пониженной температуры воздуха рабочей зоны, повышенного уровня шума, охлаждения рук при работе с ручными машинами, запыленность воздуха, неудобная поза и др.

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает. Работает менее продуктивно, возникает потенциальная опасность несчастных случаев и, кроме того, длительное, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (близорукость и др.) которые влияют на качество работы. Они уменьшаются за счет правильно подобранных осветительных устройств и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного и естественного освещения. Потолок так же является отражательной поверхностью, поэтому его яркость не должна превышать 200 кд/м^2 . Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков.

Допускается комбинирование освещение, т.е. помимо общеравномерного освещения необходима установка светильников местного освещения. Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника так, чтобы не создавать бликов на поверхностях.

Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей. Источником света при искусственном освещении являются люминесцентные лампы типа ЛБ нейтрально-белого или "теплого" белого цвета с индексом цветопередачи не менее 70. Согласно СанПиН 2.2.1/1278-03 и СНиП 23-05-95 можно установить нормы естественной и искусственной освещенности в помещениях.

Нормы освещенности производственных помещений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк	$K_{п} \%$
I	Наивысшей точности	а б в г	5000 4000 2500 1500	1250 750 400	11
II	Очень высокой точности	а б в г	4000 3000 2000 1000	750 500 300	10
III	Высокой точности	а б в г	2000 1000 750 400	500 300 300 200	15
IV	Средней точности	а б в г	750 500 400	300 200 200 200	20
V	Малой точности	а б в г	400	300 200 200 200	20
VI	Грубая			200	20
VII	Общее наблюдение за ходом производственного процесса	а б в г		200 75 50 20	-

а — постоянная работа, б — периодическая работа при постоянном пребывании в помещении, в — периодическая работа при периодическом пребывании в помещении, г — общее наблюдение за инженерными коммуникациями.

Повышенный уровень электромагнитных излучений.

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови. Источниками электромагнитных излучений являются компьютеры, трансформаторы, сетевое оборудования, источники индукционного тока.

Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \times ч$	По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \times ч$
30 кГц - 3 МГц	20000,0	200,0	-
3 - 30 МГц	7000,0	Не разработаны	-
30 - 50 МГц	800,0	0,72	-
50 - 300 МГц	800,0	Не разработаны	-
300 МГц - 300 ГГц	-	-	200,0

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Повышенная или пониженная влажность, подвижность, воздуха.

Устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Физиологически оптимальной влажностью воздуха в рабочей зоне является влажность в пределах 40÷60%. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха приведены в таблице 4. [ГОСТ 12.1.005-88]

Таблица 4

Категория работы	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Оптим.	Допус.	Оптим.	Допустимая	Оптим.	Допус.
Средней	Холодный	18-20	17-23	40-60	не более 75	не более 0,2	не более 0,3

Категория работ	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Оптим.	Допус.	Оптим.	Допустимая	Оптим.	Допус.
тяжести, Па	Тёплый	21-23	18-27	40-60	не более 55 при 28°С 60 при 27°С 65 при 26°С 70 при 25°С 75 при 24°С	не более 0,3	0,2-0,4

Для обеспечения комфортных метеоусловий, необходима установка системы местного кондиционирования воздуха, а также воздушное душирование. Немаловажным фактором, влияющим на метеоусловия, является соответствие нормам площадь и объем рабочего помещения.

Вентиляция должна обладать достаточным объемом, так в помещении с работающими ПЭВМ осуществляется кондиционирование воздуха, необходимое для поддержания необходимых параметров микроклимата независимо от внешних условий. В холодное время года параметры микроклимата поддерживаются системой водяного, воздушного или электрического отопления, в теплое - благодаря кондиционированию воздуха.

Пониженная температура воздуха и сквозняки приводят к обострению радикулитов, простудным и другим заболеваниям. При температуре окружающей среды +25°С и выше и одновременно влажном воздухе нарушается отдача тепла с поверхности кожи, и организм может перегреться. Первые признаки избыточного тепла: ощущение духоты и тяжести, ухудшение самочувствия, пониженная работоспособность. Слишком сухой воздух может высушивать кожу и быстрее обезвоживать организм. В первую очередь страдают слизистые оболочки, контактирующие с открытым воздухом, они покрываются микротрещинами и пересыхают, открывая прямую дорогу в организм вредоносным бактериям и вирусам. При относительной влажности воздуха менее 10% даже здоровые люди испытывают ощущение сухости в носоглотке, «резь» в глазах, может даже начаться носовое кровотечение. Особенно опасен сухой воздух для больных

бронхиальной астмой, у них наблюдается общее ухудшение самочувствия, возможны приступы. Постоянное пребывание человека в помещениях с высокой влажностью приводит к снижению сопротивляемости организма к инфекционным и простудным заболеваниям. От высокой влажности страдает не только организм человека, но и интерьер помещений. В сырых местах развиваются грибок и плесень, выделяющие большое количество спор в атмосферу помещения, заражая воздух.

Повышенная подвижность воздуха вызывает потерю организмом тепла и может быть причиной простудных заболеваний; пониженная подвижность воздуха – повышается содержание в воздухе пыли, токсичных выделений и запахов химических веществ и т.п. вызывает повышенную утомляемость работников, головокружение, аллергические и др. заболевания;

1.2 Мероприятий по снижению опасных и вредных факторов

В качестве мероприятий по снижению опасных и вредных факторов при производстве детали «Корпус» предлагается использовать, помимо перечисленных выше:

1) Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей электрооборудования, зоны выделения стружки.

2) Применение предохранительных устройств: от перегрузки станка, от перехода движущихся узлов за установленные пределы, от внезапного падения или повышения напряжения электрического тока.

3) Использование системы дистанционного управления: управление станком осуществляется с помощью стойки ЧПУ, которая включает в себя клавиатуру для ввода команд и дисплей. Стойка ЧПУ расположена вне опасной зоны станка.

4) Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой. Отключающие устройства станка, в том числе аварийные, окрашены в красный сигнальный цвет согласно. При нарушении технологического процесса на станке предусмотрены сигнальные лампы, окрашенные в красный цвет. Открытые и не полностью закрытые движущиеся части оборудования окрашены в желтый цвет. На шкафах с электрооборудованием станка нанесен знак «Осторожно! Электрическое напряжение».

5) Применение расстояния и габаритных размеров безопасности: габаритные размеры рабочих мест, безопасные расстояния между станками и элементами производственного помещения, габаритные размеры, габаритные размеры подвеса электрических проводов.

6) Применение профилактических испытаний станка и его узлов: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.

7) Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума и вибрации, манипуляторы с программным управлением.

8) Для снижения вероятности возникновения пожара проводится необходимый инструктаж, соблюдаются правила при работе с электрооборудованием, на рабочих местах запрещено курить и пользоваться источниками открытого огня. В качестве мер противопожарной защиты на участке и в цехе предусмотрены средства пожаротушения. Для тушения пожаров водой используются внутренние и внешние водопроводы, а в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1-у штуку на 700м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади.

7.2 Экологическая безопасность.

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на

предприятия) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ.

Как правило, в качестве промышленных отходов выступают: бумага, строительные отходы, коробки и т.п. Этот мусор с другими отходами вывозится на территории, выделенные под складирование бытовых отходов. Сжигание этих отходов уменьшает их объём на 90%, но в результате сжигания происходит выделение вредных газов и дымов, что загрязняет атмосферу.

В процессе изготовления детали «Корпус» остаются производственные отходы в виде обрезков и стружки, которые тщательно собираются и увозятся в пункт приема металлолома, где в дальнейшем переплавляются в прокат и поступают опять на производство.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека. Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина, проектно-конструкторские недоработки, сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации - стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, продуктов, терроризм, война.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются взрыв или пожар в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения

безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- предотвращение пожаров;
- тушение пожара.

Для предотвращения возникновения пожаров необходимо:

- 1) Проводить профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
- 2) В каждом цехе должны быть предусмотрены меры эвакуации, например, запасные выходы, пожарные проходы, висеть планы эвакуации.
- 3) Обязаны присутствовать средства пожаротушения (в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1-у штуку на 700м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади).
- 4) В доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.
- 5) Обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.
- 6) Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. [Статья 221 ТК РФ]

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой на станке необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами. [СанПиН 2.2.2.542-96.]

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни и здоровья (таких как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец. одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника и другими средствами защиты в зависимости от выполняемой человеком работы. Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы – если это сборочное место, то оно должно быть оснащено всем необходимым для сборки инструментом, должно быть удобным и освещённым в зависимости от размера собираемой детали; если это место работника-токаря, то рядом должны находиться инструментальные шкафы со всем необходимым инструментом, перед станком должна быть ровная и удобная поверхность, уровень света должен быть достаточен для работы. Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение.

Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Поверхность пола в рабочем помещении должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи. Взрывоопасные и легковоспламеняющиеся материалы должны находиться на расстоянии не менее 5 м от места сварки; их необходимо закрывать огнестойкими материалами (асбест и т. д.).

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

1. Общие положения

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая серийно или на однопредметной поточной линии, т. е. в условиях массового производства.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера; (не учитывается, т.к. полуфабрикаты отсутствуют);
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;

12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;
16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.

При выполнении ВКР следует опустить статьи:

- расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
- технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
- потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
- прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

2. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого (i-го) вида в отдельности рассчитываются по формуле [14]

$$C_{moi} = w_i \cdot C_{mi} \cdot (1 + k_{тз})$$

где w_i – норма расхода материала i -го вида на изделие (деталь), кг/ед;
 Π_{mi} – цена материала i -го вида, ден. ед./кг., $i = 1$;

k_{tz} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{tz} = 0,06$).

Цена материалов Π_i принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены

Расчет нормы расходного материала

$$w = Vp = (a \cdot b \cdot c) \cdot p = 0,0136 \cdot 0,0509 \cdot 0,0254 \cdot 2770 = 0,049 \text{ кг},$$

где V - объем заготовки, м^3 ;

p - плотность дюралюминия Д16 [5], $p = 2770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

Примем цену материала из каталога[14] $\Pi_{mi} = 268 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$, с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал будут равны:

$$C_{moi} = 0,049 \cdot 268 \cdot (1 + 0,06) = 13,92 \text{ руб},$$

Расчет затрат на вспомогательные материалы каждого (j -го) вида C_{mbj} выполняется по формуле:

$$C_{mbi} = H_{mbi} \cdot \Pi_{mbi} \cdot (1 + k_{tz}),$$

где H_{mbj} – норма расхода j -го вспомогательного материала на изделие (деталь), кг;

Π_{mbj} – цена j -го вспомогательного материала, ден. ед./кг.

При отсутствии данных для расчета по формуле можно приближенно принять:

$$C_{mb} = C_{mo} \cdot 0,02 = 13,92 \cdot 0,02 = 0,28 \text{ руб},$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме

$$C_m = C_{mo} + C_{mb} = 13,92 + 0,28 = 14,2 \text{ руб}.$$

3. Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»

Данная статья не применяется для калькулирования . Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

4. Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле:

$$C_{от} = M_{от} \cdot C_{от} = (B_{чр} - B_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{от},$$

где $M_{от}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции, кг;

$C_{от}$ – цена отходов, руб. Значения взяты из прил. 2 $C_{от} = 65 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$;

$B_{чр}$ – масса заготовки, кг;

$B_{чст}$ – чистая масса детали, кг;

β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02),

И равно:

$$C_{от} = (0,049 - 0,02) \cdot (1 - 0,02) \cdot 65 = 1,848 \text{ руб}$$

5. Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»

На данную статью относится стоимость электроэнергии, затрачиваемой на технологические цели.

Расчет ведется по формуле:

$$C_{тэ} = C_{тэ} \cdot P_{тэ} \cdot (1 + k_{тэ}),$$

где $C_{тэ}$ – тариф единицы ресурса, руб;

$P_{тэ}$ – расход энергии на единицу продукции, кВт;

$k_{тэ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{тэ}=0$);

Расход энергии равен сумме затрачиваемой мощности всех переходов умноженной на штучное время. Данные для расчета потребляемой мощности взяты из раздела «расчеты режимов резания»,

$$P_{тэ} = \frac{4,83 \cdot 4 + 6,24 \cdot 5 + 9,34 \cdot 5 + 3,2 \cdot 5 + 3,27 \cdot 5}{60} = 2,16 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

Тариф на электроэнергию взят на сайте [17] $C_{тэ} = 5,31 \text{ руб/кВтч}$;

Тогда:

$$C_{\text{тэ}} = 5,31 \cdot 2,16 \cdot (1 + 0) = 11,47 \text{ руб.}$$

6. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Расчет следует произвести по формуле:

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин;

K_0 – количество операций в процессе;

ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции из таблицы [14], для 4го разряда,

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{\text{озп}} = \frac{26,88}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 52,04 \text{ руб.}$$

7. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата, руб.;

k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{дзп} = 57,04 \cdot 0,1 = 5,204 \text{ руб.}$$

8. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_H = (C_{озп} + C_{дзп}) \cdot (C_{с.н.} + C_{стр})/100,$$

где $C_{озп}$ – основная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{дзп}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{с.н.}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{стр}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_H = (52,04 + 5,204) \cdot \frac{30+0,7}{100} = 17,58 \text{ руб.}$$

9. Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

10. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a. амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение C_a ;
- b. эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c. ремонт оборудования;
- d. внутризаводское перемещение грузов;
- e. погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f. прочие расходы.

Элемент «а» .Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_{j=1}^m \Phi_j \cdot H_{aj},$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$;

T – количество типов используемого оборудования;

Φ_j – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$;

m – количество типов используемой оснастки;

$H_{обi}$ и $H_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

$$\Phi_{FV321M} = 2554 \text{ т. руб}$$

$$\Phi_{400V} = 2840 \text{ т. руб}$$

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

$$H_{FV321M} = H_{400V} = \frac{1}{10} = 0,1$$

где $T_{\text{ти}}$ – срок полезного использования, лет, принимаемый из прил. 4[15]

$$A_{\text{год}} = 2554000 \cdot 0,1 + 2840000 \cdot 0,1 = 539400 \text{ руб},$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_B \sum_{i=1}^p t_i^{\text{штк}}}{\sum_{i=1}^p F_i},$$

где N_B – годовой объем выпуска деталей (изделий), шт.;

P – количество операций в тех. процессе;

$t_i^{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$;

F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы $F_i = 4028$ часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{2000 \cdot \frac{4,83 + 6,24 + 9,34 + 3,2 + 3,27}{60}}{4028} = 0,223$$

Так как, получившиеся $l_{\text{кр}} < 0,6$, то

$$C_a = \left(\frac{A_{\text{год}}}{N_B} \right) \cdot \left(\frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right) = \left(\frac{539400}{2000} \right) \cdot \left(\frac{0,223}{0,85} \right) = 71,74 \text{ руб.}$$

где $\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования. В зависимости от типа производства для него следует принять значения: массовое и мелкосерийное – 0,85; среднесерийное – 0,8; крупносерийное – 0,7.

Элемент «б» (эксплуатация оборудования в цехе) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата, дополнительная зарплата и все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (электромонтеров, слесарей, наладчиков, и пр. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплате и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, то есть:

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = \\ = (52,04 + 5,204 + 17,58) \cdot 0,4 = 29,93 \text{ руб.}$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, то есть:

$$C_{\text{мэкс}} = C_a \cdot 0,2 = 71,74 \cdot 0,2 = 14,35 \text{ руб.}$$

- затраты на все виды энергии и воду, потребляемые в процессе работы оборудования. В ВКР эти затраты неизвестны и незначительны, поэтому их не учитывают.

Элемент «с» (ремонт оборудования в цехе) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и различные внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100% от основной зарплаты основных производственных рабочих, то есть:

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1,0 = 52,04 \cdot 1,0 = 52,04 \text{ руб.},$$

Элемент «d» (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию различных транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении дипломной работы (ВКР) эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребует дополнительных данных о производственном процессе, но их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

Элемент «е» (погашение стоимости инструментов), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее года. Расчет производится по формуле:

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i},$$

где $C_{\text{и}i}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.и}}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.;

m_i – количество одновременно используемых инструментов, ($m_i=1$);

$T_{\text{ст.и.и}}$ – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);

n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента, для отогнутых резцов 4;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}}=0,06$).

Таблица 1.

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб.	$\frac{C_{и} \cdot t_{рез.i} \cdot m}{T_{ст.и.} \cdot n_i}$
Фреза концевая с коническим хвостовиком 32,0 мм P6M5	0,25	6	968	13,5
Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком 4,0 мм P6M5	6,988	6	62	24,07
Фреза шпоночная с цилиндрическим хвостовиком 4,0 мм P6M5	0,814	8	62	2,11
Сверло спиральное 3 х 46 мм P6M5, цилиндрический хвостовик	0,075	6	58	0,25
Сверло спиральное 2,6 х 46 мм P6M5, цилиндрический хвостовик	0,15	6	56	0,49
Сверло спиральное 2х 42 мм P6M5, цилиндрический хвостовик	0,176	6	52	0,51

$$C_{ион} = (1 + 0,06) \cdot (40,93) = 43,4 \text{ руб.},$$

Элемент «f» (прочие расходы) включает в себя затраты, которые не вошли в состав выше рассмотренных элементов. При выполнении дипломной работы они **не рассчитываются**.

11. Расчет затрат по статье «Общеховые расходы»

В данной статье учитываются затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом на предприятии; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений, инвентаря общехового назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда, техники безопасности и прочие расходы цеха, связанные с управлением и обслуживанием производства. Общеховые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента $k_{оц}$, рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты рабочих на производстве, т.е.

$$C_{оп} = C_{озп} \cdot k_{оц} = 52,04 \cdot 0,8 = 41,64 \text{ руб.},$$

12. Расчет затрат по статье «Технологические потери»

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья не рассчитывается.

13. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

К данной статье относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные напрямую с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административного управленческого персонала; амортизационные отчисления, расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и различных сооружений); расходы на отопление, освещение, оплату предприятия; плату за воду и землю и др. Расчет производится с помощью коэффициента $k_{ох}$, устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендованное значение $k_{ох} = 0,5$, т.е.

$$C_{ох} = C_{озп} \cdot k_{ох} = 52,04 \cdot 0,5 = 26,02 \text{ руб,}$$

14. Расчет затрат по статье «Потери брака»

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты не рассчитываются.

15. Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также не рассчитываются.

16. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает различные затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку её на складах готовой продукции; на доставку продукции в порты и на станции отправления; на рекламу, сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и др. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости (от суммы затрат по всем предыдущим статьям).

$$C_{\text{рлз}} = \sum C_i \cdot 0.01 = (14,2 + 1,848 + 11,47 + 52,04 + 5,204 + \\ + 17,58 + 71,74 + 29,93 + 14,35 + 52,04 + 43,4 + 41,64 + \\ + 26,02) \cdot 0,01 = 3,82 \text{ руб}$$

17. Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости данного проекта.

$$\Pi = \sum C_i \cdot 0.15 = (14,2 + 1,848 + 11,47 + 52,04 + 5,204 + \\ + 17,58 + 71,74 + 29,93 + 14,35 + 52,04 + 43,4 + 41,64 + \\ + 26,02 + 3,82) \cdot 0,15 = 57,8 \text{ руб,} \\ C_{\text{полн}} = 385,3 \text{ руб,}$$

18. Расчет НДС

$$\text{НДС} = C_{\text{полн}} \cdot 0,18 = 385,3 \cdot 0,18 = 69,36 \text{ руб,}$$

19. Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{полн}} + \Pi + \text{НДС} = 385,3 + 69,36 + 57,8 = 512,5 \text{ руб}$$

9. Список используемой литературы

- 1.) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г.. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 944 с.
- 2.) Обработка металлов резанием: Справочник технолога. А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
- 3.) Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99с.
- 4.) Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1974, 421с. (ЦБПНТ при НИИТруда).
- 5.) Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 1 . Романова С.Ю. – М: Экономика, 1990. – 210 с.
- 6.) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г.. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 912 с.
- 7.) Горбачев А.Ф, Шкред В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015. – 256 с.
- 8.) БЖД. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2002. – 357с.
- 9.) Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. – М., 1996
- 10.) Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, А.М. Плахов – Томск: Изд-во Томского политехнического универ-та, 2014. – 11 с. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
- 11.) Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.
- 12.) Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
- 13.) Ревкин А.И. Инженерные вопросы радиогигиены при проектировании и эксплуатации источников излучения. – М.: МЭИ, 1987. – 58с.
- 14.) Федосова В.Д. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск, ТПУ, 1991. – 25с.
- 15.) Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.