

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Проектирование сборной многогранной протяжки и технологического
процесса ее изготовления .

Студент

В.В. Носов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Л.А. Резников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.В. Прошина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

ABSTRACT

In the bachelor's thesis, a variant of the multifaceted assembled broach was designed and the technological process of its manufacturing was developed with the help of the software package "KOMPAS-3D V16". It is suggested to use the split-design tool on the broaching operations, because it has greater reliability and durability in comparison with the one-piece tool.

In the first chapter, the initial data for manufacturing items such as "Multifaceted assembled broach" were considered and analyzed. To understand the design process, patent literature was studied. A classification of the details surfaces of a multifaceted broach was made.

In the bachelor's thesis, a scientific justification for the manufacture of this type of product was presented.

At the next stage, the dimensions of the rolling billet were determined and the technological process of manufacturing the details of the broach was developed. Equipment for manufacturing was chosen.

The solutions presented in the work are considered from the point of view of expediency of application and economic efficiency in production, and also safety and ecological compatibility.

The thesis consists of an explanatory note in the amount of 82 pages, containing 32 tables, 16 figures and a graphic part containing 6,75 sheets of A1 format, the list of 25 references including foreign sources and 1 appendice.

АННОТАЦИЯ

В представленной выпускной квалификационной работе спроектирован вариант сборной многогранной протяжки и разработан технологический процесс ее изготовления с помощью программного пакета КОМПАС-3D V16. Предложено применение сборного инструмента на операциях протягивания, потому как он обладает большей надежностью и долговечностью по сравнению с цельным инструментом.

В первой главе были рассмотрены и проанализированы исходные данные для изготовления изделий типа «Многогранная протяжка». Для понимания процесса проектирования была изучена патентная литература. Произведена классификация поверхностей деталей многогранной протяжки.

В выпускной квалификационной работе представлено научное обоснование изготовления, а также проектирование данного типа изделия.

На следующем этапе были определены размеры заготовок и разработан технологический процесс изготовления деталей изделия. Выбрано оборудование для изготовления.

Решения, представленные в работе, рассмотрены с точки зрения целесообразности применения и экономической эффективности в производстве, а также безопасности и экологичности.

Результаты написания работы отражены в расчетно-пояснительной записке объемом 82 страниц и графической части, содержащей 6,75 листов формата А1. Использовано 5 иностранных источников.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы изделия.....	7
1.2 Анализ материала изделия.....	12
1.3 Систематизация поверхностей деталей.....	14
1.4 Анализ технологичности конструкции деталей.....	19
1.5 Задачи работы.....	20
2 Конструкторско-исследовательская часть работы.....	22
2.1 Обоснование проектирования сборного инструмента.....	22
2.2 Оптимизация параметров протяжки.....	22
2.3 Расчет параметров протяжки.....	28
2.4 Выводы по разделу «Конструкторско-исследовательская часть».....	33
3 Технологическая часть работы.....	34
3.1 Выбор типа производства.....	34
3.2 Выбор методов получения заготовок.....	34
3.3 Цена заготовок.....	39
3.4 Определение маршрутов обработки поверхностей деталей.....	40
3.5 Расчет припуска.....	42
3.6 Разработка технологических маршрутов.....	48
3.7 Выбор технологических баз.....	52
3.8 Выбор средств технологического оснащения.....	52
3.9 Разработка технологических операций.....	63
3.10 Выводы по разделу «Технологическая часть».....	64
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	65
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	65
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	66
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	67
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	68

4.5 Обеспечение экологической безопасности промышленного объекта	70
4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	72
5 Экономическая эффективность работы.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов резанием – один из важнейших видов механической обработки. Ее целью служит получение окончательных форм и размеров изделий с заданной точностью. В последнее время, наибольшее развитие получают экономичные методы получения заготовок, что с одной стороны сокращает объем обработки резанием, однако с другой – именно она позволяет изготавливать детали с учетом возрастающих требований к точности и шероховатости поверхностей. Такое взаимовыгодное «сотрудничество» обработок металлов давлением и резанием обеспечивает всеобъемлющее развитие этих областей машиностроения.

Протягивание – вид обработки многолезвийным инструментом, при котором поступательное главное движение сообщается непосредственно протяжке, а заготовка располагается неподвижно. Протягивание применяется в крупносерийном и массовом производстве, поскольку осуществление данной операции затратно с экономической точки зрения. Однако положительной чертой процесса является обеспечение высокой точности получаемых профилей, что делает его популярным в сфере автомобиле-, двигателе-, авиастроении; и даже в такой весьма специфической области, как производство огнестрельного оружия.

Целью работы является сокращение издержек при протягивании шестигранных отверстий за счет применения сборного инструмента с групповой схемой срезания припуска.

Актуальность работы заключается в том, что сборные протяжки обладают высокой надежностью и долговечностью, и применение такого рода инструментов позволит сократить расходы на производство изделий на предприятиях любой сферы.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы изделия

Протяжка – инструмент, с помощью которого выполняются операции протягивания. Этот тип операций является одним из наиболее эффективных и распространенных в обработке металлов резанием. В зависимости от обрабатываемой поверхности, различают внутренние и наружные протяжки.

Наружные протяжки применяются для обработки поверхностей с незамкнутым контуром, как например пазы, плоскости, уступы и различные сложные фасонные поверхности.

Внутренние протяжки применяются для обработки поверхностей с замкнутым контуром, отверстий цилиндрической формы, квадратной, многогранной.

Протягивание выполняется на специальных протяжных станках. При выполнении этого вида операций отсутствует движение подачи, поскольку вся обработка осуществляется за счет главного поступательного движения. По похожему принципу работают инструменты для прошивания отверстий – прошивки. Однако протяжки и прошивки отличаются по способу приложения тягового усилия – на первые в процессе обработки воздействуют растягивающие напряжения, в то время как на вторые – сжимающие напряжения.

Если говорить об общих обязательных элементах конструкции для внутренних и наружных протяжек, можно выделить следующее:

1. Хвостовая часть – служит для установки и закрепления протяжки на станке, а так же передачи ей тягового усилия;
2. Режущая часть – обладает неким числом зубьев, которые осуществляют сьем припуска, и которые придают поверхности заданную форму;

3. Калибрующая часть – так же обладает неким числом зубьев, которые служат для зачистки поверхности, изготовленной режущей частью.

При рассмотрении непосредственно класса внутренних протяжек, к которому относится проектируемое изделие, необходимо добавить следующие элементы:

- а) передняя направляющая часть, служащая для ориентирования заготовки относительно режущих зубьев протяжки;
- б) задняя направляющая часть, необходимая для поддержания заготовки в момент схода с последних калибрующих зубьев протяжки.

Ознакомившись с конструкцией и принципом работы изделия, можно перейти к рассмотрению патентной литературы, чтобы убедиться в актуальности работы и найти интересующую информацию.

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 19.09.2011)
Пошлина: учтена за 4 год с 01.08.2000 по 31.07.2001

(21)(22) Заявка: 97113080/02, 31.07.1997

(45) Опубликовано: 10.06.1999

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1618528 A1, 30.12.87. SU 118468, 27.03.58. RU 2028883 C1, 20.02.95

Адрес для переписки:
443011, Самара, ул.Ново-Садовая 311,
Открытое акционерное общество "Завод
им.А.М.Тарасова", ОНТИС

(71) Заявитель(и):

Открытое акционерное общество "Завод
им.А.М.Тарасова"

(72) Автор(ы):

Бурочкин Ю.П.,
Лукьянов В.К.

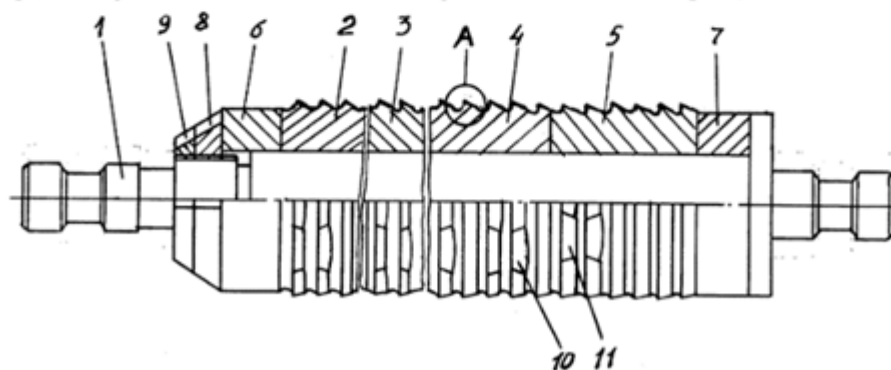
(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Завод
им. А. М. Тарасова "

(54) СБОРНАЯ ПРОТЯЖКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности, к инструментальному производству. Изобретение позволяет повысить ресурс работы протяжки за счет многократной переустановки блоков, обеспечить компактность путем совмещения отдельных частей протяжки, упростить процесс сборки за счет оптимизации конструкции параметров. Это достигается за счет того, что протяжка снабжена дополнительным калибрующим блоком, предназначенным при снятии черного блока и перешлифовке остальных режущих блоков для установки за последними на стержне. Ширина спинки зубьев выполнена увеличивающейся от черного к калибрующему блоку. Наружная поверхность гаек выполнена конусной с углом, соответствующим углу наклона переходного конуса протяжки. Последний зуб блоков выполнен со сплошной режущей кромкой, а два первых зуба калибрующего блока выполнены с выкружками и повышенным наружным диаметром по сравнению с предшествующим чистовым зубом. 2 з.п.ф.-лы, 2 ил.



Фиг. 1

Рис. 1.1 – Патент 1

Сущность изобретения заключается в применении блоков с режущими и калибрующими зубьями, что позволяет повысить ресурс протяжки, а также в применении контрящей гайки, что предотвращает вероятность ослабления крепежа секций, влияющего, в свою очередь, на точность изготовления отверстия.

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 28.05.2004)

(21)(22) Заявка: 99111207/02, 26.05.1999

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.05.1999

(45) Опубликовано: 20.07.2000 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2012454 C1, 15.05.1994. SU
218618 A, 08.08.1968. SU 770688 A,
28.10.1980. SU 874282 A, 23.10.1981. CS
217567 A, 15.09.1984. Кацев П.Г. Обработка
протягиванием. - М.: Машиностроение,
1986, с.70, рис.20.

Адрес для переписки:

443011, г.Самара, ул.Ново-Садовая 311,
Открытое акционерное общество "Завод
им.А.М.Тарасова", ОНТис

(71) Заявитель(и):

Открытое акционерное общество "Завод
им.А.М.Тарасова"

(72) Автор(ы):

Бурочки Ю.П.,
Игнатьев С.М.

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Завод
им. А. М. Тарасова "

(54) СБОРНАЯ ПРОТЯЖКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, сборным инструментам, протягиванию деталей. Протяжка содержит корпус, втулку с переходной конусной и передней направляющей частями и закрепленные секции зубьев. Для упрощения технологии изготовления и процесса сборки на втулке выполнены крепежная часть и шлиц под ключ, расположенный внутри втулки. 1 ил.

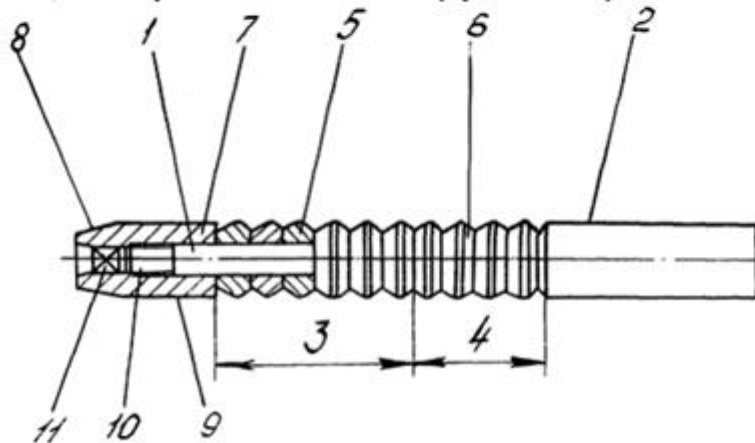


Рис. 1.2 – Патент 2

Сущность изобретения заключается в снабжении протяжки втулкой, выполненной как единое целое и состоящей из переходной конусной части; передней направляющей и крепежной частей. При этом внутри втулки расположен шлиц под ключ.

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 12.01.2004)

(21)(22) Заявка: 5014787/08, 28.10.1991

(45) Опубликовано: 15.05.1994

(71) Заявитель(и):

Погоцкий Игорь Николаевич

(72) Автор(ы):

Погоцкий Игорь Николаевич

(73) Патентообладатель(и):

Погоцкий Игорь Николаевич

(54) СБОРНАЯ ПРОТЯЖКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлообработке и может быть использовано в качестве инструмента при протягивании внутренних поверхностей деталей. Сущность изобретения: сборная протяжка, содержащая корпус 1 с продольным шпоночным пазом и установленные на нем с помощью шестигранной шпонки 2 переднюю направляющую 5 и секции зубьев 4, стянутые в осевом направлении гайками 6, снабжена элементами выбора радиального зазора, наклонно расположенными в резьбовых сквозных отверстиях в корпусе 1, при этом шаг их расположения равен шагу расположения секций зубьев 4, а угол наклона $\text{tg} \alpha = D/h$, где D - диаметр оправки; h - шаг расположения секций зубьев. Шестигранная шпонка 2 имеет длину, равную сумме длин набора секций зубьев, передней и задней направляющих, и ее боковые стенки сопряжены с боковыми поверхностями прямоугольного шпоночного паза корпуса и с боковыми поверхностями трапециевидальных пазов секций зубьев. Выбор радиального зазора между боковыми поверхностями шестигранной шпонки и боковыми поверхностями трапециевидального паза в секциях зубьев производят при сборке инструмента индивидуально в каждой секции. 4 ил.

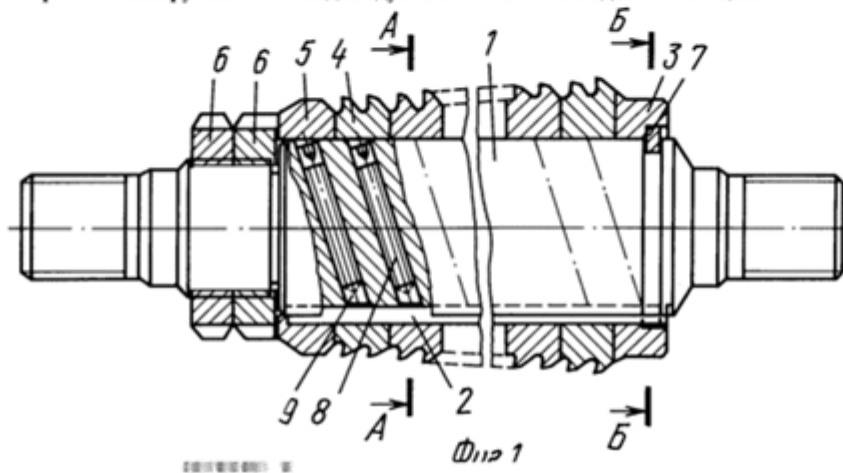


Рис. 1.3 – Патент 3

Сущность изобретения заключается в снабжении элементами выбора радиального зазора между боковыми поверхностями шпонки и пазами секций зубьев, которые выполнены в виде винтов, расположенных наклонно в сквозных резьбовых отверстиях. Данные отверстия сообщаются последовательно с гнездами и продольным шпоночным пазом корпуса. При этом имеется возможность взаимодействия с вкладышами, имеющими центровое углубление для винта с одной стороны, и плоской поверхностью с другой, и размещенными в гнездах.

По итогу анализа исходных данных, было выявлено, что данная тема является актуальной и действительно находит применение в различных отраслях машиностроения.

1.2 Анализ материала изделия

Сборная протяжка изготавливается из двух материалов: стержень протяжки вместе с задней направляющей, хвостовик, передняя направляющая, гайка и контргайка изготавливаются из конструкционной легированной стали марки 40Х; режущие и калибрующая секции изготавливаются из быстрорежущей стали марки Р6М5. Ниже приведены некоторые свойства этих сталей, а так же зарубежные аналоги нескольких стран.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 40Х, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.36 - 0.44	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0,035	до 0,035	0,8 – 1,1	до 0.3

Таблица 1.2 – Химический состав стали Р6М5, %

C	Si	Mn	Ni	S	P
0,82 - 0,9	0,2 - 0,5	0,2 - 0,5	до 0,6	до 0,025	до 0,03
Cr	Mo	W	V	Co	Cu
3,8 - 4,4	4,8 - 5,3	5,5 - 6,5	1,7 - 2,1	до 0,5	до 0,25

Таблица 1.3 – Механические свойства стали 40Х при температуре T = 20°C

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , МПа	ψ , МПа	КСУ, кДж / м ²	Термообработка
Пруток	ø25	980	785	10	45	590	Закалка 860°C, масло; Отпуск 500°C, вода

Таблица 1.4 – Механические свойства стали Р6М5 при температуре T = 20°С

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , МПа	ψ , МПа	КСУ, кДж / м ²	Термообработка
		850	510	12	14	180	Состояние поставки

Таблица 1.5 – Физические свойства стали 40Х

T, град	E 10 ⁻⁵ , МПа	α 10 ⁶ , 1/град	λ , Вт/(м·град)	ρ , кг/м ³	C Дж/(кг·град)	R 10 ⁹ , Ом·м
20	2,14			7820		210
100	2,11	11,9	46	7800	466	285

Таблица 1.6 – Физические свойства стали Р6М5

T, град	E 10 ⁻⁵ , МПа	α 10 ⁶ , 1/град	λ , Вт/(м·град)	ρ , кг/м ³	C Дж/(кг·град)	R 10 ⁹ , Ом·м
20	2,2			8200		458
100			27			

Таблица 1.7 – Зарубежные аналоги стали 40Х

США	Германия	Япония	Франция	Англия	Евросоюз	Китай	Южная Корея
-	DIN, WNr	JIS	AFNOR	BS	EN	GB	KS
5135	1.7034	SCr435	37Cr4	37Cr4	1.7034	35Cr	SCr435
5140	1.7035	SCr435H	38C4	41Cr4	1.7035	38CrA	SCr435H
5140H	1.7045	SCr440	38C4FF	530A36	1.7039	40Cr	SCr440
5140RH	37Cr4	SCr440H	41Cr4	530A40	37Cr4	40CrA	SCr440H
G51350	41Cr4		42C4	530H36	37Cr4KD	40CrH	
G51400	41CrS4		42C4TS	530H40	41Cr4	45Cr	
H51350	42Cr4			530M40	41Cr4KD	45CrH	
H51400					41CrS4	ML38CrA ML40Cr	

Таблица 1.8 – Зарубежные аналоги стали Р6М5

США	Германия	Япония	Франция	Англия	Евросоюз	Китай	Южная Корея
-	DIN, WNr	JIS	AFNOR	BS	EN	GB	KS
T11302 M2	1.3343 HS6-5-2 S6-5-2 S6-5-2S SC6-5-2 X82WMo- CrV654	SKH51	HS6-5-2 HS6-5-2HC X85WMo- CrV654 Z85WDCV	3343 BM2	1.3339 1.3343 HS6-5-2 HS6-5-2C	W6Mo5Cr4V2	SKH51

1.3 Систематизация поверхностей деталей

Основной целью систематизации служит выявление поверхностей, имеющих важнейшее значение для выполнения изделием своего служебного назначения на должном уровне. Все поверхности деталей протяжки обозначены на эскизах, пронумерованы и разделены согласно их назначению: исполнительные, непосредственно выполняющие служебные функции; основные конструкторские базы, определяющие положение самих деталей в изделии; вспомогательные конструкторские базы, определяющие положение присоединяемых деталей; и свободные, все остальные поверхности.

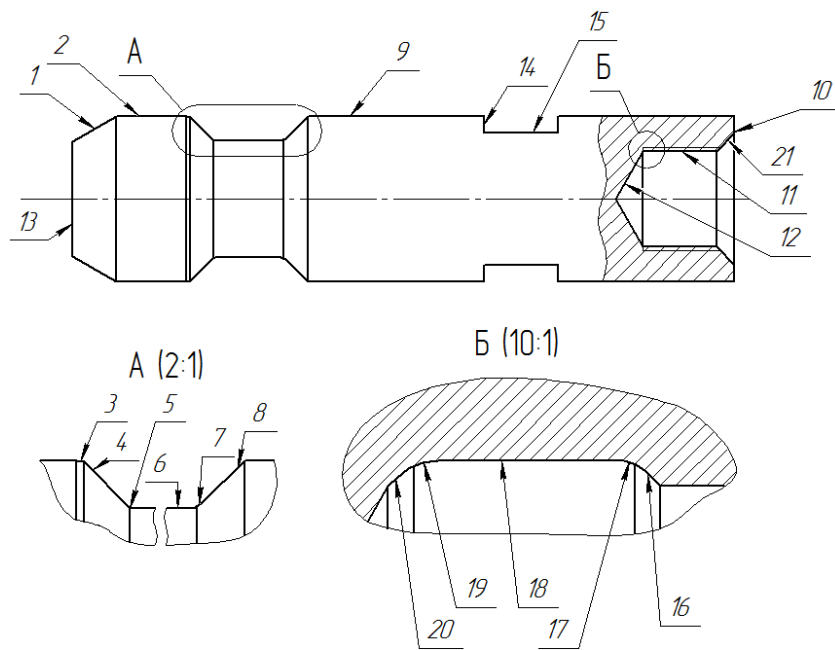


Рис. 1.4 – Эскиз хвостовика

Таблица 1.9 – Систематизация поверхностей хвостовика

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	2 – 9, 11, 15
ОКБ	10, 11
ВКБ	
С	1, 13, 14, 16 – 21

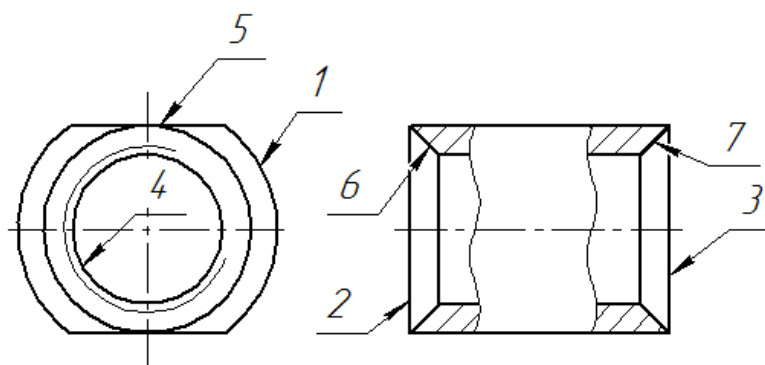


Рис. 1.5 – Эскиз гайки

Таблица 1.10 – Систематизация поверхностей гайки

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	4, 5
ОКБ	3, 4
ВКБ	2
С	1, 6, 7

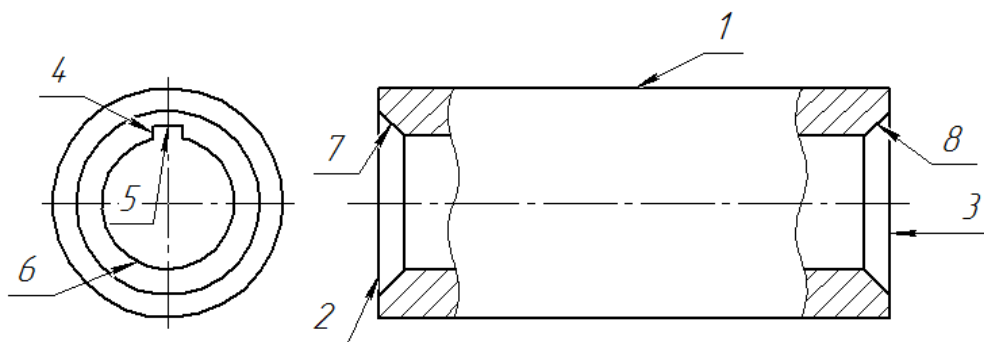
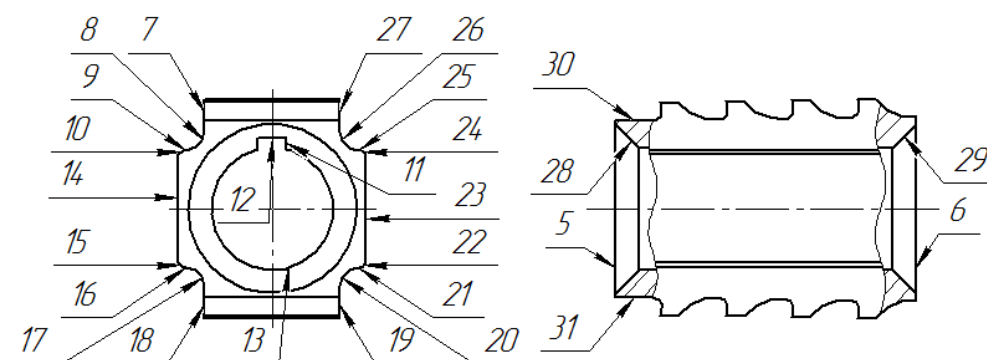


Рис. 1.6 – Эскиз передней направляющей

Таблица 1.11 – Систематизация поверхностей передней направляющей

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	4
ОКБ	3, 4
ВКБ	2
С	1, 5, 7, 8



Профиль режущих зубьев
(М 2,5:1)

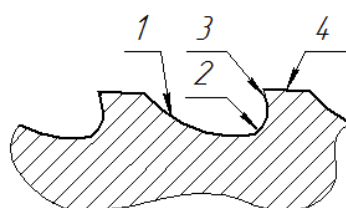


Рис. 1.7 - Эскиз секции №1

Таблица 1.12 – Систематизация поверхностей секции №1

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	1 – 4, 11
ОКБ	6, 11 – 13
ВКБ	5
С	7 – 10, 14 – 31

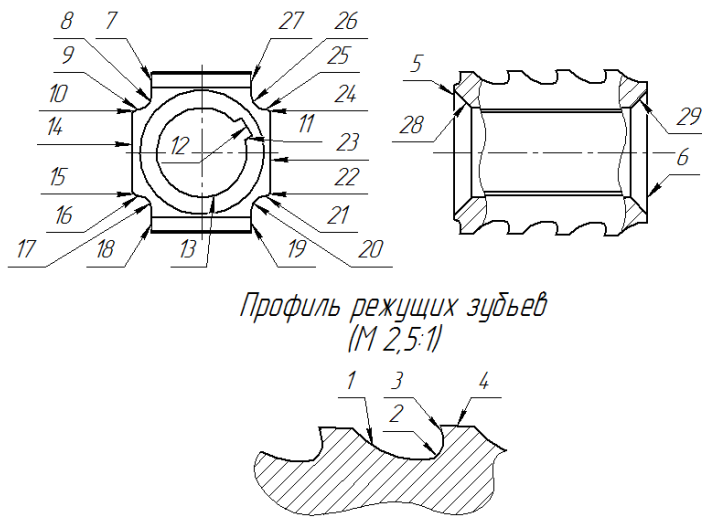


Рис. 1.8 – Эскиз секции №2

Таблица 1.13 – Систематизация поверхностей секции №2

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	1 – 4, 11
ОКБ	6, 11 – 13
ВКБ	5
С	7 – 10, 14 – 29

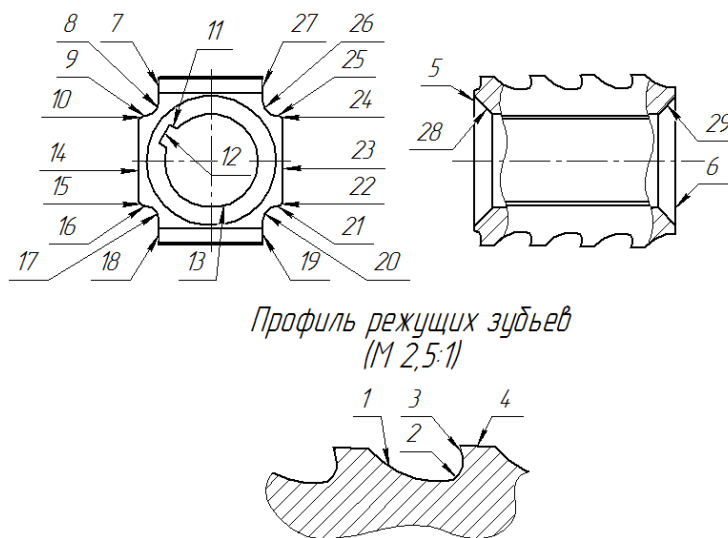


Рис. 1.9 – Эскиз секции №3

Таблица 1.14 – Систематизация поверхностей секции №3

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	1 – 4, 11
ОКБ	6, 11 – 13
ВКБ	5
С	7 – 10, 14 – 29

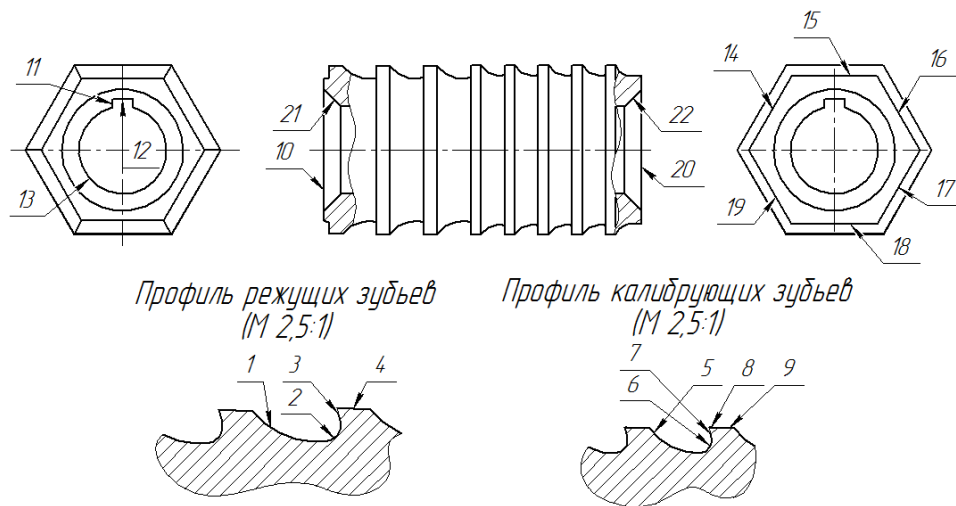


Рис. 1.10 – Эскиз секции №4

Таблица 1.15 – Систематизация поверхностей секции №4

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	1 – 9, 11
ОКБ	11 – 13, 20
ВКБ	10
С	14 – 19, 21, 22

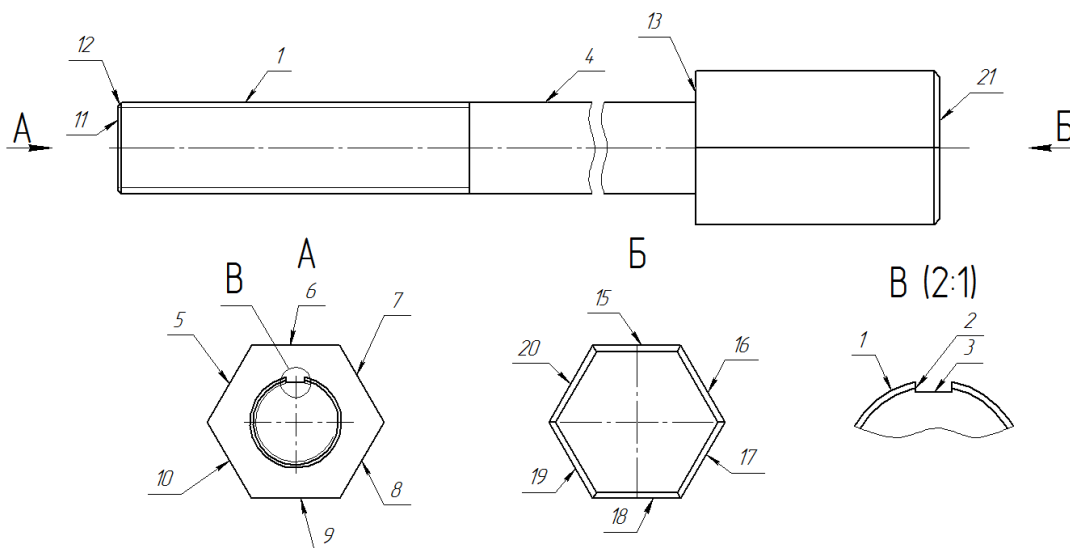


Рис. 1.11 – Эскиз стержня

Таблица 1.16 – Систематизация поверхностей стержня

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	2, 5 – 10
ОКБ	5 – 10
ВКБ	1 – 4, 13
С	11, 12, 14 – 20

1.4 Анализ технологичности конструкции деталей

Анализ технологичности деталей изделия был проведен для определения возможности снизить себестоимость готового изделия путем улучшения конструкции. Технологичность определяют по следующим параметрам:

- а) технологичность заготовки
- б) технологичность конструкции готового изделия
- в) технологичность базирования и закрепления заготовки
- г) технологичность обрабатываемых поверхностей заготовки.

Технологичность заготовки

Технологичность заготовки оценивается по таким критериям, как стоимость конкретной марки материала, по условиям выполнения термообработки (в данном случае это типовой ТП), по коэффициентам обрабатываемости резанием твердосплавным и быстрорежущим инструментом, по допустимым методам получения заготовки (все детали изделия изготавливаются из проката). Также необходимо учитывать форму заготовки (в представленной работе все заготовки обладают простой формой) и точность заготовки (все они обычной точности). С точки зрения оценки заготовок, представленную протяжку можно считать технологичной.

Технологичность конструкции готового изделия

Общая конструкция протяжки выполнена согласно требованиям ГОСТ 28442-90, хвостовик по ГОСТ 4044-70. Размеры шпоночных пазов деталей выполнены согласно требованиям ГОСТ 23360-78, размеры и формы канавок согласно ГОСТ 10549-80 и ГОСТ 8820-69, фаски и радиусы закруглений по ГОСТ 10948-64. Это обеспечивает значительную долю унификации изделия при изготовлении и контроле и соответствие качества поверхностей их служебному назначению. Также изделие не содержит специфических форм, и может быть изготовлено согласно типовому технологическому процессу. Расположение поверхностей способствует одновременной обработке сразу несколько поверхностей и предоставляет удобный доступ для контроля.

Возможно применение универсального оборудования и оснастки. Таким образом, с точки зрения конструкции данная сборная протяжка является технологичной.

Технологичность базирования и закрепление заготовки

Черновыми базами могут служить цилиндрические и торцовые поверхности заготовки. Затем, в качестве баз, можно принять специально созданные центровые отверстия по ГОСТ 14034-74. Также можно использовать эти поверхности и в качестве измерительных баз. Отсюда следует, что с точки зрения базирования и закрепления заготовки, детали протяжки также являются технологичными.

Технологичность обрабатываемых поверхностей

Поскольку точность и шероховатость заготовки не отвечают требованиям готового изделия, необходимо обработать все поверхности всех деталей. Так как общее количество поверхностей, подвергаемых обработке, получается весьма велико, обработка их всех с одинаковой точностью приведет к значительному удорожанию затрат на производство. Поэтому технологический процесс должен учитывать этот фактор, позволяя получить изделие с минимальными необходимыми требованиями по точности и качеству. Таким образом, если судить с точки зрения обрабатываемых поверхностей, протяжка также является технологичной.

1.5 Задачи работы

Поскольку цель работы – сокращение издержек при протягивании шестигранных отверстий за счет применения сборного инструмента с групповой схемой срезания припуска, задачами работы является:

1. Обоснование проектирования сборной многогранной протяжки с групповой схемой срезания припуска взамен стандартных цельных протяжек;
2. Проектирование сборной протяжки, соответствующей заданным требованиям:

- а) диаметр заранее заготовленного отверстия: 50 мм;
 - б) длина протягивания: 100 мм;
 - в) точность готового отверстия: согласно IT9, посадка Н9;
 - г) обрабатываемый материал: сталь 10Г2;
 - д) годовая программа выпуска: 10000 изделий в год;
3. Разработка технологических процессов изготовления деталей протяжки;
 4. Разработка мероприятий по охране труда при изготовлении требуемых деталей
 5. Определение затрат на запуск в производство разработанной протяжки.

2 Конструкторско-исследовательская часть работы

2.1 Обоснование проектирования сборного инструмента

Протяжки для обработки шестигранных отверстий применяются во множестве сфер машиностроения, однако они обладают одним достаточно характерным недостатком – плохими условиями резания на ребрах зубьев, что в конечном итоге приводит к преждевременному износу инструмента. Решением такой проблемы может служить применение сборной протяжки с групповой схемой срезания припуска, где каждая режущая секция будет обрабатывать только две противоположные грани отверстия. Это позволит сконструировать зубья более простой формы, без ребер, подверженных износу.

В отличие от цельных протяжек, где поломка одного зуба означает непригодность дальнейшего использования инструмента, сборная протяжка обладает ещё одним достоинством – для дальнейшей эксплуатации изделия достаточно заменить только поврежденную секцию. Это означает еще больший срок службы, по сравнению с цельным инструментом и дополнительную экономическую выгоду.

Так же экономический эффект окажет создание элементов протяжки из различных материалов – только режущие и калибрующая секция будут изготавливаться из дорогостоящей быстрорежущей стали, в то время как остальные детали – из конструкционной стали.

2.2 Оптимизация параметров протяжки

Поскольку самыми важными элементами любой протяжки служат режущие зубья, начать процесс подбора оптимальных значений следует именно для них.

В первую очередь, необходимо определить ширину режущей кромки зубьев l .

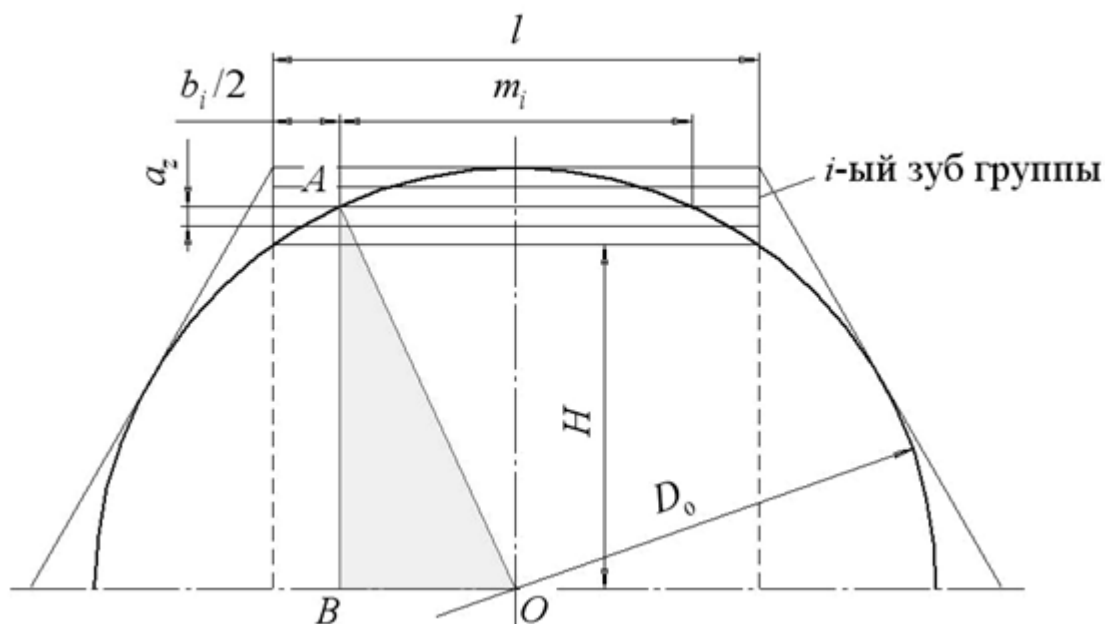


Рис. 2.1 – Геометрические параметры шестигранной протяжки

Длина стороны правильного шестиугольника, которой является режущая кромка, определяется по формуле

$$l = \frac{D_0}{\sqrt{3}}, \text{ мм}, \quad (2.1)$$

где D_0 – диаметр вписанной окружности.

Далее необходимо найти ширину среза. Так как предварительно заготовленное отверстие обладает цилиндрической формой, ширина среза будет различной для каждого зуба и зависеть от числа зубьев.

Из рисунка видно, что

$$b_i = l - m_i = \frac{D_0}{\sqrt{3}} - m_i; \quad (2.2)$$

$$H = \frac{1}{2} \sqrt{D_0^2 - l^2} = \frac{1}{2} D_0 \sqrt{1 - \frac{1}{3}} = \frac{D_0}{\sqrt{6}}, \quad (2.3)$$

где H – высота первого зуба протяжки.

Из треугольника AOB следует, что

$$m_i = 2 \sqrt{\frac{D_0^2}{4} - (H + i \cdot a_z)^2} = 2 \sqrt{\frac{D_0^2}{4} - \left(\frac{D_0}{\sqrt{6}} + i \cdot a_z \right)^2} = D_0 \sqrt{1 - 4 \left(\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{i \cdot a_z}{D_0} \right)^2} \quad (2.4)$$

Тогда

$$b_i = D_o \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{i \cdot a_z}{D_o} \right)^2} \right), \quad (2.5)$$

где $i = 1, 2, \dots, k$ – количество зубьев протяжки.

Из условия

$$k = \left(\frac{D_o}{2} - H \right) / a_z = \left(\frac{D_o}{2} - \frac{D_o}{\sqrt{6}} \right) / a_z = \frac{D_o}{a_z} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right) \quad (2.6)$$

находим, что

$$\frac{a_z}{D_o} = \frac{1}{k} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right). \quad (2.7)$$

Подставляя последнее соотношение в выражение для расчета b_i , окончательно получаем

$$\begin{aligned} b_i &= D_o \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{i}{k} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right) \right)^2} \right) = \\ &= D_o \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{i}{k} \right) \right)^2} \right), \text{ мм.} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Очевидно, что с уменьшением значения k (а значит – увеличением подъема на зуб a_z) производительность операции протягивания возрастает. Уменьшается и длина протяжки, что делает ее дешевле и устойчивее в работе, а это тоже «плюс».

Однако с уменьшением k возрастает усилие резания при протягивании, а это «минус», так как внутренний стержень сборной протяжки, изготовленный из конструкционной стали, как правило, имеет невысокий предел прочности на растяжение $\sigma_c = 300 \dots 350$ МПа.

Наиболее нагружена 1-я секция зубьев протяжки, схема работы которой показана на рисунке 2.1; она и создает наибольшее усилие протягивания.

Из теории проектирования внутренних протяжек [22] известно, что сила, приходящаяся на единицу длины протягиваемого контура

$$p_z = C_p \sigma_B a_z^{0,85} K_\gamma = C_p \sigma_B \left(\frac{D_o}{k} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right) \right)^{0,85} K_\gamma = C_1 k^{-0,85}, \text{ Н/мм}, \quad (2.9)$$

где величина $C_1 = C_p \sigma_B K_\gamma D_o^{0,85} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right)^{0,85} = 0,13 C_p \sigma_B K_\gamma D_o^{0,85}$ является константой для данного обрабатываемого материала (от него зависят значения C_p , σ_B и K_γ) и диаметра отверстия под протягивание.

Усилие протягивания на отдельном зубе при этом составляет

$$P_{zi} = 2b_i p_z, \text{ Н}. \quad (2.10)$$

Суммарное усилие протягивания зависит от числа одновременно работающих зубьев q . Нет смысла работать при $q < 3$, так как протяжка из многолезвийного превращается, по сути, в низкопроизводительный однолезвийный инструмент.

Пусть $q = 4$. Тогда наибольшее суммарное усилие протягивания возникнет при одновременной работе трех последних зубьев секции с номерами $i = k, k - 1, k - 2$ и $k - 3$. Переходя к безразмерной ширине среза $\beta_i = b_i/D_o$, для этих зубьев получаем

$$\beta_k = \frac{1}{\sqrt{3}}; \quad (2.11)$$

$$\beta_{k-1} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{k-1}{k} \right) \right)^2}; \quad (2.12)$$

$$\beta_{k-2} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{k-2}{k} \right) \right)^2}; \quad (2.13)$$

$$\beta_{k-3} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{k-3}{k} \right) \right)^2}. \quad (2.14)$$

$$P_{T\Sigma} = C_2 k^{-0,85} (\beta_k + \beta_{k-1} + \beta_{k-2} + \beta_{k-3}), \text{ Н}, \quad (2.15)$$

где $C_2 = 0,26 C_p \sigma_B K_\gamma D_o^{1,85}$.

Теперь, положив

$$\frac{P_{T\Sigma}}{F_c} \leq \sigma_c, \quad (2.16)$$

где F_c (мм²) – площадь поперечного сечения внутреннего стержня сборной протяжки, и решая относительно k трансцендентное уравнение

$$k^{-0,85} (\beta_k + \beta_{k-1} + \beta_{k-2} + \beta_{k-3}) \leq \frac{\sigma_c F_c}{C_2}, \quad (2.17)$$

можем получить целесообразное с точки зрения прочности протяжки значение k , а, следовательно, целесообразную величину подъема на зуб

$$a_z = \frac{D_o}{k} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right). \quad (2.18)$$

Далее проведен анализ геометрии снимаемого припуска.

Распределение общего припуска по трем режущим секциям представлено на рисунке 3.2.

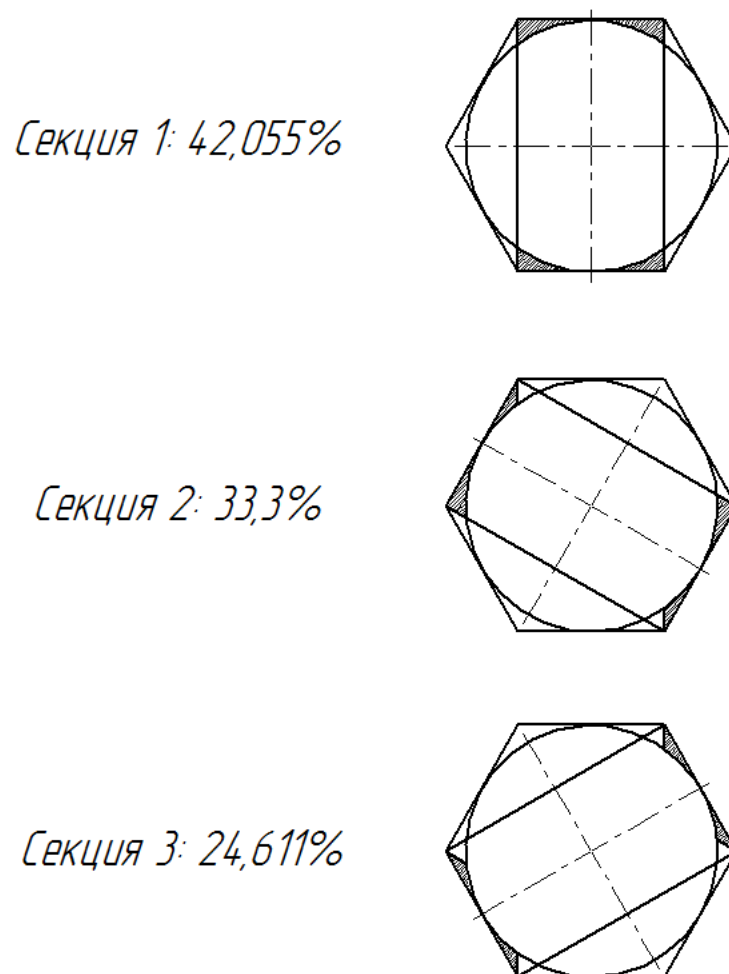


Рис. 3.2 – Распределение припуска между секциями

Это наглядно доказывает вышеприведенное утверждение о том, что наибольшей нагрузке подвергается именно первая секция, поскольку именно она снимает почти половину от всего припуска.

Установлено отношение площади припуска к диаметру заранее заготовленного отверстия. Оно представляет собой параболическую зависимость и представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Зависимость площади припуска от диаметра отверстия

Диаметр отверстия, мм	Площадь припуска, мм ²
10	8,063
20	32,251
30	72,565
40	129,004
50	201,568

Кроме того, выведены формулы для расчета площади припуска, приходящегося на каждую секцию. Для этого необходимо знать ширину режущих зубьев l (см. формулу (2.1)) и наибольшую высоту снимаемого припуска. Для нее принято обозначение c , она составляет

$$c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}, \text{ мм.} \quad (2.19)$$

Первая часть протяжки снимает припуск, площадь которого составляет

$$S_1 = \frac{4 \cdot l \cdot c}{\pi}, \text{ мм}^2. \quad (2.20)$$

Вторая часть протяжки снимает припуск, равный

$$S_2 = \frac{4 \cdot l \cdot c}{\pi} - c \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot c}{2} + \frac{1}{\pi} \right), \text{ мм}^2. \quad (2.21)$$

Наконец, третья часть протяжки снимает припуск в

$$S_3 = 4 \cdot c \cdot \left(\frac{l}{\pi} - \frac{\sqrt{3} \cdot c}{4} + \frac{1}{2\pi} \right), \text{ мм}^2. \quad (2.22)$$

Таким образом, проведен весь необходимый объем работ для дальнейшего проектирования сборной шестигранной протяжки.

2.3 Расчет параметров протяжки

Затем на основе формул, выведенных выше, и методики, изложенной в [22], спроектирован сборный инструмент в соответствии с требованиями, изложенными в пункте 1.5 данной работы.

Величина заднего угла режущих зубьев принята равной 3° , переднего угла – 15° . Материал режущей части будет изготавливаться из стали марки Р6М5, остальных деталей – из стали 40Х.

Согласно формуле (2.18) и (2.19), ширина режущих зубьев и максимальная толщина припуска составят

$$l = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28,868 \text{ мм};$$

$$c = 50 - \sqrt{50^2 - \left(\frac{28,868}{2}\right)^2} = 9,175 \text{ мм}.$$

Распределение площади припуска по секциям, в численных значениях, будет составлять

$$S_1 = \frac{4 \cdot 28,868 \cdot 9,175}{\pi} = 84,769 \text{ мм}^2;$$

$$S_2 = \frac{4 \cdot 28,868 \cdot 9,175}{\pi} - 9,175 \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot 9,175}{2} + \frac{1}{\pi} \right) = 67,183 \text{ мм}^2;$$

$$S_3 = 4 \cdot 9,175 \cdot \left(\frac{28,868}{\pi} - \frac{\sqrt{3} \cdot 9,175}{4} + \frac{1}{2\pi} \right) = 49,608 \text{ мм}^2.$$

Выбрано применение 4 одновременно работающих зубьев. Шаг между ними определяется по формуле

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0}, \quad (2.22)$$

где L_0 – длина протягивания. Получено

$$t = 12,5 \dots 15 \text{ мм}.$$

Принято стандартное значение, равное 14 мм. Размеры стружечных канавок назначены согласно [22, с. 4]. Величина подъема на зуб согласно формуле 2.18 будет равна

$$a_z = \frac{50}{4} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{6}} \right) = 1,148 \text{ мм.}$$

Для расчета силы, приходящейся на 1 мм протягиваемого контура, была использована формула (2.9). Сила составила

$$p_z = 3,3 \cdot 430 \cdot 1,148^{0,85} \cdot 1 = 625,689 \text{ Н/мм.}$$

Усилие протягивания определяется по формуле

$$P_T = \pi \cdot p_z \cdot D \cdot l \quad (2.23)$$

и составляет

$$P_T = \pi \cdot 625,689 \cdot 50,062 \cdot 28,868 = 226975 \text{ Н.}$$

Напряжения в канавке перед первым зубом протяжки:

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot P_T}{\pi \cdot (D_0 - 2 \cdot h)^2} \quad (2.24)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 226975}{3,14 \cdot (50 - 2 \cdot 4)^2} = 163,829 \text{ МПа.}$$

Необходимо, чтобы выполнялось условие $\sigma_1 \leq [\sigma_{\text{н}}] = 450 \text{ МПа}$.
 $163,829 \leq 450 \text{ МПа}$, условие выполняется.

Наименьшую площадь сечения хвостовика примем равной $907,9 \text{ мм}^2$ согласно [22, с. 6].

Рассчитано напряжение, возникающее под действием силы P_T , по формуле

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x}, \quad (2.25)$$

где: F_x – площадь наименьшего сечения. Оно составляет

$$\sigma_x = \frac{226975}{907,9} = 249 \text{ МПа.}$$

Необходимо, чтобы выполнялось условие $\sigma_x \leq [\sigma_x] = 249 \text{ МПа}$.
 $249 < 250 \text{ МПа}$, условие выполняется.

Затем было найдено суммарное усилие протягивания по формулам (2.11) – (2.15):

$$\beta_4 = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577;$$

$$\beta_{4-1} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{4-1}{4} \right) \right)^2} = 0,278;$$

$$\beta_{4-2} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{4-2}{4} \right) \right)^2} = 0,159;$$

$$\beta_{4-3} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{6}} \left(1 + \left(\frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \right) \frac{4-3}{4} \right) \right)^2} = 0,071;$$

$$C_2 = 0,26 \cdot 3,3 \cdot 430 \cdot 1 \cdot 50^{1,85} = 512921;$$

$$P_{\Sigma} = 512921 \cdot 4^{-0,85} \cdot (0,577 + 0,278 + 0,159 + 0,071) = 171334 \text{ Н}.$$

Далее, были проверены условия (2.16) и (2.17):

$$\frac{171334}{530,93} = 322,705 \leq 350 \text{ МПа} ,$$

где F_c (мм^2) – площадь поперечного сечения стержня, принятый равным $530,93 \text{ мм}^2$;

$$4^{-0,85} \cdot (0,577 + 0,278 + 0,159 + 0,071) \leq \frac{350 \cdot 530,93}{512921} ,$$

$$0,334 < 0,362 .$$

Оба условия выполняются.

Далее, было рассчитано число режущих зубьев по формуле

$$z = \left[\frac{A}{a_z} \right] + 1 , \quad (2.26)$$

где: A - припуск под протягивание. Получено:

$$z = \left[\frac{4,593}{1,148} \right] + 1 = 5.$$

Определена толщина стружки, снимаемая одним зубом:

$$A' = A - a_z \cdot (z - 1) . \quad (2.27)$$

Рассчитано:

$$A' = 4,593 - 1,148 \cdot (5 - 1) = 0,919 \text{ мм} .$$

Необходимо, чтобы полученное значение удовлетворяло условию $A' \leq a'_z$, где $a'_z \leq 0,5 a_z$. Приняв $a'_z = 1,148$, получено: $0,919 > 0,574$ – условие не выполняется. Следовательно, необходимо применить два режущих зуба.

Таким образом, получается, что для обработки каждой грани отверстия необходимо 5 черновых и 2 чистовых режущих зуба. Решено разместить 4 режущих зуба на каждой секции, а пятые зубья объединить, и сделать один шестигранный на последней секции. Там же будут размещены 5 калибрующих зубьев согласно требованиям к точности отверстия, они также будут выполнены шестигранными. Это позволит избежать чрезмерного конструкции изделия, при этом данные зубья гораздо меньше подвержены износу, что не будет противоречить цели дипломной работы.

Затем были определены высоты режущих зубьев. Высота первого зуба определяется как разница между диаметром готового отверстия и припуском на обработку:

$$H_1 = 50,062 - 4,592 = 45,470 \text{ мм}.$$

Высоты дальнейших черновых зубьев определяется по формуле

$$H_i = D_0 + 2 \cdot a_z \cdot (i - 1) , \text{ мм} \quad (2.28)$$

Они составят:

$$H_2 = 45,470 + 1,144 = 46,614;$$

$$H_3 = 46,614 + 2,288 = 47,758;$$

$$H_4 = 47,758 + 3,432 = 48,902;$$

$$H_5 = 48,902 + 4,576 = 50,046.$$

Затем рассчитаны высоты чистовых режущих зубьев как

$$H_{чj} = H_z + 2 \cdot a'_z \cdot j, \text{ мм} , \quad (2.29)$$

где: j – количество чистовых режущих зубьев; H_z – высота последнего черного зуба. Получено:

$$H_{ч1} = 50,046 + 0,008 = 50,054;$$

$$H_{ч2} = 50,054 + 0,008 = 50,062.$$

$H_{ч2} = D_{\max}$, отсюда следует, что значения рассчитаны верно.

Длина режущей части протяжки находится как

$$l_p = t \cdot (z + z') \quad (2.30)$$

Получено

$$l_p = 14 \cdot (3 + 2) = 210 \text{ мм}.$$

Шаг калибрующих зубьев находится как

$$t_k \approx \frac{2}{3} t \quad (2.31)$$

и составляет

$$t_k \approx \frac{2}{3} \cdot 14 = 9,333 \text{ мм}.$$

Принимаем ближайшее стандартное значение в 10 мм [22, с. 4].

Длина калибрующей части протяжки определяется как

$$l_k = t_k \cdot z_k \quad (2.32)$$

и составляет

$$l_k = 5 \cdot 10 = 50 \text{ мм}.$$

Длина передней направляющей инструмента $l_{\text{пн}}$ назначается в диапазоне $(0,8 \dots 1,0)L_0$. В данном случае $L_0 = 100$ мм, поэтому принято значение $l_{\text{пн}} = 100$ мм.

Назначается длина задней направляющей в диапазоне $l_{\text{зн}} = (0,6 \dots 0,8)L_0$.

Принято значение $l_{\text{зн}} = 80$ мм.

Рассчитываем расстояние до первого зуба по формуле

$$L_1 = 280 + l_{\text{пн}} \quad (2.33)$$

Получаем:

$$L_1 = 280 + 100 = 380 \text{ мм}.$$

Общая длина протяжки определяется по формуле

$$L = L_1 + l_p + l_k + l_{zn} . \quad (2.34)$$

Получаем:

$$L = 380 + 210 + 50 + 80 = 720 \text{ мм.}$$

Чтобы протяжка имела достаточную жесткость, должно выполняться условие $L \leq 40D$. Так как диаметр $D = 50$ мм, условие примет вид: $720 \leq 2000$ мм. Данное условие выполняется.

2.4 Выводы по разделу «Конструкторско-исследовательская часть»

В результате выполнения данного раздела произведено обоснование проектирования шестигранной сборной протяжки, выведены формулы, упрощающие анализ и оптимизацию отдельных ее параметров, спроектирована протяжка, удовлетворяющая всем необходимым требованиям.

3 Технологическая часть работы

3.1 Выбор типа производства

Тип производства определяется ориентировочно согласно источнику [14], в зависимости от массы изделия и годовой программы выпуска.

Таблица 3.1 – Определение типа производства

Масса детали, кг	Количество изготавливаемых деталей в год, шт				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
< 1,0	< 10	10 – 2000	1500 – 100000	75000 – 200000	> 200000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1000	1000 – 5000	50000 – 100000	> 100000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35000	35000 – 75000	> 75000
5,0 – 10,0	< 10	10 – 300	300 – 25000	25000 – 50000	> 50000
> 10,0	< 10	10 – 200	20 – 10000	10000 - 25000	> 25000

Общая масса протяжки в собранном виде составляет 8,44 кг, а годовой план установлен на отметке 10000 изделий в год. Эти параметры однозначно говорят о том, что протяжка относится к среднесерийному типу производства.

3.2 Выбор методов получения заготовок

Проанализировав химические и физические свойства материалов, из которых изготавливаются части протяжки, можно с уверенностью сказать, что в качестве заготовок выступают изделия из проката. Для деталей, получаемых из Стали 40Х применение штампованных заготовок нецелесообразно ввиду их цилиндрической формы без выраженных перепадов, а для деталей, изготавливаемых из быстрорежущей стали Р6М5 применение штамповки нежелательно ввиду ее физических и механических свойств.

Габариты заготовок из проката были определены нижеследующим образом.

Для хвостовика согласно ГОСТ 2590-88:

Диаметр проката равен

$$d_p = d_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 45 \cdot 1,05 = 47,25 \text{ мм},$$

где $d_d^{\text{макс}}$ - наибольший диаметр хвостовика, мм. Принимаем $d_{\text{пр}} = 48$ мм.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 180 \cdot 1,05 = 189 \text{ мм},$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина хвостовика, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 190$ мм.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный круг согласно источнику [19]: Круг 48-В-ГОСТ 2590-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}{4} \cdot l_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot 10^{-9}, \text{ кг.} \quad (3.1)$$

Получаем

$$M_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot 2304}{4} \cdot 190 \cdot 7820 \cdot 10^{-9} = 2,68 \text{ кг.}$$

Для гайки аналогично, согласно ГОСТ 2590-2006:

Диаметр проката равен

$$d_p = d_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 45 \cdot 1,05 = 47,25 \text{ мм},$$

где $d_d^{\text{макс}}$ - наибольший диаметр гайки, мм. Принимаем $d_{\text{пр}} = 48$ мм.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 45 \cdot 1,05 = 48 \text{ мм},$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина гайки, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 48$ мм.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный круг согласно источнику [19]: Круг 48-В-ГОСТ 2590-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot 2304}{4} \cdot 48 \cdot 7820 \cdot 10^{-9} = 0,68 \text{ кг.}$$

Для передней направляющей аналогично тому же стандарту.

Диаметр проката равен

$$d_p = d_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 45 \cdot 1,05 = 47,25 \text{ мм},$$

где $d_d^{\text{макс}}$ - наибольший диаметр направляющей, мм. Принимаем $d_{\text{пр}} = 48$ мм.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 100 \cdot 1,05 = 105 \text{ мм},$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина направляющей, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 105$ мм.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный круг согласно источнику [19]: Круг 48-В-ГОСТ 2590-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot 2304}{4} \cdot 105 \cdot 7820 \cdot 10^{-9} = 1,49 \text{ кг}.$$

Для секции №1 габариты заготовки определяются согласно ГОСТ 2591-2006.

Номинальная сторона квадрата проката равна

$$a_p = a_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 50 \cdot 1,05 = 52,5 \text{ мм},$$

где $a_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина стороны секции, мм. Принимаем $a_{\text{пр}} = 55$ мм.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 64 \cdot 1,05 = 67,2 \text{ мм},$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина секции, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 68$ мм.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный квадрат согласно источнику [19]: Квадрат 55-В1-ГОСТ 2591-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = a_{\text{пр}}^2 \cdot l_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot 10^{-9}, \text{ кг.} \quad (3.2)$$

Получаем

$$M_{\text{пр}} = 3025 \cdot 68 \cdot 8200 \cdot 10^{-9} = 1,69 \text{ кг.}$$

Для секций №№2,3 габариты заготовки определяются таким же образом.

Номинальная сторона квадрата проката равна

$$a_p = a_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 50 \cdot 1,05 = 52,5 \text{ мм,}$$

где $a_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина стороны секции, мм. Принимаем $a_{\text{пр}} = 55 \text{ мм}$.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 56 \cdot 1,05 = 58,8 \text{ мм,}$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина секции, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 59 \text{ мм}$.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный квадрат согласно источнику [19]: Квадрат 55-В1-ГОСТ 2591-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = 3025 \cdot 59 \cdot 8200 \cdot 10^{-9} = 1,46 \text{ кг.}$$

Для секции №4 габариты заготовки определяются по ГОСТ 2879-2006.

Номинальный диаметр вписанного круга составит

$$d_p = d_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 50 \cdot 1,05 = 52,5 \text{ мм,}$$

где $d_d^{\text{макс}}$ - наибольший диаметр вписанной окружности секции, мм.

Принимаем $a_{\text{пр}} = 55 \text{ мм}$.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 94 \cdot 1,05 = 98,7 \text{ мм,}$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина секции, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 99 \text{ мм}$.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный шестигранник согласно источнику [19]: Шестигранник 55-В1-ГОСТ 2879-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = 2\sqrt{3}r^2 \cdot l_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot 10^{-9}, \text{ кг.} \quad (3.3)$$

Получаем

$$M_{\text{пр}} = 2619,7 \cdot 99 \cdot 8200 \cdot 10^{-9} = 2,12 \text{ кг.}$$

Для стержня габариты заготовки определяются аналогично.

Номинальный диаметр вписанного круга составит

$$d_p = d_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 50 \cdot 1,05 = 52,5 \text{ мм,}$$

где $d_d^{\text{макс}}$ - наибольший диаметр вписанной окружности стержня, мм.

Принимаем $a_{\text{пр}} = 55 \text{ мм}$.

Длина проката равна

$$l_p = l_d^{\text{макс}} \cdot 1,05 = 565 \cdot 1,05 = 568,75 \text{ мм,}$$

где $l_d^{\text{макс}}$ - наибольшая длина стержня, мм. Принимаем $l_{\text{пр}} = 570 \text{ мм}$.

Определив габариты заготовки, был выбран стандартный шестигранник согласно источнику [19]: Шестигранник 55-В1-ГОСТ 2879-2006.

Его масса составит:

$$M_{\text{пр}} = 2619,7 \cdot 570 \cdot 8200 \cdot 10^{-9} = 12,24 \text{ кг.}$$

Значения коэффициентов использования материала (КИМ) для деталей определяются по формуле

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.4)$$

где q – масса готовой детали, а Q – масса заготовки.

Для хвостовика КИМ составит

$$K_{\text{им}} = \frac{1,9}{2,68} = 0,709;$$

для гайки

$$K_{\text{им}} = \frac{0,25}{0,68} = 0,368;$$

для передней направляющей

$$K_{\text{им}} = \frac{0,65}{1,49} = 0,436;$$

для секции №1

$$K_{\text{им}} = \frac{0,33}{1,69} = 0,195;$$

для секций №№ 2,3

$$K_{\text{им}} = \frac{0,3}{1,46} = 0,205;$$

для секции №4

$$K_{\text{им}} = \frac{0,8}{2,12} = 0,377;$$

и для стержня

$$K_{\text{им}} = \frac{3,66}{12,24} = 0,299;$$

3.3 Цена заготовок

Цена заготовок из проката определяется по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_i}{1000} \cdot M_{\text{пр}} - (M_{\text{пр}} - M_{\text{д}}) \cdot \left(\frac{C_o}{1000} \right), \quad (3.5)$$

где C_i - начальная цена 1 тонны материала в рублях;

C_o - цена отходов, в данном случае она составляет 4430 руб. за тонну;

$M_{\text{д}}$ - масса детали.

Для хвостовика она составит

$$C_{\text{пр}} = \frac{58250}{1000} \cdot 2,68 - (2,68 - 1,9) \cdot \left(\frac{4430}{1000} \right) = 152,62 \text{ руб.}$$

Цена заготовки для гайки составит

$$C_{\text{пр}} = \frac{58250}{1000} \cdot 0,68 - (0,68 - 0,25) \cdot \left(\frac{4430}{1000} \right) = 37,71 \text{ руб.}$$

Заготовка для передней направляющей обойдется в

$$C_{\text{пр}} = \frac{58250}{1000} \cdot 1,49 - (1,49 - 0,65) \cdot \left(\frac{4430}{1000} \right) = 83,07 \text{ руб.}$$

Цена заготовки из проката для получения секции №1 будет равна

$$C_{\text{пр}} = \frac{290210}{1000} \cdot 1,66 - \left(\frac{4430}{1000} \right) = 484,43 \text{ руб.}$$

Заготовки для секции №2 и №3 будут стоить

$$C_{\text{пр}} = \frac{290210}{1000} \cdot 1,45 - \left(\frac{4430}{1000} \right) = 418,56 \text{ руб.}$$

Цена заготовки для секции №4 составит

$$C_{\text{пр}} = \frac{290210}{1000} \cdot 2,12 - \left(\frac{4430}{1000} \right) = 609,4 \text{ руб.}$$

Цена заготовки для получения стержня составит

$$C_{\text{пр}} = \frac{58250}{1000} \cdot 12,74 - \left(\frac{4430}{1000} \right) = 674,98 \text{ руб.}$$

3.4 Определение маршрутов обработки поверхностей деталей

Последовательность обработки поверхностей деталей назначена согласно таким параметрам, как марка материала, тип поверхности, точность и шероховатость поверхности, и соответствует данным [20].

Результаты определения маршрутов обработки изложены в таблице 3.2.

В нижеследующей таблице используются сокращения:

Ц – цилиндрическая поверхность, К – коническая поверхность, П – плоская поверхность, Т – точение, Тч – чистовое точение, ТО – термическая обработка, Ш – шлифование, Ф – фрезерование, Фч – фрезерование чистовое, ФЦ – применение в обработке фрезерно-центровальной операции, Р – растачивание, РН – резьбонарезание.

Таблица 3.2 – Методы обработки поверхностей деталей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
Хвостовик				
1, 3 – 5, 7, 8	К	14	2,5	Тч – ТО
2	Ц	8	0,32	Т – Тч – ТО – Ш
6	Ц	11	1,25	Тч – ТО – Ш

Продолжение таблицы 3.2

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
9	Ц	9	1,25	Т – Тч – ТО – Ш
10	П	7	0,63	Ф – Р – ТО – Ш
11	Ц	14	2,5	ФЦ – Р – РН – ТО
12	К	14	2,5	ФЦ – ТО
13 – 15	П	14	2,5	Ф – ТО
16, 17, 19 – 21	К	14	2,5	Р – ТО
18	Ц	14	2,5	Р – ТО
Гайка				
1	Ц	14	2,5	Т – Ф – ТО
2, 3	П	7	0,63	Ф – Т – ТО – Ш
4	Ц	14	2,5	Т – Р – ТО
5	П	14	2,5	Ф – ТО
6, 7	К	14	2,5	ФЦ – ТО
Передняя направляющая				
1	Ц	8	0,63	Т – Тч – ТО – Ш
2, 3	П	7	0,63	Ф – Т – ТО – Ш
4, 5	П	8	2,5	П – ТО
6	Ц	7	2,5	Т – ТО – Ш
7, 8	К	14	2,5	ФЦ – ТО
Секция 1				
1 – 4	П	6	0,63	Ф – ТО – 3
5, 6	П	7	0,63	Ф – Т – ТО – Ш
7 – 10, 14 – 27, 30, 31	П	14	2,5	Ф – ТО
11, 12	П	8	2,5	П – ТО
13	Ц	7	2,5	Т – ТО – Ш
28, 29	К	14	2,5	ФЦ – ТО

Продолжение таблицы 3.2

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
Секция 2, 3				
1 – 4	П	6	0,63	Ф – ТО – 3
5, 6	П	7	0,63	Ф – Т – ТО – Ш
7 – 10, 14 – 27	П	14	2,5	Ф – ТО
11, 12	П	8	2,5	П – ТО
13	Ц	7	2,5	Т – ТО – Ш
28, 29	К	14	2,5	ФЦ – ТО
Секция 4				
1 – 9	П	6	0,63	Ф – ТО – 3
10, 20	П	7	0,63	Ф – Т – ТО – Ш
11, 12	П	8	2,5	П – ТО
13	Ц	7	2,5	Т – ТО – Ш
14 – 19	П	14	2,5	Ф – ТО
21, 22	К	14	2,5	ФЦ – ТО
Стержень				
1	Ц	9	2,5	Т – Тч – РН – ТО
2, 3	П	7	2,5	ТО – ШФ
4, 13	Ц	7	0,63	Т – Тч – ТО – Ш
5 – 11, 20	П	7	0,63	Ф – Фч – ТО – Ш
12	П	14	2,5	Тч – ТО
14 – 19	П	14	2,5	Фч – ТО

3.5 Расчет припуска

Для уточнения параметров выбранных заготовок, необходимо рассчитать операционные припуски. При этом была использована методика, изложенная в пособии [20].

Операционные припуски рассчитаны на одну из наиболее точных поверхностей деталей. В данном случае выбрана наружная цилиндрическая

поверхность передней направляющей $\varnothing 45_{-0,089}^{-0,050}$, поскольку именно она служит для ориентирования заготовки относительно режущей части перед началом процесса съема припуска.

Параметры припуска назначены согласно пособию [20].

При обработке заготовки из проката в центрах общая величина пространственных отклонений определяется по формуле

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (3.6)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления заготовки, а $\rho_{\text{ц}}$ – погрешность зацентровки [20, с. 15].

Коробление заготовки определяют по формуле

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (3.7)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ – удельная неперпендикулярность заготовки, мкм/мм [20, с. 7], l – длина заготовки, мм. В данном случае оно составит

$$\rho_{\text{кор}} = 0,045 \cdot 100 = 4,5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм}.$$

Погрешность зацентровки определяется как

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}, \quad (3.8)$$

где δ – величина допуска на диаметральный размер базовой поверхности заготовки, которая используется при зацентровке [20, с. 16]. Для передней направляющей она составит

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{0,062^2 + 1} = 0,25 \text{ мм}.$$

Таким образом, общая величина пространственных отклонений составляет

$$\rho = \sqrt{0,005^2 + 0,25^2} = 0,2501 \text{ мм}.$$

Остаточное отклонение после обработки находится по формуле

$$\Delta_{\text{пр}}^i = K_{\text{y}} \cdot \rho, \quad (3.9)$$

где K_y – значение коэффициента уточнения, для чернового точения – 0,06; для чистового точения – 0,05; для шлифования – 0,04. На операциях оно составит: для чернового точения

$$\rho_T = 0,06 \cdot 0,2501 = 0,015 \text{ мм};$$

для чистового точения

$$\rho_{Tч} = 0,05 \cdot 0,2501 = 0,013 \text{ мм};$$

для шлифования

$$\rho_{Ш} = 0,04 \cdot 0,2501 = 0,01 \text{ мм}.$$

При этом следует учитывать, что погрешность установки заготовки принимается $\Delta \epsilon_y = 0$.

Минимальный припуск на операции определяется по формуле [20, с. 28]

$$2Z_{\min}^i = 2 \left[R_z^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{\left(R_z^{i-1} \right)^2 + \left(\Delta \epsilon_y^{i-1} \right)^2} \right] \quad (3.10)$$

Таким образом, на черновом точении он составит

$$2 \cdot (150 + 800 + \sqrt{15^2 + 0^2}) = 1930 \text{ мкм} = 1,93 \text{ мм}.$$

На чистовом точении минимальный припуск равен

$$2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{13^2 + 0^2}) = 326 \text{ мкм} = 0,326 \text{ мм}.$$

На шлифовании припуск составит

$$2 \cdot (10 + 27 + \sqrt{10^2 + 0^2}) = 94 \text{ мкм} = 0,094 \text{ мм}.$$

Минимальные размеры определяются по формуле

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^i + 2Z_{\min}^i \quad (3.11)$$

Минимальный размер поверхности на шлифовании составляет 44,95 мм. На чистовом точении он будет равен

$$44,95 + 0,094 = 45,044 \text{ мм};$$

на черновом точении

$$45,044 + 0,326 = 45,370 \text{ мм};$$

минимальный размер заготовки составит

$$45,370 + 1,93 = 47,300 \text{ мм.}$$

Максимальные размеры опеределаются как сумма минимального размера и допуска на сам размер

$$d_{\max}^{i-1} = d_{\min}^i + Td^i \quad (3.12)$$

Максимальный размер на шлифовании составит

$$44,95 + 0,039 = 44,989 \text{ мм;}$$

на чистовом точении

$$45,044 + 0,062 = 45,106 \text{ мм;}$$

на черновом точении

$$45,370 + 0,25 = 45,620 \text{ мм;}$$

максимальный размер заготовки

$$47,300 + 1,1 = 48,400 \text{ мм.}$$

Максимальные значения операционных припусков опеределаются по формуле

$$2Z_{\max}^i = d_{\max}^{i-1} - d_{\max}^i \quad (3.13)$$

Максимальный припуск на шлифовании составит

$$45,106 - 44,989 = 0,117 \text{ мм;}$$

на чистовом точении

$$45,62 - 45,106 = 0,514 \text{ мм;}$$

на черновом точении

$$48,400 - 45,62 = 2,78 \text{ мм.}$$

Проверка результатов расчета проводится по формуле

$$2Z_{\max}^i - 2Z_{\min}^i = Td^{i-1} - Td^i \quad (3.14)$$

Получаем

$$0,117 - 0,094 = 0,023 \text{ мм;}$$

$$0,062 - 0,039 = 0,023 \text{ мм;}$$

$$0,023 = 0,023,$$

условие выполняется, припуски рассчитаны верно.

Схема расположения рассчитанных параметров представлена на рисунке 3.1

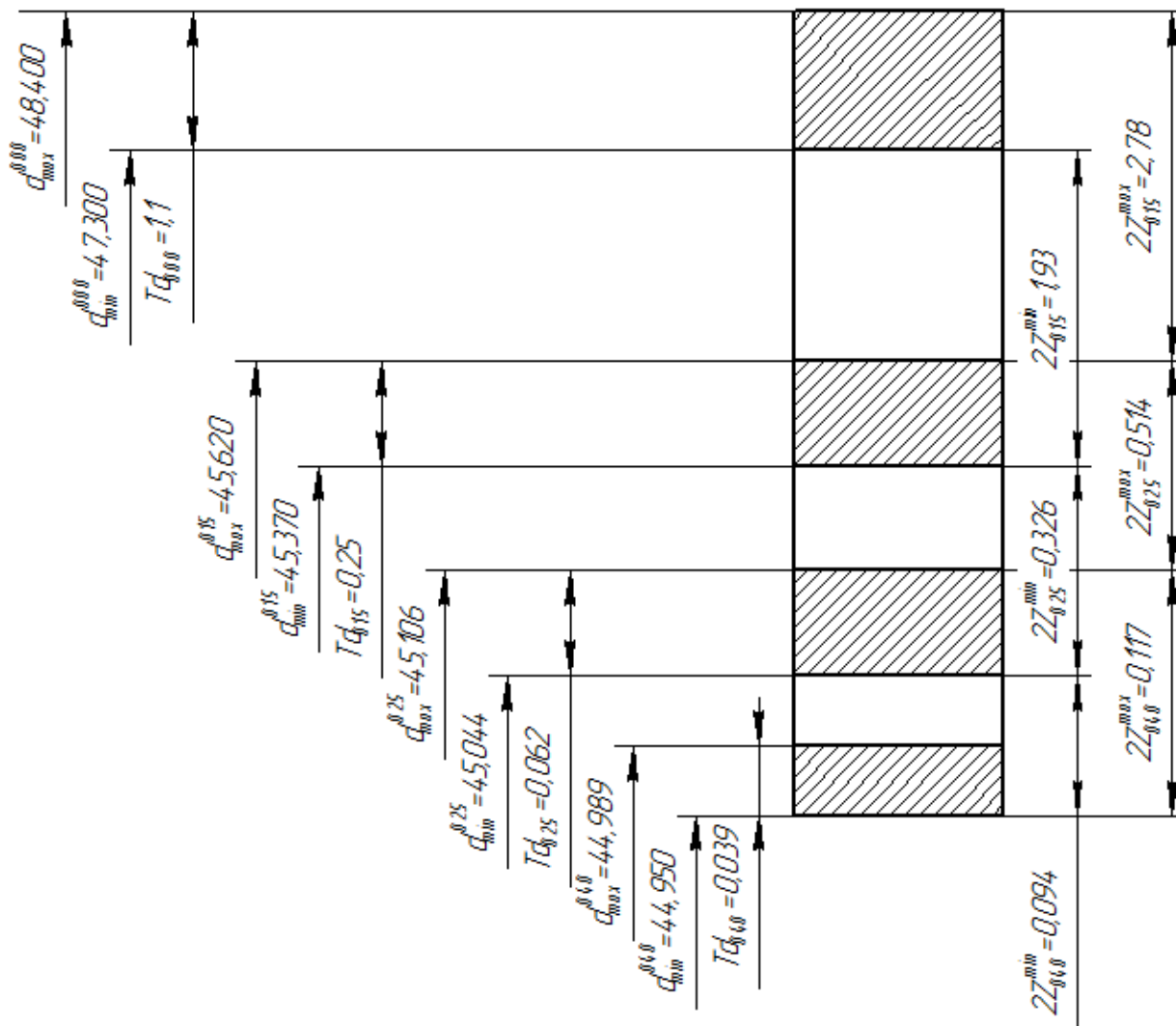


Рис. 3.1 – Схема расположения операционных размеров, допусков, и припусков на размер $\text{Ø} 45_{-0,089}^{-0,050}$

Припуски на остальные поверхности передней направляющей, а также других деталей протяжки, определены табличным методом, изложенным в [21].

Таблица 3.3 – Расчет припусков табличным методом

Операции	Поверхности	Припуск, мм
Хвостовик		
Тч – ТО	1, 3 – 5, 7, 8	0,45
Т – Тч – ТО – Ш	2	1,3 + 0,45 + 0,25
Тч – ТО – Ш	6	0,45 + 0,25

Продолжение таблицы 3.3

Операции	Поверхности	Припуск, мм
Т – Тч – ТО – Ш	9	1,6 + 0,45 + 0,25
Ф – Р – ТО – Ш	10	1,4 + 0,8 + 0,3
ФЦ – Р – РН – ТО	11	1,4 + 0,45
ФЦ – ТО	12	0,45
Ф – ТО	13 – 15	0,8
Р – ТО	16, 17, 19, 20	0,7
Р – ТО	18	0,7
ФЦ – ТО	21	-
Гайка		
Т – Ф – ТО	1	1,3
Ф – Т – ТО – Ш	2, 3	1,4 + 0,8 + 0,3
Т – Р – ТО	4	1,4 + 0,45
Ф – ТО	5	0,8
ФЦ – ТО	6, 7	-
Передняя направляющая		
Ф – Т – ТО – Ш	2, 3	1,4 + 0,8 + 0,3
П – ТО	4, 5	0,4
Т – ТО – Ш	6	0,45 + 0,25
ФЦ – ТО	7, 8	-
Секции 1 – 3		
Ф – ТО – 3	1 – 4	-
Ф – Т – ТО – Ш	5, 6	1,4 + 0,8 + 0,3
Ф – ТО	7 – 10, 15 – 22, 24 – 27	-
П – ТО	11, 12	0,4
Т – ТО – Ш	13	0,45 + 0,25
Ф – ТО	14, 23, 30, 31	0,8
ФЦ – ТО	28, 29	-
Секция 4		
Ф – ТО – 3	1 – 9	-
Ф – Т – ТО – Ш	10, 20	1,4 + 0,8 + 0,3
П – ТО	11, 12	0,4

Продолжение таблицы 3.3

Операции	Поверхности	Припуск, мм
Т – ТО – Ш	13	0,45 + 0,25
Ф – ТО	14 – 19	-
ФЦ – ТО	21, 22	-
Стержень		
Т – Тч – РН – ТО	1	1,6 + 0,45 + 0,25
ТО – ШФ	2, 3	0,4
Т – Тч – ТО – Ш	4, 13	2,2 + 0,5 + 0,3
Ф – Фч – ТО – Ш	5 – 11	1,2 + 0,8 + 0,4
Тч – ТО	12	-
Фч – ТО	14 – 19	-
Ф – Фч – ТО – Ш	20	1,4 + 0,8 + 0,3

3.6 Разработка технологических маршрутов

Основной задачей данного подраздела является разработка оптимальных технологических маршрутов, а именно таких последовательностей операций, которые смогут обеспечить получение готовых деталей из заготовок с наименьшими затратами. Важно отметить, что в разработку технологических маршрутов также входит определение схем базирования, поскольку именно они позволят обеспечить наименьшую погрешность при обработке на выбранном оборудовании.

Таблица 3.4 – Разработка технологических маршрутов деталей

№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
Хвостовик			
000	-	Заготовительная	-
005	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	Фрезерно- центровальная	10, 11, 12, 13, 21
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	9
015	Токарный СА500СФ3	Токарная чистовая	1 – 9

Продолжение таблицы 3.4

№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
020	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	14, 15
025	Токарный СА500СФ3	Расточная	10, 11, 16 – 20
030	Токарный СА500СФ3	Резьбонарезная	11
035	Печь шахтная	Термическая	все
040	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Круглошлифовальная	2, 6, 10
Гайка			
000	-	Заготовительная	-
005	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	2, 3
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	2, 3, 4, 6, 7
015	Токарный СА500СФ3	Токарная	1
020	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	5
025	Токарный СА500СФ3	Резьбонарезная	4
030	Печь шахтная	Термическая	все
035	Плоскошлифовальный 3Е721ВФ3-1	Плоскошлифовальная	2, 3
Передняя направляющая			
000	-	Заготовительная	-
005	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	2, 3
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	2, 3, 6, 7, 8
015	Токарный СА500СФ3	Токарная	1
020	Вертикально-протяжной 7Б64	Протяжная	4, 5
025	Токарный СА500СФ3	Токарная чистовая	1
030	Печь шахтная	Термическая	все

Продолжение таблицы 3.4

№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
035	Внутришлифовальный ЗМ227ВФ2	Внутришлифовальная	2, 3, 6
040	Круглошлифовальный ЗМ151Ф2	Круглошлифовальная	1
№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
Секции 1 – 3			
000	-	Заготовительная	-
005	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	5, 6, 14, 23
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	5, 6, 13, 28, 29
015	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	7 – 10, 15 – 18, 19 – 22, 24 – 27
020	Вертикально-протяжной 7Б64	Протяжная	11, 12
025	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	1 – 4, 30, 31
030	Печь шахтная	Термическая	все
035	Внутришлифовальный ЗМ227ВФ2	Внутришлифовальная	5, 6, 13
040	Станок заточный для протяжек ВЗ-605Ф4	Заточная	2, 3, 4
Секция 4			
000	-	Заготовительная	-
005	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Фрезерная	10, 14 – 20
№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	13, 21, 22
015	Вертикально-протяжной 7Б64	Протяжная	11, 12

Продолжение таблицы 3.4

№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
020	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Фрезерная	1 – 9
025	Печь шахтная	Термическая	все
030	Внутришлифовальный 3M227ВФ2	Внутришлифовальная	10, 13, 20
035	Станок заточный для протяжек ВЗ-605Ф4	Заточная	2 – 4, 6 – 9
Стержень			
000	-	Заготовительная	-
005	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	Фрезерно- центровальная	11, 20
010	Токарный СА500СФ3	Токарная	4, 13
015	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Фрезерная	5 – 10
020	Токарный СА500СФ3	Токарная чистовая	4, 11, 12, 13
025	Токарный СА500СФ3	Резьбонарезная	1
030	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Фрезерная чистовая	5 – 10, 14 – 20
035	Печь шахтная	Термическая	все
№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
040	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Шпоночно-фрезерная	2, 3
045	Круглошлифовальный 3M151Ф2	Круглошлифовальная	4, 13
050	Плоскошлифовальный 3E721ВФ3-1	Плоскошлифовальная	5 – 10, 20

3.7 Выбор технологических баз

На первых операциях изготовления деталей для базирования и закрепления заготовок применяются основные конструкторские базы, либо плоские поверхности. На дальнейших операциях используются центровые отверстия, либо указанные выше поверхности, что обеспечивает минимальную погрешность закрепления заготовок.

3.8 Выбор средств технологического оснащения

Основной задачей данного подраздела служит выбор необходимого вспомогательного оборудования, режущего инструмента и оснастки, в соответствии с выбранным типом производства, и способного обеспечить требования технологического процесса.

Оборудование, представленное на рынке на сегодняшний день, обладает высокой точностью и производительностью, что позволяет получать необходимые параметры, затрачивая при этом как можно меньшее операционное время. Это достигается возможностью совмещать несколько операций и применять сразу несколько инструментов.

Таблица 3.5 – Средства технологического оснащения при изготовлении деталей

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
Хвостовик				
005 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	Тиски станочные 100мм сталь, поворотные с закр. винтом, ход-125мм ГОСТ 16518-96 Патрон сверлильный ПС-06 В12 ГОСТ 2876-80	Сверло 26.0x286x165мм, Р6М5 Сверло центровочное ВК6М двухстороннее, тип А ГОСТ 14952-80 Фреза торцовая со вставными ножами ТТ21К9 ГОСТ 9413-80	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 Т15К6 трехгранная d _{вн} =4мм (01124) со стружколомом	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
015 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6 трехгранная dвн=4мм (01124) со стружколомом	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
020 Фрезерная	Вертикально- фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза торцовая со вставными ножами ТТ21К9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 80
025 Расточная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Резец расточной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Нутромер ГОСТ 160-80
030 Резьбонарезная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Державка резьбовая Prament SER 2525 M16 со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Нутромер ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
040 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Центр упорный №2	Круг шлифовальный ПП 16×40×6 25А	БВ 4100
Гайка				
005 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза торцовая со вставными ножами ТТ21К9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Резец расточной со сменной пластиной ТNММ - 220408 ВК8(В35)	Нутромер ГОСТ 160-80
015 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной ТNММ - 160304 Т15К6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
020 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Тиски станочные 100 мм, поворотные с винтом, ход- 80мм	Фреза торцовая со вставными ножами ТТ21К9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 80

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
025 Резьбонарезная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Державка резьбовая Prament SER 2525 M16 со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Нутромер ГОСТ 160-80
035 Плоскошлифовальная	Плоскошлифовальный 3E721ВФ3-1	Плита магнитная 630x320	Шлифовальный круг ПП 250×25×76 14А 25 СМ2	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
Передняя направляющая				
005 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза торцовая со вставными ножами ТТ21К9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Резец расточной со сменной пластиной TNMM - 220408 BK8(B35)	Нутромер ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
015 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
020 Протяжная	Вертикально-протяжной 7Б64	Патрон для протяжки	Протяжка шпоночная 8 D10×18×1025 (ширина шпонки × высота замка × длина) z=49 P6M5 (2405-1278)	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
025 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
035 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный 3М227ВФ2	Патрон 3-х кулачковый d=80мм, СТ-80П Дп=55Н7, прецизионный	Круг шлифовальный ПП 10×20×3 25А	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
040 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Центр упорный №2	Круг шлифовальный ПП 16×40×6 25А	БВ 4100
Секции 1 – 3				
005 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза цилиндрическая насадная	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Резец расточной со сменной пластиной TNMM - 220408 BK8(B35)	Нутромер ГОСТ 160-80
015 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза фасонная	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
020 Протяжная	Вертикально-протяжной 7Б64	Патрон для протяжки	Протяжка шпоночная 8 D10×18×1025) z=49 P6M5 (2405-1278)	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
025 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза фасонная	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
035 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный 3M227ВФ2	Патрон 3-х кулачковый d=80мм, СТ-80П Дп=55Н7, прецизионный	Круг шлифовальный ПП 10×20×3 25А	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
040 Заточная	Станок заточный для протяжек ВЗ-605Ф4	Тиски станочные 160мм поворотные, стальные с отк. винтом	Круг шлифовальный ПП 70×50×20 25А 25 СМ1	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68
Секция 4				
005 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза цилиндрическая насадная	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Резец расточной со сменной пластиной TNMM - 220408 ВК8(В35)	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
015 Протяжная	Вертикально-протяжной 7Б64	Патрон для протяжки	Протяжка шпоночная 8 D10×18×1025 (ширина шпонки × высота замка × длина) z=49 P6M5 (2405-1278)	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
020 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P13Ф3	Станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза фасонная	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
030 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный 3M227ВФ2	Патрон 3-х кулачковый d=80мм, СТ-80П Дп=55Н7, прецизионный	Круг шлифовальный ПП 10×20×3 25А	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
035 Заточная	Станок заточный для протяжек ВЗ-605Ф4	Тиски станочные 160мм поворотные, стальные с откр. винтом	Круг шлифовальный ПП 70×50×20 25А 25 СМ1	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
Стержень				
005 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	Тиски станочные 100мм сталь, поворотные с закр. винтом, ход-125мм ГОСТ 16518-96 Патрон сверлильный ПС-06 В12 ГОСТ 2876-80	Сверло 26.0x286x165мм, Р6М5 Сверло центровочное ВК6М двухстороннее, тип А ГОСТ 14952-80 Фреза торцовая со вставными ножами ТГ21К9 ГОСТ 9413-80	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80
010 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
015 Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза цилиндрическая насадная	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
020 Токарная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3 Центра вращающиеся №3	Резец проходной со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
025 Резьбонарезная	Токарный СА500СФ3	Патрон трехкулачковый d 100мм, 3-х кулачковый, конус Ф3	Державка резьбовая Prament SER 2525 M16 со сменной пластиной TNMM - 160304 T15K6	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
030 Фрезерная	Вертикально- фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза цилиндрическа я насадная	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61
040 Шпоночно- фрезерная	Вертикально- фрезерный 6P13Ф3	Тиски станочные 100 мм сталь, поворотные с откр. винтом, ход-80мм	Фреза шпоночная (8x46x14 мм; BK8; ц/х) GRIFF a350082	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

Продолжение таблицы 3.5

№ и название операции	Оборудование	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
045 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Центр упорный №2	Круг шлифовальный ПП 16×40×6 25А	БВ 4100
050 Плоскошлифовальная	Плоскошлифовальный 3Е721ВФ3-1	Плита магнитная 630х320	Шлифовальный круг ПП 250×25×76 14А 25 СМ2	Приспособление мерительное с индикатором по ГОСТ 5584-61

3.9 Разработка технологических операций

Режимы резания – один из главных параметров, воздействующих на показатели технологичности операций. Во время расчета учитывают такие факторы, как тип режущего инструмента, вид обработки поверхностей, а также технические возможности металлообрабатывающих станков.

Цель нормирования технологических операций – определение затрат по времени рабочего на производство количества продукции в единицу времени, либо затрат на производство одной единицы продукции за некоторое время для наиболее эффективной эксплуатации оборудования и получения необходимого количества изделий с наименьшими экономическими затратами.

Расчет режимов резания и нормирование операций произведены согласно методикам, изложенным в источниках [3,9]. Результаты разработки технологических операций при изготовлении хвостовика представлены в таблице 3.6.

В таблице используются следующие обозначения: S – подача, мм/об; V – скорость резания, м/мин; n – частота вращения, об/мин; * - поперечная подача, мм / двойной ход; T_0 – машинное время, мин, $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин.

Таблица 3.6 – Режимы резания при изготовлении хвостовика

Операции	Переходы	t	S	V	n	T_0	$T_{шт-к}$
Хвостовик							
005 Фрезерно-центровальная	1	0,8	0,01	200	1200	0,64	0,98
	2	13	0,01	200	1200		
010 Токарная	1	1,3	0,2	100	670	0,35	0,58
Операции	Переходы	t	S	V	n	T_0	$T_{шт-к}$
015 Токарная чистовая	1	-	-	-	-	1,24	1,91
	2	0,45	0,2	100	800		
020 Фрезерная	1	4,5	0,1	200	1200	0,48	0,74
	2	4,5	0,1	200	1200		
025 Расточная	1	0,45	0,2	100	800	0,71	1,09
040 Круглошлифовальная	1	0,25	3000	30	60	0,42	0,86
	2	0,25	3000	30	60		
	3	0,3	0,01*	30	60		

3.10 Выводы по разделу «Технологическая часть»

В ходе проектирования раздела «Технологическая часть» был произведен выбор типа производства, выбран вид получения заготовок, определены их геометрические параметры и стоимость. Рассчитан коэффициент использования материалов. Определены маршруты обработки деталей, рассчитан припуск аналитическим методом для одной из наиболее точных поверхностей – наружной цилиндрической поверхности передней направляющей; для остальных поверхностей деталей рассчитан табличным методом. Разработаны технологические маршруты изготовления составляющих протяжки, выбрано оборудование и средства технологического оснащения для их производства. Произведен расчет режимов резания и расчет норм времени на изготовление хвостовика. Таким образом, проведен весь объем работ по созданию технологических процессов изготовления деталей многогранной протяжки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Цель данного раздела – выявление основных производственных рисков, возникающих в процессе изготовления деталей сборной протяжки, поиск методов их предотвращения, а также обеспечение пожарной безопасности объекта, в котором будет налажено производство.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Паспорт технического объекта для изготовления деталей сборной протяжки в сокращенном виде для нескольких операций представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Паспорт технического объекта

№	Технологический процесс	Операция технологического процесса	Должность работника	Оборудование	Используемые материалы, вещества
Хвостовик					
1	Фрезерование чистовых баз	005 Фрезерно-центровальная	фрезеровщик	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	Сталь 40Х, СОЖ
2	Черновое точение цилиндрической поверхности	010 Токарная	токарь	Токарный СА500СФ3	Сталь 40Х, СОЖ
3	Нарезание внутренней резьбы	030 Резьбонарезная	токарь	Токарный СА500СФ3	Сталь 40Х, СОЖ
4	Шлифование цилиндрических поверхностей и торца	040 Шлифовальная	шлифовщик	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Сталь 40Х, СОЖ

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация производственных рисков проведена для операций хвостовика, приведенных выше в таблице 4.1. Результаты выполнения приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№	Технологическая операция	Производственный вредный и/или опасный фактор	Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора
1	005 Фрезерно-центровальная	«Высокая температура поверхности оборудования и материалов; движущиеся машины и механизмы; высокий уровень шума на рабочем месте, канцерогенные вещества» [10]	Заготовка хвостовика, фрезы, сверла, станок 2Г942.10, СОЖ
2	010 Токарная	«Движущиеся машины и механизмы; отлетающая стружка; высокий уровень шума на рабочем месте, канцерогенные вещества» [10]	Заготовка хвостовика, резец, станок СА500СФ3, СОЖ
3	030 Резьбонарезная	«Движущиеся машины и механизмы; отлетающая стружка; высокий уровень шума на рабочем месте, канцерогенные вещества» [10]	Заготовка хвостовика, резец, станок СА500СФ3, СОЖ
4	040 Шлифовальная	«Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону; движущиеся машины и механизмы; высокий уровень шума на рабочем месте, канцерогенные вещества» [10]	Заготовка хвостовика, шлифовальный круг, станок 3М151Ф2, СОЖ

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения рисков на отдельных операциях технологического процесса производства хвостовика представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Мероприятия, направленные на снижение и ликвидацию профессиональных рисков

№	Вредный и/или опасный производственный фактор	Мероприятия по снижению производственного фактора	СИЗ работника
1	«Высокая температура поверхности оборудования и материалов» [10]	«Охлаждение зоны обработки» [10]	«Перчатки полимерные» [10]
2	«Движущиеся машины и механизмы» [10]	«Защитные ограждения» [10]	-
3	«Высокий уровень шума на рабочем месте» [10]	«Антишумовая обработка участка обработки» [10]	«Наушники/беруши» [10]
4	«Отлетающая стружка» [10]	«Защитные ограждения» [10]	«Защитные очки, спецодежда» [10]
	«Канцерогенные вещества» [10]	«Использование веществ в минимальном количестве с автоматическим распылением и доставкой» [10]	«Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное» [10]
	«Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону» [10]	«Введение средств вентиляции рабочей зоны, использование пылесборников, ведение работ в отдаленной от человека зоне» [10]	«Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное» [10]

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Задачей данного раздела является определение источников потенциального возникновения пожара, определение его возможного класса и опасных факторов, а также разработка технических средств и методов по улучшению пожарной безопасности технического объекта. Результаты сведены в таблицы 4.4 – 4.6.

Таблица 4.4 – Идентификация опасных факторов пожара

№	Производственный участок	Оборудование	Категория пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	Участок механической обработки и	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	«Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [18]	«Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши» [18]	«Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок» [18]
2		Токарный СА500СФ3			
3		Токарный СА500СФ3			
4		Круглошлифовальный 3М151Ф2			

Таблица 4.5 – Выбор средств пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматики для пожаротушения
Огнетушители порошковые газовые, пенные; пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автоцистерны, пожарные автоподъемники, пожарные пеноподъемники, автомобили порошкового тушения, автомобили газоводяного тушения	Системы пенного пожаротушения, системы газового пожаротушения, системы порошкового пожаротушения	Приборы приемо-контрольные пожарные
Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Рукав пожарный напорно-всасывающий, пеногенератор ГПС-600, шкаф пожарный	КИМГЗ, набор перевязочных средств противоожоговых, УФМС «Шанс-Е»	Лом ЛПТ, топор Т-А2, веревка ВПС-30, крюк КП, лопатка ЛКО, мостки рукавные	Системы передачи извещений о пожаре, АУПС, дымовые пожарные извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Фрезерование	Хранение ветоши в специальных пожарных ящиках; Применение плавких предохранителей и автоматов в электроустановках станков	Использование систем передачи извещений о пожаре и пожарных сигнализаций, инструктажи по технике безопасности в соответствии с графиком, обеспечение необходимыми средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ
Точение		
Резьбонарезание		
Шлифование		

4.5 Обеспечение экологической безопасности промышленного объекта

Цель раздела – определение негативных факторов технологического процесса, воздействующих на окружающую среду, а также назначение мероприятий по борьбе с этими факторами.

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название производственного процесса	Структурные элементы производственного процесса	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, растительный покров)
Фрезерование	Фрезерно-центровальный 2Г942.10	испарения СОЖ, пыль	слив СОЖ в сточные воды	Хранение отходов в металлических контейнерах без дополнительной защиты
Точение	Токарный СА500СФ3			
Резьбонарезание	Токарный СА500СФ3			
Шлифование	Круглошлифовальный 3М151Ф2			

Поскольку рассмотренные операции обладают одинаковым набором экологических негативных воздействий, количество операций в нижеследующей таблице сокращено до одной; разработанные мероприятия применены ко всем необходимым операциям механической обработки.

Таблица 4.8 – Разработанные организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Шлифование
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установка фильтров с адсорбирующими гранулами
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Флотокомбайны для сточных вод с отстойниками
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор стружки с помощью специального стружкоотсоса, хранение стружки в герметичных контейнерах, с дальнейшей утилизацией

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В представленном разделе был произведен анализ технологического процесса изготовления деталей протяжки на примере отдельных операций изготовления хвостовика. В результате проделанной работы были определены профессиональные риски работников, предложены мероприятия по их снижению и ликвидации; определен уровень пожарной безопасности, выбраны средства оснащения пожарным инвентарем технического объекта, определен уровень экологического негативного воздействия на окружающую среду и предложены методы их предотвращения. Таким образом, технический объект является безопасным и экологичным.

5 Экономическая эффективность работы

Целью данного раздела служит расчет технико-экономических показателей создаваемых технологических процессов и определение таких параметров, как общие капитальные вложения; полная себестоимость изготовления деталей, включая сборку; чистая прибыль и срок окупаемости.

Поскольку полных аналогов подобных техпроцессов изготовления сборной протяжки не существует, экономический расчет проводится по проектируемому технологическому процессу, который подробно представлен в разделах 2 и 3. Для расчета экономических показателей потребуются следующие исходные данные:

1. Годовая программа выпуска готовой протяжки P_r составляет 10000 деталей в год, что соответствует среднесерийному типу производства;
2. Для изготовления деталей протяжки на различных операциях используются 6 станков с системой числового программного управления и 2 станка без системы ЧПУ;
3. Оснастка и инструмент, применяющиеся в производстве, указаны в таблице 3.5;
4. Заготовки, их метод получения, габариты, масса и себестоимость указаны в разделе 3.2;
5. Время, требующееся на производство изделий и на вспомогательные мероприятия, указано в разделе 3.9.

Для упрощения процесса экономических расчетов был применен пакет программного обеспечения Microsoft Excel и соответствующая методика, подробно описанная в [13]. Поскольку многогранная протяжка является сборным инструментом, и состоит из набора отдельных деталей, на диаграмме ниже показана структура капитальных вложений по каждому изделию



Рис. 5.1 – Капитальные вложения

Исходя из этих данных, общая стоимость капитальных вложений составляет 14789071, 97 руб.

Применяя методику [13] также была определена полная себестоимость каждой сборочной единицы, величина которых представлена на рисунке 5.2.

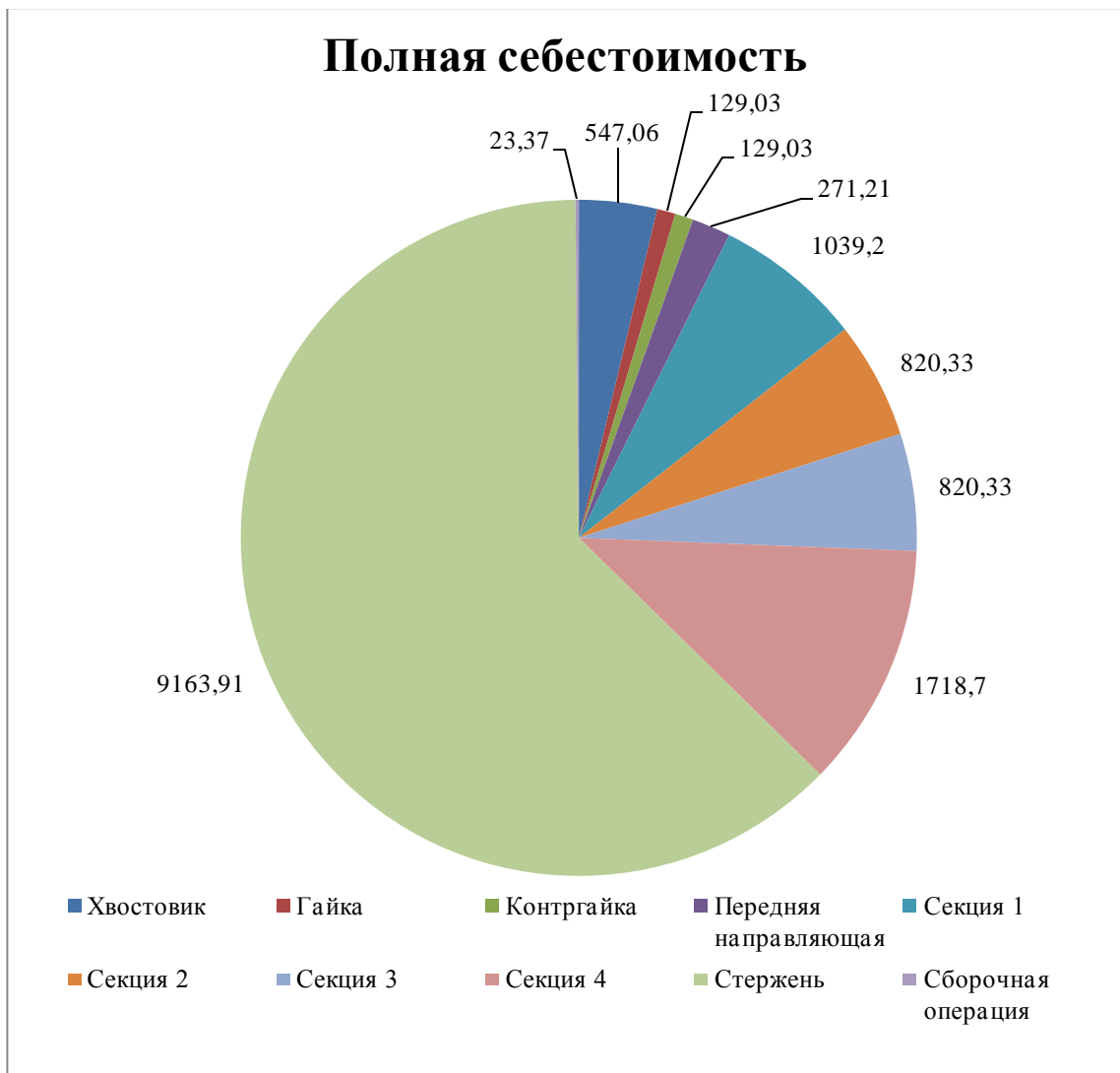


Рис. 5.2 – Полная себестоимость изготовления деталей

Учитывая количество и стоимость сборочных единиц, была определена полная себестоимость сборочной протяжки, которая составляет

$$C_{\text{полн}} = 547,06 + 2 \cdot 129,03 + 271,21 + 1039,2 + 2 \cdot 820,33 + 1718,7 + 9163,91 + 23,37 = 14662,17 \text{ руб.}$$

Результаты расчета других показателей эффективности приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты показателей эффективности внедрения предложения

№	Наименование показателей	Условное обозначение и единица измерения	Значение показателей
1	Ожидаемая прибыль	<i>П_{ож}, руб.</i>	36655425
2	Чистая прибыль	<i>П_{чист}, руб.</i>	29324340
3	Срок окупаемости	<i>Т_{ок}, лет</i>	2
4	Общий дисконтируемый доход	<i>Д_{общдиск}, руб.</i>	16538927,76
5	Чистый дисконтируемый доход	<i>ЧДД, руб.</i>	1749855,79
6	Индекс доходности	<i>ИД, руб.</i>	1,12

Анализируя результаты расчета, можно сделать вывод, что разработанный технологический процесс является эффективным. Об этом говорит положительное значение интегрального эффекта (он же – чистый дисконтируемый доход), а также индекс доходности (ИД), составляющий 1,12 руб., что соответствует рекомендуемым значениям.

Запуск проекта в производство обойдется в весьма солидную сумму, составляющую более 14 миллионов рублей, однако срок окупаемости составит 2 года, что по меркам машиностроительного производства сравнительно небольшой срок.

Таким образом, производство сборной многогранной протяжки, представленной в данной работе, является эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра было предложено сократить издержки при протягивании шестигранных отверстий за счет применения сборного инструмента с групповой схемой срезания припуска.

Было проведено обоснование проектирования такого типа инструментов: произведен вывод формул для определения значений площади снимаемого припуска, определена зависимость площади припуска от диаметра заготовленного отверстия. Это позволило провести оптимизацию параметров протяжки для выполнения условий прочности изделия в процессе работы. Разработана конструкция протяжки, определен состав и конфигурация деталей сборочной единицы.

В технологической части были разработаны заготовки деталей, определены их габариты и стоимость. Произведен расчет припуска, разработаны технологические маршруты изготовления. Выбраны станки и средства технологического оснащения.

Разработаны мероприятия по охране труда при изготовлении деталей, произведена оценка производственных рисков, пожарной и экологической безопасности и предложены методы по их снижению.

Определена экономическая эффективность запуска сборной протяжки в производство. При сроке окупаемости в два года чистая прибыль составит свыше 29 миллионов рублей.

Таким образом, цель, поставленная в начале работы, достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Araghizad A. E., Özlü E., Budak E. Geometrical Optimization of Broaching Tools by Leveling the Cutting Forces [Text] / A. E. Araghizad, E. Özlü, E. Budak – 8th International Symposium on Machining, 2017. – PP 2-3.
2. Chryssolouris George Manufacturing Systems: Theory and Practice [Text] / George Chryssolouris – Patras: Publishing University of Patras, 2005. – 603 pages.
3. <http://www.sandvik.coromant.com>
4. Smith Graham T. Cutting tool technology [Text] / T. Smith Graham – Southampton: Publishing Southampton Solent University, 2008. – 599 pages.
5. Tian W., Wells L. J., Camelio J. Broaching Tool Degradation Characterization Based on Functional Descriptors [Text] / W. Tian, L. J. Wells, J. Camelio – Proceedings of the 2016 Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2016, 2016. – PP 5-6.
6. Vogtel P., Klocke F., Lung D., Terzi S. Automatic Broaching Tool Design by Technological and Geometrical Optimization [Text] / P. Vogtel, F. Klocke, D. Lung, S. Terzi – 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '14, 2014. – PP 497-498.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев ; под редакцией И.Н. Жестковой. – 10-е изд., стер. – М.: Инновац. машиностроение, 2015. – Т. 1. – 927 с.
8. Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.
9. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов/ Ю.В. Барановский. - М.: Машиностроение, 1972. – 409 с.
10. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

11. ГОСТ 28442-90. Протяжки для цилиндрических, шлицевых и гранных отверстий. Технические условия. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.;
12. ГОСТ 4044-70. Хвостовики круглые для протяжек. – Введ. 1971-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 23 с.;
13. Зубкова Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 1-123 с
14. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Клепиков [и др.] - Москва: ИНФРА-М, 2017. – 295 с.
15. Пат. 2012454 Российская Федерация, МПК В23D 43/02. Сборная протяжка [Текст] / Погоцкий И.Н. ; заявитель и патентообладатель Погоцкий И.Н. – 5014787/08 ; заявл. 28.10.1991 ; опубл. : 15.05.1994, Бюл. № 28. – 3 с.
16. Пат. 2131334 Российская Федерация, МПК В23D 43/00. Сборная протяжка [Текст] / Бурочкин Ю.П., Лукьянов В.К.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Завод им. А.М. Тарасова". – 97113080/02 ; заявл. 31.07.1997 ; опубл. 10.06.1999, Бюл. № 14. – 3 с.
17. Пат. 2152852 Российская Федерация, МПК В23D 43/02. Сборная протяжка [Текст] / Бурочкин Ю.П., Игнатъев С.М.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Завод им. А.М. Тарасова". – 99111207/02 ; заявл. 26.05.1999 ; опубл. : 20.07.2000, Бюл. № 20. – 3 с.
18. Постановление правительства Российской Федерации от 21 декабря 1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
19. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс]: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. - Минск: Новое знание, 2013; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 269 с.

20. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». – Тольятти: ТГУ, 2015. – 140 с.

21. Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» / сост. Т.А. Желобова; Владим. гос. ун-т. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. – 52 с.

22. Резников Л.А. Проектирование протяжек для обработки цилиндрических отверстий: метод. указания / Л.А. Резников. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 10 с.

23. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : уч. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 208 с.

24. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – Машгиз, 1963. – 952 с.

25. Справочник инструментальщика-конструктора / В.И. Климов [и др.]. – М.; Свердловск : Машгиз, 1958. – 610 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Спецификация к сборочному чертежу

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			18.БР.ОТМП.199.00.000.СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3			18.БР.ОТМП.199.00.001	Хвостовик	1	
A4			18.БР.ОТМП.199.00.002	Гайка	2	
A4			18.БР.ОТМП.199.00.003	Передняя направляющая	1	
A3			18.БР.ОТМП.199.00.004	Секция №1	1	
A3			18.БР.ОТМП.199.00.005	Секция №2	1	
A3			18.БР.ОТМП.199.00.006	Секция №3	1	
A3			18.БР.ОТМП.199.00.007	Секция №4	1	
A3			18.БР.ОТМП.199.00.008	Стержень	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
B4				Шпонка призматическая ГОСТ 23360-78		
18.БР.ОТМП.199.00.000.СБ						
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб. Насов					Лист	Листов
Пров. Резников						1
Н.контр. Виткалов					ТГУ, ИМ, гр. ТМБ-1401	
Утв. Логинов						
Протяжка сборная многогранная						

Копировал

Формат А4