

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра Индустриальная инженерия

Тулегенов Улан Ержанович

Технологический процесс механической обработки крупного вала в среде
CAD/CAM

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5B071200 – Машиностроение

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева**

Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра Индустриальная инженерия

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

PhD д-ф, асс. профессор

_____ Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Технологический процесс механической обработки крупного вала
в среде CAD/CAM»

по специальности 5В071200 – Машиностроение

Выполнил

Тулегенов У.Е.

Научный руководитель

канд.тех.наук, профессор

_____ Аскаров Е.С.

« ____ » _____ 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра Индустриальная инженерия

5B071200 – Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

PhD д-ф, асс. профессор

_____ Арымбеков Б.С.

«_____» _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Тулегенову Улану Ержановичу

Тема: «Технологический процесс механической обработки крупного вала в среде CAD/CAM»

Утверждена приказом Ректора Университета № _____-б от «__» _____ 2019г.

Срок сдачи законченной работы «__» _____ 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1) Анализ детали

2) Чертеж вала

Краткое содержание дипломной работы:

а) Маршрутная карта

б) Технологический процесс механической обработки детали

в) Проектирование технологического процесса в среде CAD

Рекомендуемая основная литература 10 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ и изучение детали		
Разработка маршрутной карты		
Проектирование технологического процесса в среде CAD		

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с
указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль			

Научный руководитель _____ Аскаров Е.С.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Тулегенов У.Е.

Дата «___» _____ 2020 г.

АНДАТПА

Берілген дипломдық жобада тораптың құрастырылуы және тетікті өңдеудің технологиялық процессті жобалаудың жалпы көрінісі қарастырылады. Алынған мәліметтерге сай құрастыруға және өңдеуге техникалық талаптардың анализі жүргізіледі. Берілген шығару бағдарламасына сай өндірістің типі анықталынады, таңдау және дайындаманы жасау әдісінің негізделуі жүргізіледі. Тораптың құрастырылуының технологиялық сұлбасы жасалынады, сонымен қатар тетіктің жеке беттерінің маршрутты өңделуі және оны жалпы өңдеудің операционды технологиялар жасалынады. Тетік өңдеуінің технологиялық процессін жобалаудың жолында технологиялық процессті нормалау орындалады және ірі біліктің көлемді моделі жасалынады.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрена общая картина проектирования технологического процесса сборки узла и обработки деталей. На основе имеющихся данных проводится анализ технических требований на сборку и обработку. С учетом заданной программы выпуска определяется тип производства, производится выбор и обоснование метода изготовления заготовки. Разрабатываются технологические схемы сборки узла, так же маршрута обработки отдельных поверхностей детали и операционной технологии обработки ее, в общем. В ходе проектирования технологического процесса обработки детали, выполняется нормирование технологического процесса, а также создание объемной модели крупного вала.

ANNOTATION

In the given degree project the overall picture of designing of technological process of assemblage of knot and processing of details is considered. On the basis of the available data the analysis of technical requirements on assemblage and processing is carried out. Taking into account the set program of release the manufacture type is defined, the choice and a substantiation of a method of manufacturing of preparation is made. Technological schemes of assemblage of knot, as route of processing of separate surfaces of a detail and operational technology of its processing, in general are developed. During designing of technological process of processing of a detail, rationing technological process is carried out and creating a volumetric model of large shaft.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Исходные данные и назначение вала	8
1.1 Анализ конструкции детали на технологичность	8
2. Определение типа производства	10
2.1 Обоснование и выбор метода получения заготовки	10
2.2 Маршрутная технология механической обработки вала	13
2.3 Расчет припусков на обработку	13
2.4 Обоснование выбора оборудования режущего, мерительного инструмента и технологической оснастки	18
2.5 Расчет режимов резания аналитическим методом	19
2.6 Расчет режимов резания по нормативам	23
2.7 Расчет норм времени	26
3. Проектирование и разработка технологического процесса детали «Вал» с помощью САПР-программ КОМПАС – 3D	28
Заключение	31
Список использованной литературы	32
Приложение А	33
Приложение Б	36
Приложение В	37

ВВЕДЕНИЕ

Степень прогресса машиностроения – решающий фактор в развитии экономики государства. Самыми важными предпосылками форсирования развития экономики страны являются стремительный подъем производительности труда, рост эффективности производства, а также повышение качества продукции.

Применение самых передовых способов производства машин играют главную роль. Качество машин, долговечность, надежность и экономичность в использовании зависят как от безупречности ее конструкции, так же и от технологии изготовления.

Инженер-технолог является заключительным звеном в цепочке изготовления новой машины и от запаса его знаний и умений по большей части зависит ее качество.

Эти главные и основополагающие предпосылки определяют следующие основополагающие пути продвижения и улучшения технологии механообработки в отрасли машиностроения.

1. Усовершенствование, улучшение имеющихся и поиск новейших высокопродуктивных способов и методов выполнения быстро увеличившихся по объёму отделочных операций, для того, чтобы повысить точность обработки и сократить их трудоемкость.

2. Усовершенствование, улучшение имеющихся и поиск новейших высокопродуктивных процессов по реализации чистовых и получистовых операций с помощью металлического и абразивного режущего инструмента.

3. Комплексная механизация, а также автоматизирование технологических процессов на базе использования автоматических линий, автоматизированных и полуавтоматизированных станков, быстродействующей технологической оснастки, а также коллективных способов обработки, схожих по технологии деталей.

4. Улучшение процессов формообразования с помощью пластического деформирования, а также использование методов тонкого пластического деформирования для таких операций как отделка.

5. Улучшение электрохимических и электрофизических способов и методов обработки.

1 Исходные данные и назначение вала

Деталь, которая была выдана в качестве темы для дипломной работы является – вал.

Вал представляет из себя тело вращения, а также принадлежит к деталям типа «валы».

Поверхности с диаметром 45 и качеством точности js6 предназначаются для того, чтобы установить подшипники качения, и, следовательно, они являются основными поверхностями. Точность размеров определяются шестым качеством, потому что у подшипников нулевой класс точности. Чтобы обеспечить долговечность посадки и ресурса подшипников, а сами поверхности вала имеют высокий класс шероховатости $Ra = 0,8$ мкм.

Поверхности $\varnothing 42$, $\varnothing 45$, $\varnothing 47$ предназначаются для посадки зубчатых колес и представляют собой вспомогательные поверхности.

У вала имеются 3 закрытых шпоночных пазы. Эти шпоночные пазы применяются для того, чтобы передать момент колесам. Они должны иметь высокие требования для того, чтобы обеспечить возможность сборки вала с устанавливаемыми на него деталями и равномерного контакта поверхностей вала и непосредственно шпонки.

Отверстие M10-H7 имеет резьбу. Оно применяется для того, чтобы надежно фиксировать детали, которые прикрепляются к валу.

Другие же поверхности являются свободными и изготавливаются по четырнадцатому качеству точности.

Материал вала – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Механические свойства показаны в таблице 1.1. Химический состав стали представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88

$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	КСУ	НВ
МПа		%		Дж/см ²	
350	600	16	40	49	165–205

Таблица 1.2 – Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88

C	Mn	Si	Cr	P	S
				не более	
0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	0,1-0,25	0,035	0,035

1.1 Анализ конструкции детали на технологичность

Анализ технологичности конструкции вала будем выполнять в соответствии с рекомендациями, которые излагаются в [1], [2].

При токарной обработке можно использовать проходной резец, так как отсутствуют канавки и переходы с большой разницей обрабатываемых диаметров.

Помимо этого, можно заметить уменьшение диаметральных размеров шеек вала от середины к торцам, что существенно упрощает их обработку.

Нетехнологичным являются закрытые шпоночные пазы. Связано это с тем, что их обработка связана с использованием шпоночной фрезы, а также из-за того, что отсутствует возможность замены на другие инструменты. Маятниковая подача, на которой происходит фрезерование, усложняет весь процесс обработки, ввиду того, что поперечная подача происходит внутри самой детали и это ведет к тому, что инструмент быстро изнашивается и увеличиваются силы резания. Также нетехнологичными являются два шпоночных паза 12P9 и 13P9, так как для изготовления этих пазов необходима смена инструмента, это означает, что нужно использовать две разные фрезы, хотя это устраняется созданием двух пазов одинакового размера.

Благодаря конструкции вала можно совместить конструкторские, технологические и измерительные базы. Для базирования возможно применение центровых отверстий и наружных диаметров.

Проведя анализ технологичности детали с качественной стороны можно прийти к выводу, что деталь достаточно технологична. Из этого следует, что деталь можно получить без применения сложных и дорогостоящих видов и методов обработки, и, следовательно, больших затрат металла и материальных ресурсов.

2 Определение типа производства

В соответствии с таблицей 1 [1, с. 16] можно сделать вывод, что деталь с массой 3,5 кг и годовой программой выпуска $N=3600$ штук, ориентировочно, тип производства для детали будет – серийное.

Изобразим эскиз самой детали, а также обозначим на нем все элементарные поверхности (рис. 2.1), при этом определив шероховатость, качество и квалитет.

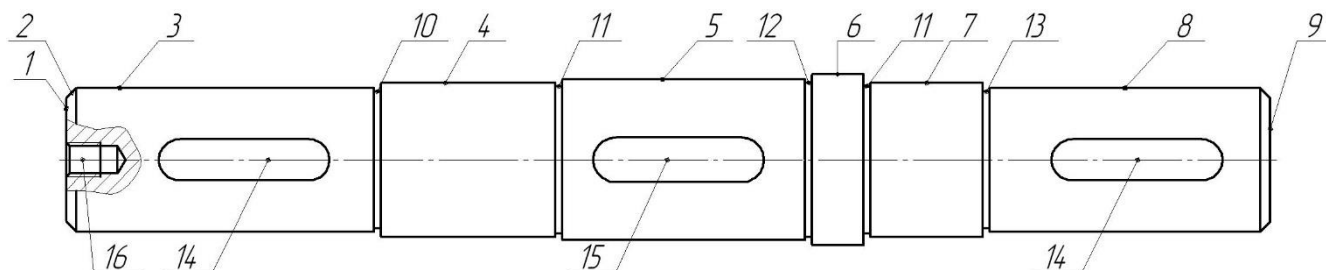



Рисунок 2.1 – Эскиз детали

Определим набор технологических переходов для получения требуемого качества элементарных поверхностей, пользуясь таблицей 3 [1, с. 150...153].

повер. 1, 2, 9 (IT14/2, Ra6,3) – точение однократное;
повер. 3, 5, 8 (h14, Ra3,2) – точение однократное;
повер. 4, 7 (js6, Ra0,8) – точение предварительное и чистовое, шлифование однократное;

повер. 6 (h14, Ra ) – не обрабатывается;

повер. 10,11,12,13 (h14, Ra6,3) – точение однократное;

повер. 14,15 (P9, Ra3,2) – фрезерование однократное;

повер. 16 (H7, Ra3,2) – центрование, сверление, зенкование, резьбонарезание.

2.1 Обоснование и выбор метода получения заготовки

Сделав анализ рабочего чертежа детали, можно сделать вывод, что диаметры ступеней вала немного отличаются друг от друга, а имеющие разницу в диаметрах 2,5 мм на сторону – незначительные линейные размеры. Данный факт позволяет предложить первый способ получения заготовки – из проката. Второй способ – методковки на прессе. Чтобы понять, какой способ получения заготовки более экономичен, необходимо сравнение масс заготовок, получаемых двумя методами и их себестоимость. Следовательно, будем сравнивать два способа получения заготовки для вала:

- из проката горячекатаного
- методковки на прессе.

1) Первый способ – из проката. Для начала определяем себестоимость заготовки из проката.

Себестоимость заготовки из проката определяется по формуле:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{мр}} + \sum C_{\text{оз}}, \quad (2.1)$$

где M – материальные затраты, т.тг;

$C_{\text{оз}}$ – технологическая себестоимость заготовительной операции.

Теперь нужно определить размеры проката.

Так как $\phi 50$ не обрабатывается (см. чертеж детали), следовательно, диаметр прутка будет равен: $D'_{3\text{min}} = 50^{+0,4}_{-1,0}$ мм.

Длину проката рассчитаем по формуле:

$$L_{3\text{min}} = L_{\text{дmin}} + 2Z_{0\text{min}}, \quad (2.2)$$

где $L_{\text{дmin}}$ – наименьшая предельная длина вала по чертежу, $L_{\text{дmin}} = 350,6$ мм [см. чертеж детали];

$2z_{0\text{min}}$ – минимальный общий припуск на обработку по диаметру, $2z_{0\text{min}} = 2 \cdot 2,5 = 5$ мм, [9, с. 192, таблица 3.73].

$$L_{3\text{min}} = 350,6 + 5 = 355,6 \text{ мм.}$$

Тогда длина прутка будет равна: $L'_{3\text{min}} = 356_{-1,4}$ мм.

Основные размеры заготовки приводим на рисунке 2.2.

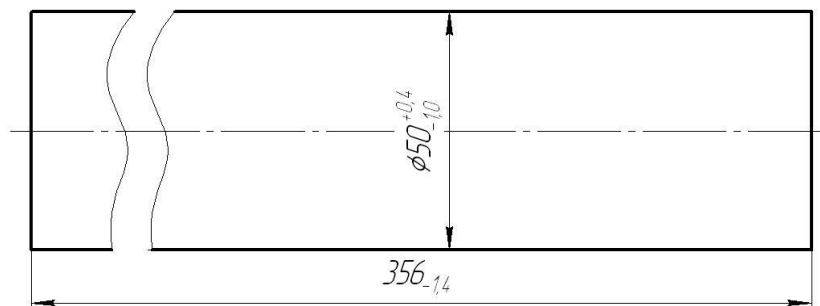


Рисунок 2.2 – Параметры заготовки из проката

Затраты на материал определяются по формуле:

$$M = Q \times S - (Q - q) \times S_{\text{отх}}, \quad (2.3)$$

где Q – масса заготовки, кг, которая определяется по формуле:

$$Q = \rho \times V = \rho \frac{\pi \times D^2}{4} \times L, \quad (2.4)$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³;

D – диаметр заготовки, $D = 50$ мм;

L – длина заготовки, $L = 356$ мм.

$$Q = 7,85 \times 10^{-6} \frac{3,14 \times 50^2}{4} \times 356 = 5,5 \text{ кг.}$$

q – масса детали, $q = 3,5$ кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, тг;

$S_{\text{отх}}$ – цена 1 кг отходов, тг;

$$S_{\text{пр}} = 5,5 \cdot 15000000/1000 - (5,5 - 3,5) \cdot 2800000/1000 = 76900 \text{ тг.}$$

Технологическая себестоимость:

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{пз}} \times t_{\text{шт}}}{60} \text{ тг,} \quad (2.5)$$

где $C_{\text{пз}} = 4854 \text{ тг./ч.}$ – затраты на рабочем месте;

$t_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции резки;

$$t_{\text{шт}} = \frac{L_{\text{рез}} + y}{S_{\text{м}}} \times \phi, \quad (2.6)$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания при разрезании проката на поштучные заготовки, $L_{\text{рез}} = D = 50 \text{ мм};$

y – величина врезания и перебега, $y = 6 \dots 8 \text{ мм};$

$S_{\text{м}}$ – минутная подача при разрезании $S_{\text{м}} = 60 \dots 80 \text{ мм/мин};$

ϕ – коэффициент, который показывает долю вспомогательного времени в штучном, $\phi = 1,85.$

$$t_{\text{шт}} = \frac{50+7}{70} \times 1,85 = 1,498 \text{ мин,}$$

$$C_{\text{оз}} = \frac{4854 \times 1,498}{60} = 122 \text{ тг,}$$

$$S_{\text{заг}} = 76900 + 122 = 77022 \text{ тг.}$$

2) Следующий вариант – методковки на прессе. Определяем себестоимость:

$$C = S_3 \times m_3 \times K_c \times (5000/N)^{0,15} \times K_m \times K_v, \quad (2.7)$$

где S_3 – стоимость 1 кг поковок; применяется для поковок, которые получаются на гидравлических прессах;

K_c – коэффициент сложности (для поковок с немного изменяющимся сечением – 1)

K_m – коэффициент материала (сталь высоколегированная – 0,9);

K_v – коэффициент массы заготовки – 0,7

$$C = 2500 \times 46 \times 1 \times (5000/1000)^{0,15} \times 0,9 \times 0,7 = 92232 \text{ тг.}$$

После этого нужно сопоставить два варианта. Они сравниваются по годовой экономии металла в зависимости от выбранного варианта заготовки:

$$\mathcal{E}_{\text{мет}} = (m_{z2} - m_{z1}) \times N, \text{ кг,} \quad (2.8)$$

где m_{z1} и m_{z2} – массы заготовок по первому и второму варианту;

N – годовой объем выпуска.

$$\mathcal{E}_{\text{мет}} = (5,5 - 4,6) \times 1000 = 900, \text{ кг}$$

Экономический эффект изготовления заготовки:

$$\mathcal{E} = (C_{z1} - C_{z2}) \times N, \quad (2.9)$$

где C_{z1} и C_{z2} – стоимость заготовки по первому и второму варианту.

$$\mathcal{E} = (92232 - 77022) \times 1000 = 15210000 \text{ тг}$$

Проведя расчеты можно сказать, что первый метод является более практичным и разумным и позволяет сэкономить 15210000 тенге. Расход материала

в этом методе наименьший. Заготовка детали выполняется методом проката, потому что иные методы получения заготовки получать являются нецелесообразными, в связи с большими габаритными размерами.

2.2 Маршрутная технология механической обработки вала

Полностью принятый вариант технологического маршрута обработки приводится в **приложении А**.

2.3 Расчет припусков на обработку

Рассчитаем припуски на обработку поверхности $\varnothing 47h14(-0,62)$ мм, а также припуски и промежуточные предельные размеры на поверхность $\varnothing 45js6(\pm 0,008)$ мм, используя [1].

Аналитически рассчитываем припуски на поверхность $\varnothing 47h14(-0,62)$. Заготовка вала получается прокатом. Полный маршрут обработки поверхностей состоит из однократного обтачивания.

В этом случае, припуски рассчитываются по формуле [1]:

$$2 \times z_{\min} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon^2}), \quad (2.10)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – высота микронеровностей, полученных на предшествующей операции;

T_{i-1} – глубина дефектного слоя, полученного на предшествующей операции;

ρ_{i-1} – пространственное отклонение, полученное на предшествующей операции;

ε – погрешность базирования на данной операции.

Следовательно, R_z и T для операций:

1) Заготовка

$$R_z = 150 \text{ мкм}, T = 150 \text{ мкм};$$

2) Черновое точение

$$R_z = 50 \text{ мкм}, T = 50 \text{ мкм}.$$

Рассчитываем пространственное отклонение ρ :

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \times L, \quad (2.11)$$

где Δ_k – удельная кривизна стержня, $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм, [1, с.71, табл. 4.8];

L – длина заготовки, $L = 356$ мм;

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} = 0,7 \times 356 = 249 \text{ мкм} = 0,249 \text{ мм}.$$

$$\rho_1 = 0,06 \times \rho_3, \quad (2.12)$$

$$\rho_1 = 0,06 \times 249 = 15 \text{ мкм.}$$

Определяем погрешность закрепления:

$$\varepsilon_1 = 100 \text{ мкм, [1, с.77, табл. 4.11].}$$

Рассчитываем припуск для однократного растачивания:

$$2 \times z_{\min 1} = 2 \times \left(150 + 150 + \sqrt{249^2 + 100^2} \right) = 2 \times 568 \text{ мкм.}$$

Касательно расчетного размера d_p , мм, для проката:

$$d_{p3ar} = 50 - 1,0 = 49.$$

Максимальные предельные размеры вычислим с помощью сложения допуска к округленному минимальному предельному размеру:

$$d_{\max 1} = 46,38 + 0,62 = 47.$$

$$d_{\max 3ar} = 49 + 1,4 = 50,4.$$

Предельное значение максимального припуска $2z_{\max}^{\text{пр}}$, мм, высчитывается как разность наибольших предельных размеров:

$$2z_{\max}^{\text{пр}} = 50,4 - 47 = 3,4.$$

Предельное значение минимального припуска $2z_{\min}^{\text{пр}}$, мм, высчитывается как разность наименьших предельных размеров:

$$2z_{\min}^{\text{пр}} = 49 - 46,38 = 2,62.$$

Рассчитаем общие припуски z_{\min} , z_{\max} , мм, суммируя промежуточные припуски:

$$z_{\min} = 2,62,$$

$$z_{\max} = 3,4.$$

Номинальный припуск $z_{\text{оном}}$, мм, в данном случае определяем с учетом несимметричного расположения поля допуска заготовки:

$$z_{\text{оном}} = z_{\min} + H_3 - H_d, \quad (2.13)$$

где H_3 – нижнее отклонение размера заготовки, мм;

H_d – нижнее отклонение допуска детали, мм;

$$z_{\text{оном}} = 2,62 + 1 - 0,62 = 3.$$

Тогда номинальный размер заготовки $d_{\text{зном}}$, мм, находим по формуле:

$$d_{\text{зном}} = 47 + 3 = 50.$$

Проверка правильности расчетов:

$$2z_{\text{max}}^{\text{пр}} - 2z_{\text{min}}^{\text{пр}} = 3,4 - 2,62 = 0,78,$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 1,4 - 0,62 = 0,78.$$

Технологический маршрут обработки поверхности $\varnothing 45 \text{js6} (\pm 0,008)$ мм состоит из чернового и чистового обтачивания, а также однократного шлифования. Обтачивание и шлифование производятся в самоцентрирующем патроне. [2]

Суммарное значение пространственных погрешностей ρ_3 , мм, принимаем равной величине рассчитанной выше:

$$\rho_3 = 0,249 \text{ мм}.$$

Остаточное пространственное отклонение $\rho_{\text{ост}}$, мкм, для чернового и чистового точения вычислим по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \times \rho_3, \quad (2.14)$$

где k_y – коэффициент уточнения формы, для чернового $k_y = 0,06$, для чистового $k_y = 0,04$.

После чернового обтачивания $\rho_{\text{ост1}}$:

$$\rho_{\text{ост1}} = 0,06 \times 249 = 15 \text{ мкм}.$$

После чистового обтачивания $\rho_{\text{ост2}}$:

$$\rho_{\text{ост2}} = 0,04 \times 249 = 10 \text{ мкм}.$$

Определяем погрешность закрепления:

$$\varepsilon_1 = 100 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = 50 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ мкм}.$$

Расчет минимальных значений межоперационных припусков z_{\min} , мм, производим по формуле (6.1).

Под черновое обтачивание:

$$2 \times z_{\min 1} = 2 \times (150 + 150 + \sqrt{249^2 + 100^2}) = 2 \times 568.$$

Под чистовое обтачивание:

$$2 \times z_{\min 2} = 2 \times (50 + 50 + \sqrt{15^2 + 50^2}) = 2 \times 152.$$

Под шлифование:

$$2 \times z_{\min 3} = 2 \times (30 + 35 + \sqrt{10^2 + 0^2}) = 2 \times 75.$$

Определим расчетный размер d_p , мм для каждого из переходов:

$$d_{p2} = 44,992 + 0,15 = 45,142,$$

$$d_{p1} = 45,142 + 0,304 = 45,446.$$

Для проката:

$$d_{\text{прокат}} = 50 - 1 = 49.$$

Максимальные предельные размеры вычислим с помощью сложения допуска к округленному минимальному предельному размеру:

$$d_{\max 3} = 44,992 + 0,016 = 45,008,$$

$$d_{\max 2} = 45,142 + 0,062 = 45,204,$$

$$d_{\max 1} = 45,45 + 0,62 = 46,07,$$

$$d_{\max \text{заг}} = 49 + 1,4 = 50,4.$$

Предельные значения максимальных припусков $2z_{\max}^{\text{пр}}$, мм, определяем как разность наибольших предельных размеров:

$$2z_{\max 3}^{\text{пр}} = 45,204 - 45,008 = 0,196,$$

$$2z_{\max 2}^{\text{пр}} = 46,07 - 45,204 = 0,866,$$

$$2z_{\max 1}^{\text{пр}} = 50,4 - 46,07 = 4,33.$$

Предельные значения минимальных припусков $2z_{\min}^{\text{пр}}$, мм, определяем как разность наименьших предельных размеров:

$$2z_{\min 3}^{\text{пр}} = 45,142 - 44,992 = 0,15,$$

$$2z_{\min 2}^{\text{пр}} = 45,45 - 45,142 = 0,308,$$

$$2z_{\min 1}^{\text{пр}} = 49 - 45,45 = 3,55.$$

Рассчитаем общие припуски z_{\min} , z_{\max} , мм, суммируя промежуточные припуски:

$$z_{\min} = 0,15 + 0,308 + 3,55 = 4,008,$$

$$z_{\max} = 0,196 + 0,866 + 4,33 = 5,392.$$

Номинальный припуск $z_{\text{оном}}$, мм, в данном случае определяем с учетом несимметричного расположения поля допуска заготовки по формуле:

$$z_{\text{оном}} = z_{\min} + H_3 - H_{\text{д}}, \quad (2.15)$$

где H_3 – нижнее отклонение поля допуска заготовки, $H_3 = 1$ мм;

$H_{\text{д}}$ – нижнее отклонение поля допуска детали, $H_{\text{д}} = 0,008$ мм;

$$z_{\text{оном}} = 4,008 + 1 - 0,008 = 5.$$

Тогда номинальный диаметр заготовки $d_{\text{зном}}$, мм

$$d_{\text{зном}} = 45 + 5 = 50.$$

Проверка правильности расчетов:

$$2z_{\max 3}^{\text{пр}} - 2z_{\min 3}^{\text{пр}} = 0,196 - 0,15 = 0,046,$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0,062 - 0,016 = 0,046$$

$$2z_{\max 2}^{\text{пр}} - 2z_{\min 2}^{\text{пр}} = 0,866 - 0,308 = 0,558,$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,62 - 0,062 = 0,558.$$

$$2z_{\max 1}^{\text{пр}} - 2z_{\min 1}^{\text{пр}} = 4,33 - 3,55 = 0,78,$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 1,4 - 0,62 = 0,78.$$

Проверка сошлась.

Все математические расчеты сведены в таблицу Б.1. Графическая часть припусков и допусков представлены на рисунке Б.2 в **Приложении Б**.

2.4 Обоснование выбора оборудования режущего и мерительного инструмента, технологической оснастки

Режущий инструмент, применяемый при обработке детали.

На всех операциях механической обработки вала используется стандартный инструмент, который представлен в ГОСТе.

В токарных станках используются резцы с механическим креплением МНП из твердого сплава - резец проходной черновой Т15К6, ГОСТ 26611–85, резец проходной чистовой ЦМ–332, ГОСТ 26611–85. Спецификой МНП является то, что при использовании, их необязательно затачивать. После того, как затупляется одна режущая грань, пластина разворачивается и вводится в работу другая грань. При повороте пластины верхняя часть режущая часть смещается от предыдущего положения. [7], [8]

Шпоночно-фрезерная операция осуществляется с помощью шпоночных фрез Ø12, Ø13 Р6М5 ГОСТ 9140–78, вертикально-сверлильная 025– с помощью сверла Ø9 Р6М5 ГОСТ 10903–77, метчика М10 ГОСТ 3266–81 и зенковки 2353–0127. На круглошлифовальной применяется круг 1 600×130×305 ГОСТ 2424-83.

Использование стандартного инструмента позволяет уменьшить затраты, а следовательно, уменьшить себестоимость детали.

Контрольные приспособления и инструменты, применяемые при изготовлении детали:

Для контроля шероховатости будем использовать образцы шероховатости, для того, чтобы проверить правильность выполнения размеров применим скобу СР 100 ГОСТ 11098-75, а также штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166. Для проверки шпоночного паза используем шаблон. Данные контрольные инструменты позволят в полной мере проверить контролируемые параметры, заданные чертежом детали.

Станочные приспособления, применяемые при обработке детали:

- на токарной и круглошлифовальной операциях используется самоцентрирующий патрон;

- на шпоночно-фрезерной и вертикально-сверлильной операциях будем использовать призмы, прижимы, а также упор.

2.5 Расчет режимов резания аналитическим методом

Выполним расчеты на режимы резания на две операции по эмпирическим формулам теории резания применяя формулы и данные из таблиц [3], [4].

Операция № 010 – токарная черновая и Операция № 015 – токарная чистовая.

В качестве заготовки выбирается прокат диаметром 50 мм.

а) Глубина резания, [3, таблица 38]:

Ø47мм – это размер, который получается после токарной черновой обработки (для наибольшей ступени вала, обрабатываемой на седьмом переходе), а Ø50 мм – это диаметр проката.

Глубина резания t равна:

$$t_7 = \frac{50 - 47}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Аналогично рассчитываем припуски на остальные переходы:

$$t_1 = t_4 = 2 \text{ мм; } t_2 = t_5 = 2 \text{ мм, } i=2; t_3 = t_6 = 1,8 \text{ мм.}$$

б) Назначаем подачу, [3, с. 266, таблица 11]:

$$S = 0,6 \dots 0,9 \text{ мм/об;}$$

[3, табл. 11, с. 266]

По паспорту станка 16K20 (на нем проводим токарную черновую операцию) выбираем $S = 0,8 \text{ мм/об}$ [1, с. 164]

в) Определим скорость резания $V_{\text{расч}}$, м/мин:

$$V_{\text{расч}} = \frac{C_v}{T^m \times S^y \times t^x} \times K_v, \quad (2.16)$$

где C_v – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал и показатели степеней подбираются по [3, таблица 17):

- для чернового точения $C_v = 340$; $x = 0,15$, $y = 0,45$, $m = 0,20$.

- для чистового точения $C_v = 420$; $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,20$.

T – стойкость инструмента, $T = 60$ мин. [3, таблица 14];

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

Определяем коэффициент K_v по формуле:

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv}, \quad (2.17)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{iv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{iv} = 1$ [3, таблица 6];

K_{pv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности, $K_{pv} = 0,8$ [3, таблица 6];

Значение коэффициента K_{mv} рассчитаем по формуле:

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \times \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.18)$$

где G_B – предел прочности, $G_B = 610$ МПа;

K_{Γ} – коэффициент, учитывающий группу стали, $K_{\Gamma} = 1,0$ [3, таблица 2];

n_v – показатель степени, $n_v = 0,9$ [3, таблица 2];

$$K_{mv} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \times 0,8 \times 1 = 0,96.$$

Тогда по формуле (8.1.1) скорость резания для каждого из видов точения:

$$V_{\text{черн}} = \frac{340}{60^{0,2} \times 0,8^{0,45} \times 1,5^{0,15}} \times 0,96 = 152,6 \text{ м / мин.}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{420}{60^{0,2} \times 0,25^{0,2} \times 0,2^{0,15}} \times 0,96 = 347,7 \text{ м / мин.}$$

г) Рассчитаем число оборотов шпинделя для наибольшего обрабатываемого диаметра:

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 152,6}{3,14 \times 60} = 971,5 \text{ об / мин;}$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 347,7}{3,14 \times 58} = 1910,5 \text{ об / мин;} \quad (2.19)$$

д) Определяем действительную скорость резания для каждого из видов точения:

$$V_{\text{чер}} = \frac{3,14 \times 50 \times 970}{1000} = 153 \text{ м / мин;}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \times 50 \times 1910}{1000} = 300 \text{ м / мин;}$$

е) Определим главную составляющую силы резания P_z , Н:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times v^n \times K_p, \quad (2.20)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал, $C_p = 300$ [3, таблица 22];

t – глубина резания, мм [3, таблица 38];

s – подача, мм/об [3, таблица 12];

v – скорость резания м/мин;

K_p – общий поправочный коэффициент на силу резания;

x – показатель степени, $x = 1,0$ [3, таблица 22];

y – показатель степени, $y = 0,75$ [3, таблица 22];

n – показатель степени, $n = -0,15$ [3, таблица 22];

K_p находим по формуле:

$$K_p = K_{mp} \times K_{фp} \times K_{γp} \times K_{λp}, \quad (2.21)$$

где K_{mp} – коэффициент, который учитывает влияние качество обрабатываемого материала;

$K_{фp}$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние геометрических параметров режущей части инструмента, $K_{фp} = 1$ [3, таблица 23];

$K_{γp} = 1,1$ [3, таблица 23];

$K_{λp} = 1$ [3, таблица 23];

Значение коэффициента K_{mp} рассчитаем по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

Тогда по формуле (8.1.6) общий поправочный коэффициент:

$$K_p = 0,85 \times 1 \times 1,1 \times 1 = 0,94;$$

Тогда по формуле (8.1.5) главная составляющая силы резания P_z , Н для каждого из видов точения:

$$P_{zчep} = 10 \times 300 \times 1,5^1 \times 0,8^{0,75} \times 125,7^{-0,15} \times 0,94 = 1732,8 \text{ Н},$$

$$P_{zчист} = 10 \times 300 \times 1,25^1 \times 0,2^{0,75} \times 347,7^{-0,15} \times 0,94 = 625,3 \text{ Н}.$$

ж) Определим эффективную мощность резания $N_э$, кВт, для каждого из видов точения по формуле:

$$N_э = \frac{P_z \times v}{1020 \times 60}, \quad (2.22)$$

$$N_{эчep} = \frac{1732,8 \times 125,7}{1020 \times 60} = 3,56 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{эчист}} = \frac{625,3 \times 347,7}{1020 \times 60} = 3,4 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя привода главного движения $N_{\text{ст}} = 10 \text{ кВт}$, мощность с учетом потерь по формуле:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{ст}} \times \eta, \quad (2.23)$$

где η - К.П.Д. привода станка.

$$N_{\text{п}} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Проверим условие для обеспечения обработки приводом станка:

$$N_{\text{э}} < N_{\text{п}}, 3,56 < 8 \text{ кВт.}$$

И получается, что привод станка обеспечивает обработку на заданных режимах резания.

Операция №030 – круглошлифовальная

Теперь находим скорость шлифовального круга $V_{\text{кр}}$, м/мин:

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{кр}}}{1000 \times 60}, \quad (2.24)$$

где D – диаметр круга, $D = 600 \text{ мм}$;

$n_{\text{кр}}$ – частота вращения круга, $n_{\text{кр}} = 1590 \text{ об/мин}$ [1, с. 174, табл. 4.16]

$$v_{\text{кр}} = \frac{3,14 \times 600 \times 1590}{1000 \times 60} = 49,9 \text{ м/мин.}$$

Вычисляем скорость резания по рекомендации [4, с. 173], $V_{\text{дет}} = 30 \text{ м/мин}$

Определяем рекомендуемую частоту вращения шпинделя n , мин^{-1} , по формуле:

$$n = \frac{1000 \times v_{\text{д}}}{\pi \times d}, \quad (2.25)$$

где d – диаметр обработки, $d = 45 \text{ мм}$;

$$n = \frac{1000 \times 30}{3,14 \times 45} = 212 \text{ мин}^{-1}.$$

Из-за того, что станок 3М151 имеет диапазон частоты вращения шпинделя от 50 до 500 мин⁻¹, принимается $n_{ст} = 200$ мин⁻¹.

Тогда действительная скорость резания V , м/с составит:

$$V = \frac{3,14 \times 45 \times 200}{1000} = 28,3 \text{ м/с.}$$

Поперечная минутная подача S_M , мм/мин, определяем по формуле, [4, с. 173]:

$$S_M = S_0 \times n_{ст}, \quad (2.26)$$

$$S_M = 0,002 \times 200 = 0,4 \text{ мм/мин.}$$

2.6 Расчет режимов резания по нормативам

Все расчеты производим по формулам и таблицам из [4].

Произведем подробный расчет режимов резания по нормативам для операции №020– шпоночно-фрезерной.

а) Глубина резания, [3, таблица 38]: $t_{прод1} = t_{прод3} = 5$ мм; $t_{вр1} = t_{вр3} = 12$ мм; $t_{прод2} = 5,5$ мм; $t_{вр2} = 13$ мм.

б) Рассчитаем длину рабочего хода $L_{р.х}$, мм, по формуле:

$$L_{р.х} = L_{рез} + y, \quad (2.27)$$

где $L_{рез}$ - длина резания, мм;

y - величина на подвод, врезание и перебег инструмента, мм [4, с. 303].

$$L_{р.х} = 50 + 0 = 50 \text{ мм;}$$

в) Назначим рекомендуемую подачу на один зуб фрезы по нормативам S_z , мм/зуб [4, с. 85]:- подача по нормативам $S_{z \text{ осевая}} = 0,009$ мм/зуб, $S_{z \text{ продольная}} = 0,026$ мм/зуб.

г) Определим скорость резания V_p , м/мин:

$$V_p = V_{табл} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (2.28)$$

где $V_{табл}$ - табличная скорость резания, м/мин [4, с.90];

K_1 - коэффициент, который зависит от размеров обработки, [4, с.90];

K_2 - коэффициент, который зависит от обрабатываемого материала, [4, с.91];

K_3 - коэффициент, который зависит от стойкости и материала заготовки, [5, с.91].

$$V_p = 23 \times 1 \times 0,7 \times 1,2 = 19,32 \text{ м/мин.}$$

д) Расчетная частота вращения фрезы n_p , мин^{-1} при обработке вычисляется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D}, \quad (2.29)$$

где V_p - расчетная скорость резания, м/мин;

D – диаметр инструмента, мм.

$$n_p = \frac{1000 \times 19,32}{\pi \times 13} = 473,3 \text{ мин}^{-1}.$$

е) Выбираем по паспортным данным станка 692М ближайшее меньшее значение частоты вращения шпинделя фрезы $n=450 \text{ мин}^{-1}$.

ж) Действительная скорость резания V , м/мин:

$$V_2 = \frac{\pi \times 13 \times 450}{1000} = 18,4 \text{ м/мин};$$

$$V_1 = V_2 = \frac{\pi \times 12 \times 450}{1000} = 17 \text{ м/мин.}$$

Операция № 025 – Вертикально-сверлильная.

а) Глубина резания

при центровании: $t_1 = 4,45$,

при сверлении отверстия: $t_2 = 3,5$ мм,

при зенковании фаски: $t_3 = 1,6$ мм,

при нарезании резьбы: $t_4 = 0,54$ мм.

б) Подача:

$S_1 = 0,04 \text{ мм/об}$; $S_2 = 0,16 \text{ мм/об}$; $S_3 = 0,06 \text{ мм/об}$; $S_4 = 1 \text{ мм/об}$.

в) Скорость резания:

$$V = V_{\text{табл.}} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (2.30)$$

где $V_{\text{табл.}}$ - табличная скорость, [4, с. 115];

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, [4, с. 116];

K_2 – коэффициент, который зависит от стойкости инструмента, [4, с. 116];

K_3 – коэффициент, который зависит от отношения длины резания к диаметру, [4, с. 116].

$$V_1 = 26 \times 1,15 \times 1,25 \times 1 = 37 \text{ м/мин.}$$

$$V_2 = 23 \times 1,15 \times 1,25 \times 1 = 33 \text{ м / мин.}$$

$$V_3 = 22 \times 1,15 \times 1,25 \times 1 = 32 \text{ м / мин.}$$

$$V_4 = 8 \text{ м / мин.}$$

г) Принимаем расчетное число оборотов шпинделя:

$$n_{\text{расч1}} = \frac{1000 \times V_{\text{расч1}}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 37}{3,14 \times 4,25} = 2674,8 \text{ об / мин,} \quad (2.31)$$

где D – диаметр обработки, мм;

$$n_{\text{расч2}} = \frac{1000 \times 33}{3,14 \times 9} = 1169,9 \text{ об / мин;}$$

$$n_{\text{расч3}} = \frac{1000 \times 32}{3,14 \times 12} = 839,3 \text{ об / мин;}$$

$$n_{\text{расч4}} = \frac{1000 \times 8}{3,14 \times 10} = 254,8 \text{ об / мин;}$$

д) Паспортное число оборотов, /1, с.163/

$$n_{\text{пасп1}} = 1000 \text{ об/мин; } n_{\text{пасп2}} = 2000 \text{ об/мин;}$$

$$n_{\text{пасп3}} = 800 \text{ об/мин; } n_{\text{пасп4}} = 250 \text{ об/мин.}$$

е) Определяем действительную скорость резания:

$$V_{\text{действ.1}} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{пасп}}}{1000} = \frac{3,14 \times 8,89 \times 2000}{1000} = 55,9 \text{ м / мин;} \quad (2.32)$$

$$V_{\text{действ.2}} = \frac{3,14 \times 9 \times 1000}{1000} = 28,3 \text{ м / мин.}$$

$$V_{\text{действ.3}} = \frac{3,14 \times 12 \times 800}{1000} = 30,1 \text{ м / мин.}$$

$$V_{\text{действ.4}} = \frac{3,14 \times 10 \times 250}{1000} = 7,9 \text{ м / мин.}$$

ж) Определяем мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{N_{\text{табл}} \times K_N \times V}{100} = \frac{4,7 \times 0,9 \times 55,9}{100} = 2,36 \text{ кВт.} \quad (2.33)$$

Проверяем выполнение условия $N_{рез} \leq N_{станка}$ для вертикально-сверлильного станка 2Н135:

$$N_{станка} = 10 \text{ кВт} > 2,36 \text{ кВт}.$$

Условие выполняется, следовательно, обработка возможна.

2.7 Расчет норм времени

Выполняем расчеты нормы времени для операций, на которые рассчитаны режимы резания в разделе 8 пользуясь формулами приведенными в [1], [6].

Рассчитаем штучное время $t_{шт}$, мин:

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд}, \quad (2.34)$$

где t_o – основное время, мин;

t_v – вспомогательное время, мин;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$t_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, мин;

Вспомогательное время t_v , мин:

$$t_v = (t_{ус.} + t_{з.о} + t_{уп.} + t_{из.}) \times k, \quad (2.35)$$

где $t_{ус.}$ – время на установку и снятие детали, мин (прилож. 5 табл. 5.3 [1]);

$t_{з.о}$ – время на закрепление и открепление детали, мин (прилож. 5 табл. 5.7 [1]);

$t_{уп.}$ – время на приемы управления станком, мин (прилож. 5 табл. 5.8 и табл. 5.9 [1]);

$t_{из.}$ – время на измерение детали, мин (табл. 5.16 [1]);

k – поправочный коэффициент, $k = 1,85$ [1];

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (2.36)$$

где $t_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время, мин

n – число деталей в партии, $n = 86$ шт. (см. раздел 3).

Операция № 010 – токарная черновая.

Основное время для всей операции t_o , мин:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (2.37)$$

$$t_o = \frac{L}{S \times n} \times i = \frac{l + l_1 + l_2}{S \times n} \times i, \quad (2.38)$$

$$t_{01} = t_{04} = \frac{1,5 + 25 + 1,5}{0,8 \times 800} = 0,044 \text{ мин.},$$

$$t_{02} = \frac{1,5 + 84}{0,8 \times 800} 2 = 0,267 \text{ мин.},$$

$$t_{03} = \frac{1,5 + 35}{0,8 \times 800} = 0,057 \text{ мин.},$$

$$t_{05} = \frac{1,5 + 92}{0,8 \times 800} 2 = 0,292 \text{ мин.},$$

$$t_{06} = \frac{1,5 + 53}{0,8 \times 800} = 0,085 \text{ мин.},$$

$$t_{07} = \frac{1,5 + 73}{0,8 \times 800} = 0,116 \text{ мин.}$$

$$t_o = 0,044 + 0,267 + 0,057 + 0,044 + 0,292 + 0,085 + 0,116 = 0,905 \text{ мин.}$$

Вычисляем вспомогательное время t_v , мин:

$$t_v = (0,13 + 0,024 + 0,075 + 0,18) \times 1,85 = 0,757 \text{ мин.}$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места берется по таблице 5.2 [1]

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,06 \times t_{\text{оп.}}, \quad (2.39)$$

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,06 \times 1,662 = 0,1 \text{ мин.},$$

$$t_{\text{шт}} = 0,905 + 0,757 + 0,1 = 1,762 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $t_{пз} = 13$ мин, [1, 195].

Следовательно штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,762 + \frac{13}{86} = 1,901 \text{ мин.}$$

Расчеты норм времени всех остальных последующих операций приведены в **приложении В**.

3 Проектирование и разработка технологического процесса детали «Вал» с помощью САПР-программ КОМПАС – 3D

Первым делом производится операция токарная черновая (рисунок 3.1).

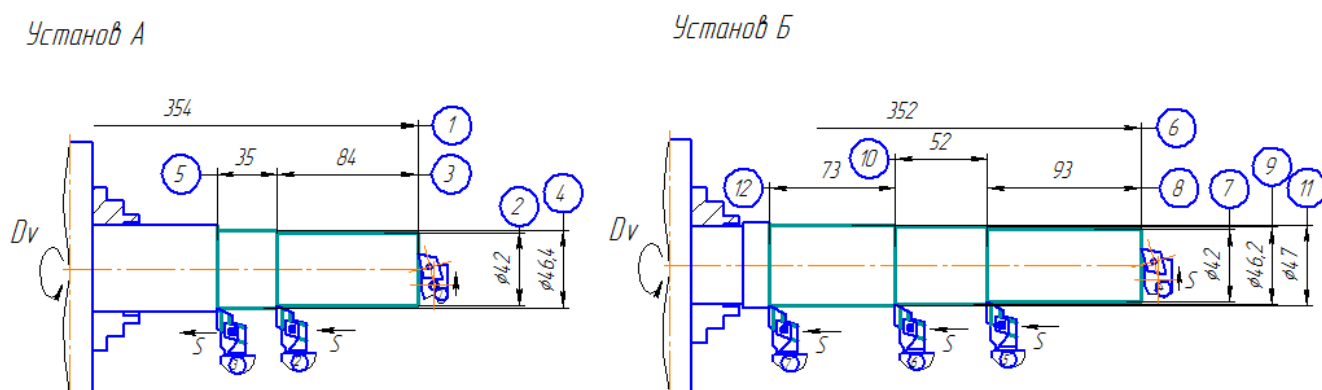


Рисунок 3.1 – Операция токарная черновая

Установ А

1. Подрезать торец, выдерживая размер 1
2. Точить поверхность, выдерживая размеры 2,3
3. Точить поверхность, выдерживая размеры 4,5

Установ Б

4. Подрезать торец, выдерживая размер 6
5. Точить поверхность, выдерживая размеры 7,8
6. Точить поверхность, выдерживая размеры 9,10
7. Точить поверхность, выдерживая размеры 11,12

Следующий этап – операция токарная чистовая, чертеж которой показан на рисунке 3.2.

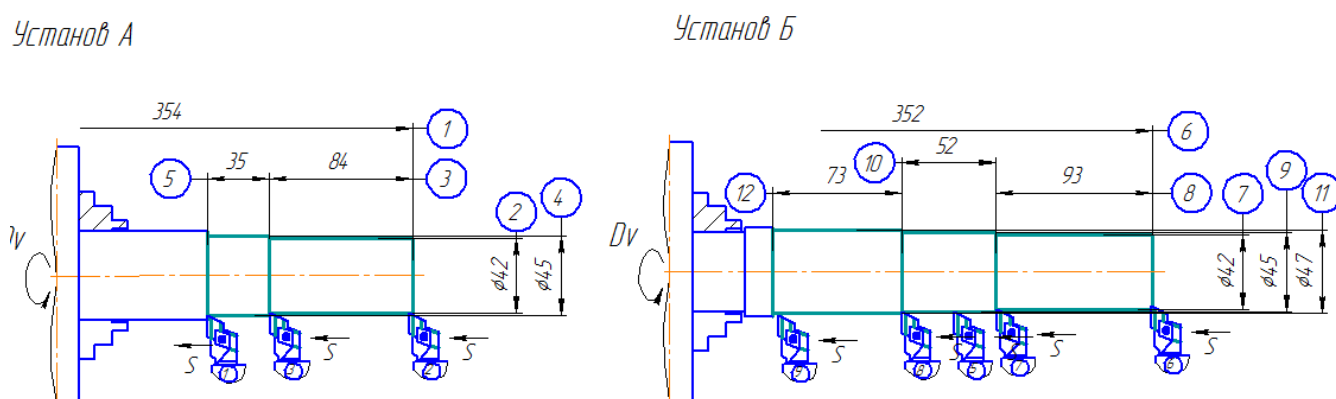


Рисунок 3.2 – Операция токарная чистовая

Установ А

1. Точить начисто поверхность, выдерживая размер 1
2. Точить фаску 3x45°, выдерживая размеры 2,3

3. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 40$
4. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 43$
- Установ Б
5. Точить начисто поверхность, выдерживая размеры 7,8
6. Точить фаску 3x45° на $\varnothing 42$, выдерживая размеры 9,10
7. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 40$.
8. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 43$.
9. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 45$.

Далее следует операция шпоночно-фрезерная, чертеж которой указан на рисунке 3.3.

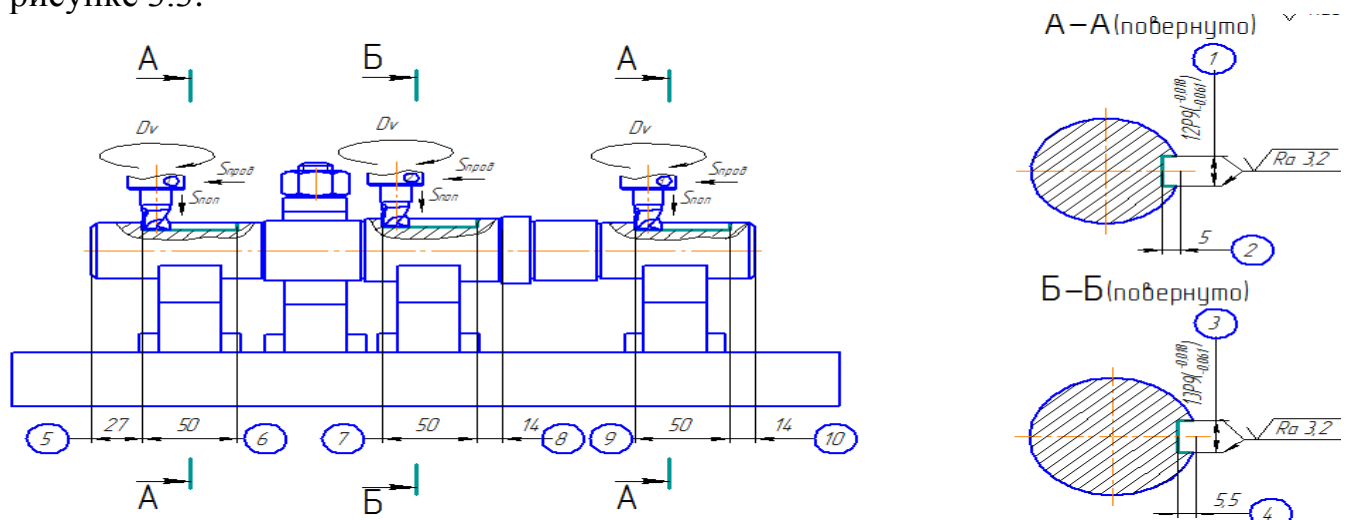


Рисунок 3.3 - операция шпоночно-фрезерная

1. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 1,2,5,6
2. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 3,4,7,8
3. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 1,2,9,10

После этого идет операция вертикально-сверлильная, чертеж которой показан на рисунке 3.4.

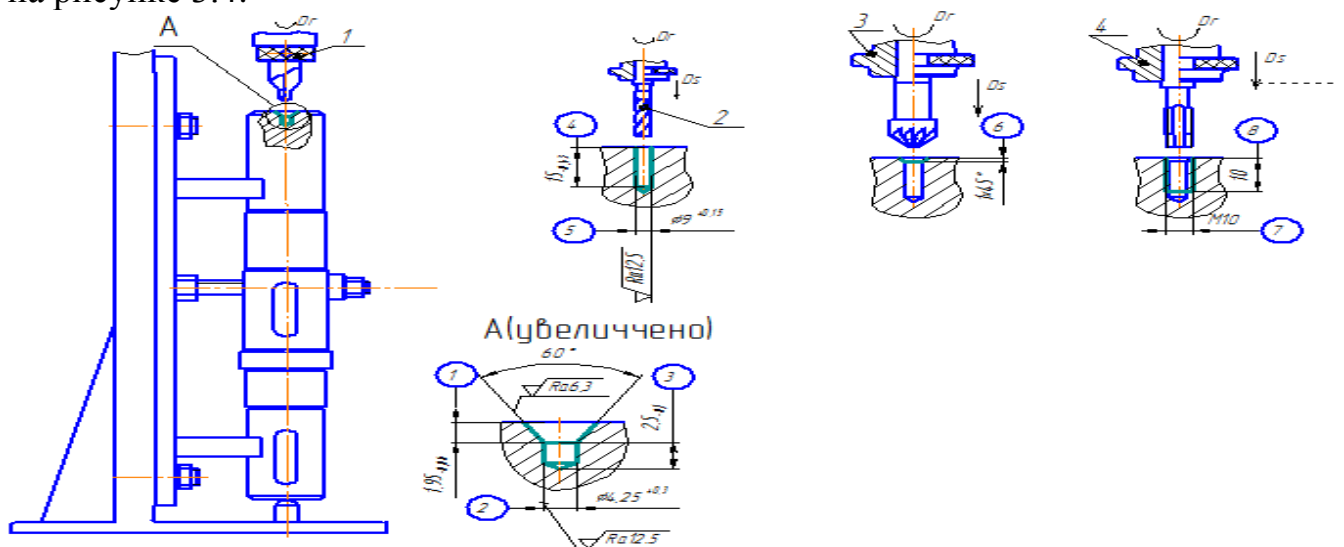


Рисунок 3.4 – Операция вертикально-сверлильная

1. Центровать, выдерживая размеры 1-3
2. Сверлить, выдерживая размеры 4,5
3. Зенковать, выдерживая размер 6
4. Нарезать резьбу, выдерживая размеры 7,8

Последняя операция круглошлифовальная, чертеж которой показан на рисунке 3.5.

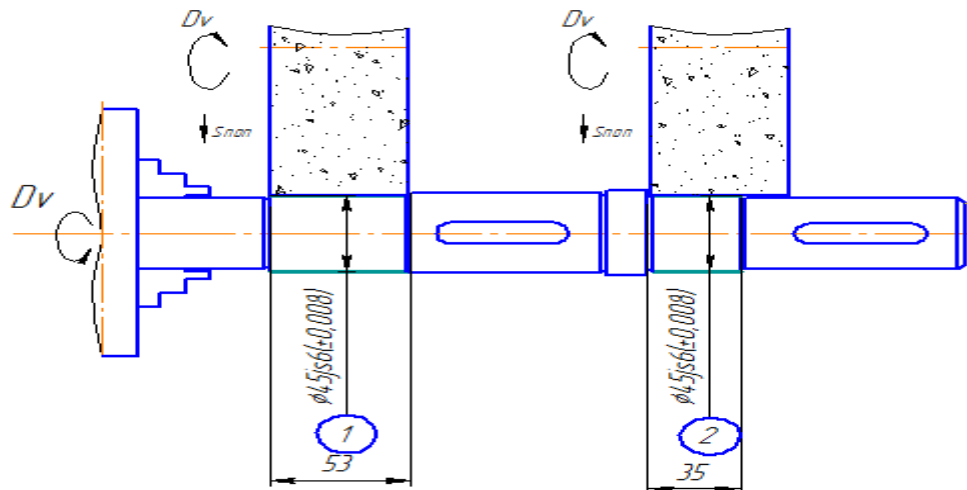


Рисунок 3.5 – Операция круглошлифовальная

1. Шлифовать, выдерживая размеры 1
2. Шлифовать, выдерживая размеры 2

После завершения всех вышеуказанных операций, из заготовки получаем ступенчатый вал, 3D модель, которой указан на рисунке 3.6.

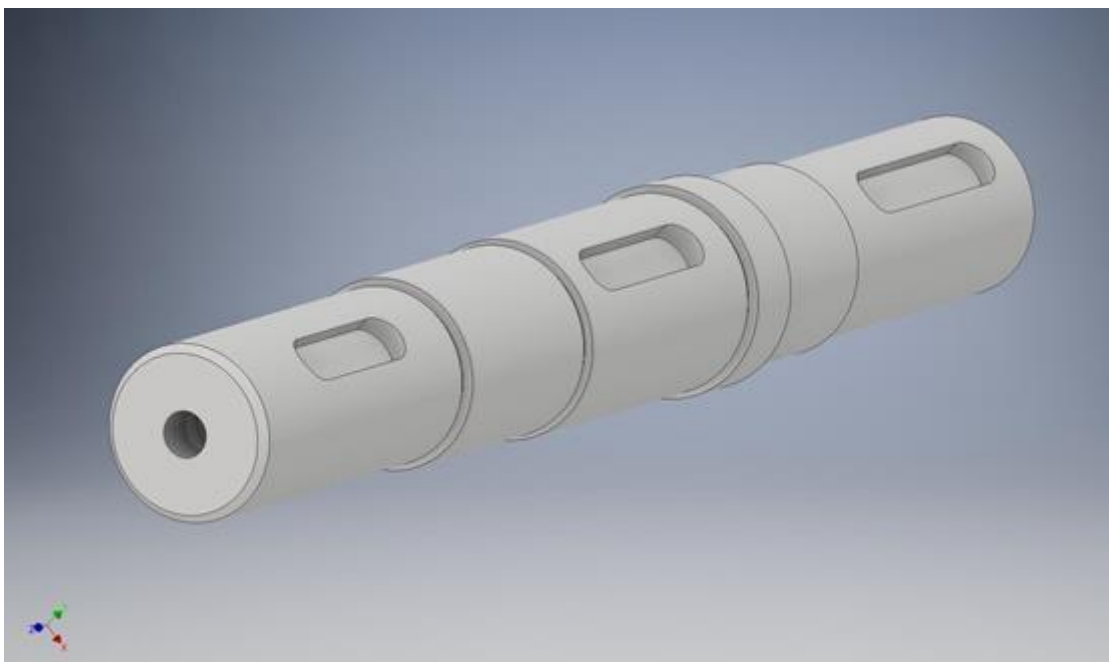


Рисунок 3.6 – 3D модель ступенчатого вала

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной дипломной работы был изучен и представлен технологический процесс вала с использованием CAD/CAM. Выполнен непосредственно анализ на технологичность конструкции детали, с учетом типа производства и метода выполнения работ.

Основой дипломной работы является подробно и детально разработанная технологическая часть. Решение всех остальных частей работы производится на основании данных и требований технологического процесса.

В данной работе был разработан технологический процесс механической обработки вала, причём процесс происходил так, чтобы затраты на него были как можно минимальными, а непосредственно сам вал был обязан отвечать всем требованиям, предъявляемым к ней.

В работе выполнены расчётная и графическая часть. В расчётной части поэтапно был разработан весь процесс – определение типа производства, расчет припусков, режимов резания и т.д. В графической части идет обобщение всех расчётов, а также были показаны технологические операции графически. Помимо этого, происходит показ выбранного технологического маршрута на маршрутных и операционных картах, операционных эскизах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред – Мн.: Выш. школа, 1983-256 с.
- 2 Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова; под общ. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
- 3 Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова; под общ. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
- 4 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник/Ю.В. Барановский; под ред. Ю.В. Барабановского – М.: Машиностроение, 1972-407 с.
- 5 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя/А.Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 1992 – 460 с.
- 6 Казаков Н.Ф., Мартынов Г.А. Технология пищевого машиностроения. М.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
- 7 Справочник технолога-машиностроителя/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Том 1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 8 Основы технологии машиностроения/ Под ред. В.С. Корсакова – М.: Машиностроение, 1977.
- 9 Амиров. Ю.Д. Технологичность конструкции изделия/Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990.
- 10 Белькевич Б.А., Тимашков В.Д. Справочное пособие технолога машиностроительного завода – Минск: Беларусь, 1972.

Приложение А

Таблица А.1 – Маршрут обработки детали

Операция	t _{шт-к} , МИН	m _p	P	η _{з.ф.}	O
1	2	3	4	5	6
010-Токарная черновая Установ А 1. Подрезать торец $\varnothing 42$. 2. Точить начерно поверхность $\varnothing 42$ на длину 84. 3. Точить начерно поверхность $\varnothing 45$ на длину 35. Установ Б 4. Подрезать торец $\varnothing 42$. 5. Точить начерно поверхность $\varnothing 42$ на длину 92. 6. Точить начерно поверхность $\varnothing 45$ на длину 53. 7. Точить начерно поверхность $\varnothing 47$ на длину 73.	5,657	0,105	1	0,105	7,60
015 – Токарная чистовая Установ А 1. Точить начисто поверхность $\varnothing 45$ на длину 35. 2. Точить фаску $3 \times 45^\circ$ на $\varnothing 42$. 3. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 40$. 4. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 43$. Установ Б 5. Точить начисто поверхность $\varnothing 45$ на длину 53. 6. Точить фаску $3 \times 45^\circ$ на $\varnothing 42$. 7. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 40$. 8. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 43$. 9. Точить канавку шириной 3 $\varnothing 45$.	2,239	0,042	1	0,042	19,20
020-Шпоночно-фрезерная 1. Фрезерование шпоночного паза ($b = 12P9$, $L = 50$). 2. Фрезерование шпоночного паза ($b = 13P9$, $L = 50$). 3. Фрезерование шпоночного паза ($b = 12P9$, $L = 50$).	10,979	0,204	1	0,204	3,91
025- Вертикально-сверлильная 1. Центрование отв. $\varnothing 4,25$. 2. Сверление отверстие $\varnothing 9$. 3. Зенкование фаски $1 \times 45^\circ$. 4. Нарезание резьбы в отв. M10-H7	0,901	0,017	1	0,017	47,72
030- Круглошлифовальная 1. Шлифовать поверхность $\varnothing 45$ на длину 35. 2. Шлифовать поверхность $\varnothing 45$ на длину 53.	1,082	0,020	1	0,020	39,72
Итого			5		118,15

Рассчитаем штучно-калькуляционное время $T_{шт-к}$ для операции №010 - Токарной черновой.

Определим основное время для каждого перехода:

Продолжение приложения А

$$T_{01} = 0,037(D^2 - d^2) = 0,037 \times (42^2 - 0^2) \times 10^{-3} = 0,065 \text{ мин}, \quad (\text{A.1})$$

где $D-d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца, мм.

$$T_{02} = 0,17dl = 0,17 \times 42 \times 84 \times 10^{-3} = 0,6 \text{ мин}, \quad (\text{A.2})$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;
 l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

$$T_{03} = 0,17dl = 0,17 \times 45 \times 35 \times 10^{-3} = 0,268 \text{ мин},$$

$$T_{04} = 0,037(D^2 - d^2) = 0,037 \times (42^2 - 0^2) \times 10^{-3} = 0,065 \text{ мин},$$

$$T_{05} = 0,17dl = 0,17 \times 42 \times 92 \times 10^{-3} = 0,657 \text{ мин},$$

$$T_{06} = 0,17dl = 0,17 \times 45 \times 53 \times 10^{-3} = 0,405 \text{ мин},$$

$$T_{07} = 0,17dl = 0,17 \times 47 \times 73 \times 10^{-3} = 0,583 \text{ мин},$$

Штучно-калькуляционное время $T_{\text{шт-к}}$, мин, найдем по формуле, [1, с. 147]

$$T_{\text{шт-к}} = \sum T_0 \times \varphi_k, \quad (\text{A.3})$$

где φ_k – коэффициент, [1, с. 147, приложение 1].

$$T_{\text{шт-к}} = (0,065 + 0,6 + 0,268 + 0,065 + 0,657 + 0,405 + 0,583) \times 2,14 = 5,657 \text{ мин}.$$

Для остальных операций штучно-калькуляционное время $T_{\text{шт-к}}$ определяется аналогично.

Определяем расчетное количество станков m_p по формуле:

$$m_p = \frac{N \times t_{\text{шт-к}}}{60 \times F_d \times \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (\text{A.4})$$

где N – годовой объем выпуска деталей, $N = 3600$ шт.;

$t_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время;

F_d – действительный фонд времени, $F_d = 4029$ ч, [1, с. 22, табл. 2.1];

Продолжение приложения А

$\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования, $\eta_{з.н.} = 0,8$ [1, с. 22].

Фактический коэффициент загрузки рабочего места $\eta_{з.ф.}$ вычисляется по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (A.5)$$

где P – принятое количество станков.

Количество операций O , выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (A.6)$$

Определим коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (A.7)$$

$$K_{з.о.} = \frac{118,15}{5} = 23,63.$$

По ГОСТ 3.1121-84 рассчитанному коэффициенту закрепления операций соответствует мелкосерийный тип производства ($K_{з.о.} = 20 \dots 40$). [9], [10]

Рассчитывается размер партии деталей по формуле:

$$n = \frac{N \times a}{m}, \quad (A.8)$$

где N – годовой объем выпуска, $N = 3600$ шт.;

a – количество дней запаса деталей на складе, $a = 6$ дней;

m – число рабочих дней в году, $m = 254$;

$$n = \frac{3600 \times 6}{254} = 86 \text{ шт.}$$

Приложение Б

Таблица Б.1 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности $\varnothing 45js6(\pm 0,008)$ мм

Наименование перехода	Элементы припуска, мкм				Припуск $2 \cdot z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
	Rz	T	ρ	ϵ				dmin	dmax	$2 \cdot z_{\min}^{\text{пр}}$	$2 \cdot z_{\max}^{\text{пр}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	150	150	249	-		49,000	1400	49	50,4		
Точение черновое	50	50	15	100	2·568	45,446	620	45,45	46,07	3550	4330
Точение чистовое	30	35	10	50	2·152	45,142	62	45,142	45,204	308	866
Шлифование	5	15	-	0	2·75	44,992	16	44,992	45,008	150	196
Итого:										4008	5392

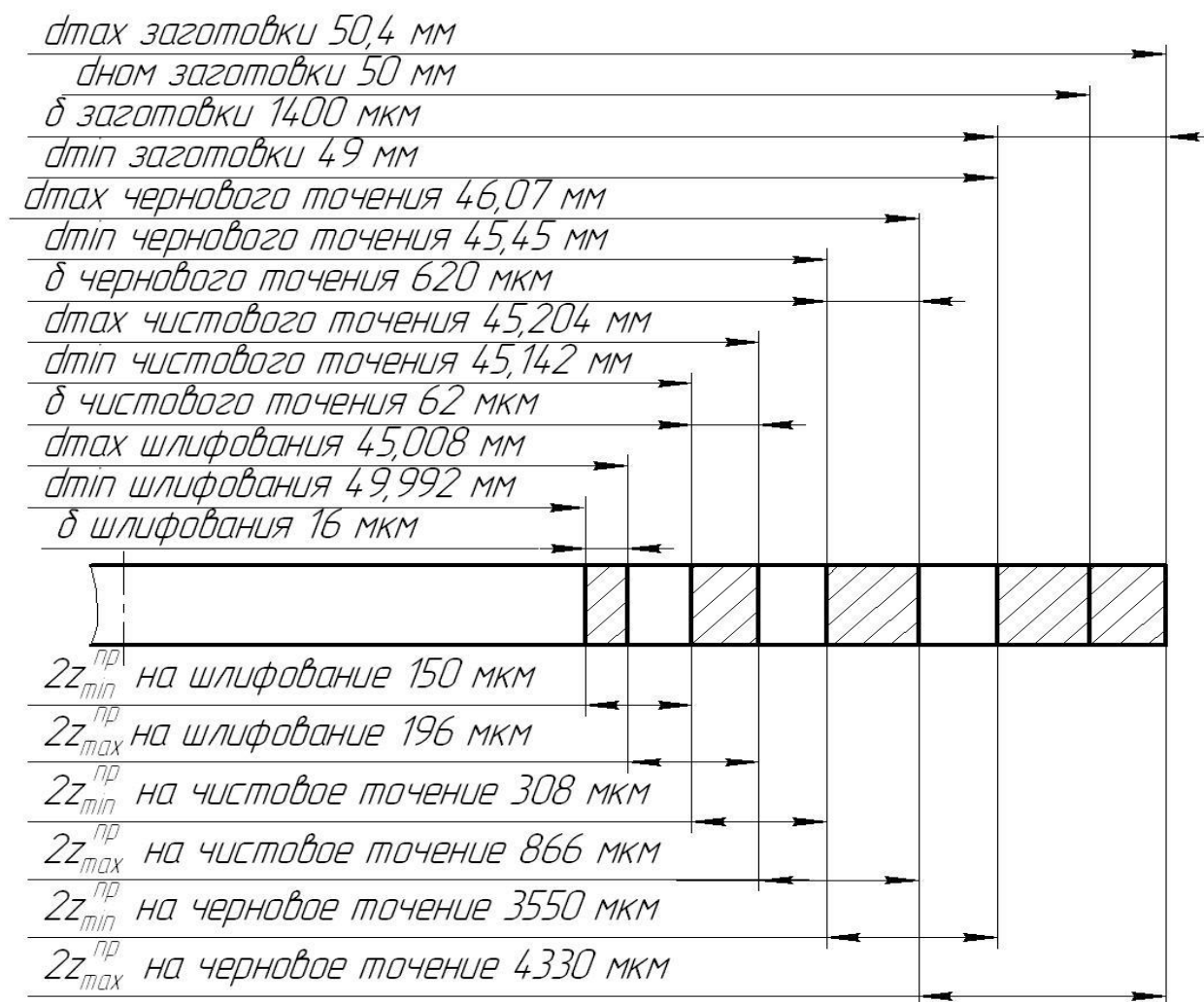


Рисунок Б.2 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\varnothing 45js6(\pm 0,008)$

Приложение В

Операция № 020 – Шпоночно-фрезерная.

Основное время на операцию t_o , мин:

$$t_o = \frac{h+0,5}{S_{\text{мпоп}}} + \frac{L-D_{\phi}}{S_{\text{мпрод}}}, \quad (B.1)$$

где h – глубина паза, мм;

$S_{\text{мпоп}}$ – поперечная минутная подача фрезы, мм/мин;

L – длина паза, мм;

D_{ϕ} – диаметр инструмента, мм;

$S_{\text{мпрод}}$ – продольная минутная подача фрезы, мм/мин.

$$t_{01} = t_{03} = \frac{5+0,5}{8,1} + \frac{50-12}{23,4} = 2,303 \text{ мин.}$$

$$t_{02} = \frac{5,5+0,5}{8,1} + \frac{50-13}{23,4} = 2,322 \text{ мин.}$$

$$t_o = 2,303 + 2,322 + 2,303 = 6,928 \text{ мин.}$$

Определяем вспомогательное время t_v :

$$t_v = (0,08 + 0,024 + 0,185 + 0,13) \times 1,85 = 0,775 \text{ мин.}$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места выбираем по таблице 6.1

[1]

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,05 \times t_{\text{оп.}}, \quad (B.2)$$

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,05 \times 7,703 = 0,385 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{шт}} = 6,928 + 0,775 + 0,385 = 8,088 \text{ мин.}$$

Подготовительно - заключительное время $t_{\text{п.з.}} = 9$ мин, [1, 194].

Тогда штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{шт-к}} = 8,088 + \frac{9}{86} = 8,193 \text{ мин.}$$

Операция № 025 – Вертикально-сверлильная.

Определим основное время обработки t_o , мин:

Продолжение приложения В

$$t_o = \frac{L_{\text{рез}} + y_1}{n \times S} \times i, \quad (\text{В.3})$$

где $L_{\text{рез1}}$ - длина резания при обработке, мм;

y_1 - длина подвода, врезания и перебега инструмента при обработке, мм;

n - частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

S - подача на оборот шпинделя, мм/мин;

$$t_{o1} = \frac{4,45 + 5}{2000 \times 0,04} = 0,118 \text{ мин};$$

$$t_{o2} = \frac{15 + 5}{1000 \times 0,16} = 0,125 \text{ мин};$$

$$t_{o3} = \frac{1 + 5}{800 \times 0,06} = 0,125 \text{ мин};$$

$$t_{o4} = \frac{10 + 5}{250 \times 0,54} = 0,111 \text{ мин}.$$

$$t_o = 0,118 + 0,063 + 0,138 + 0,063 = 0,382 \text{ мин}.$$

Определяем вспомогательное время t_v , мин:

$$t_v = (0,15 + 0,024 + 0,08 + 0,06) \times 1,85 = 0,581.$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места выбираем по таблице 6.1

[1]

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,08 \times t_{\text{оп.}}, \quad (\text{В.4})$$

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,08 \times 1,06 = 0,085,$$

$$t_{\text{шт}} = 0,479 + 0,581 + 0,085 = 1,145.$$

Подготовительно - заключительное время $t_{\text{п.з.}} = 10$ мин, [1, 194].

Тогда штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,145 + \frac{10}{86} = 1,261 \text{ мин}.$$

Операция № 030 – Круглошлифовальная.

Определяем основное время обработки t_o , мин., для обработки начисто поверхности, по формуле, [4, с. 170]:

Продолжение приложения В

$$t_o = \frac{1,3 \times (a - a_{\text{ВЫХ}})}{S_M} + t_{\text{ВЫХ}}, \quad (\text{В.5})$$

где S_M – поперечная минутная подача, $S_M = 0,4$ мм/мин;

a – общий припуск на сторону, мм;

$a_{\text{ВЫХ}}$ – слой, снимаемый на этапе выхаживания, $a_{\text{ВЫХ}} = 0,02$ мм, [4, с. 176];

$t_{\text{ВЫХ}}$ – время выхаживания, $t_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин, [4, с. 175].

$$t_o = \frac{1,3 \times (0,105 - 0,02)}{0,4} + 0,05 = 0,33 \text{ мин.}$$

$$t_o = 0,33 + 0,33 = 0,66 \text{ мин.}$$

Определяем вспомогательное время t_v , мин, с учетом поправочного коэффициента на серийность производства:

$$t_v = (0,12 + 0,048 + 0,05 + 0,11) \times 1,85 = 0,607 \text{ мин.}$$

[1] Время на отдых и обслуживание рабочего места выбираем по таблице 6.2

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,05 \times t_{\text{оп.}}, \quad (\text{В.6})$$

$$t_{\text{обс.отд.}} = 0,05 \times 1,267 = 0,063 \text{ мин,}$$

$$t_{\text{шт}} = 0,66 + 0,607 + 0,063 = 1,187 \text{ мин.}$$

Подготовительно - заключительное время $t_{\text{п.з.}} = 6$ мин, [1, 194].

Тогда штучно-калькуляционное время равно:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,33 + \frac{6}{86} = 1,4 \text{ мин.}$$