

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

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

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

Выполнил: Токсанов Темирлан Ерикнович

Технология проектирования ступенчатого вала в системе CAD/CAM с  
программой выпуска 1000 штук

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой

«Индустриальная инженерия»

Доктор PhD.

\_\_\_\_\_ Арымбеков

Б.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Технология проектирования ступенчатого вала в системе  
CAD/CAM с программой выпуска 1000 штук»

по специальности 5В71200 – Машиностроение

Выполнил

Токсанов Т.Е.

Рецензент

Научный руководитель

Профессор

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

\_\_\_\_\_ Аскарлов Е.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020  
г.

Алматы 2020

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой

«Индустриальная инженерия»

Доктор PhD.

\_\_\_\_\_ Арымбеков

Б.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Токсанову Темирлану Еркиновичу*

Тема: «Технология проектирования ступенчатого вала в системе CAD/CAM с программой выпуска 1000 штук»

Утверждена приказом *Ректора Университета №762-б от «27» января 2020 г.*

Срок сдачи законченной работы « 12 » 04 \_\_\_\_\_ 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Размеры готовой детали
2. Марка стали обрабатываемой заготовки

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Технологическая часть
- б) Разработка технологического процесса
- в) Нормирование технологического процесса

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): карта наладок фрезерной, шлифовальной операции, карта наладок токарной обработки, чертеж ступенчатого вала.

Рекомендуемая основная литература:

1. В.М. Бурцев под редакцией доцента Г.Н. Мельникова. Технология машиностроения. Том 2, 2001г.
2. Э.Л. Жуков под редакцией профессора С.Л. Мурашкина. Технология машиностроения: Книга 2 . Производство деталей машин: Учебное пособие для вузов, 2003г.

## **ГРАФИК**

### Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	23.02.2020	
Общие сведения о ступенчатом вале		
Проектирование и расчет ступенчатого вала	29.03.2020	
Нормирование технологического процесса	25.04.2020	

### **Подписи**

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы(проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Аскаров Е.С., профессор	15.04.2020	
Нормоконтролер	Аскаров Е.С., профессор	20.04.2020	
Научный руководитель		_____	Аскаров Е.С.
Задание принял к исполнению обучающийся		_____	Токсанов Т.Е.
Дата		« 30 » 01 _____ 2020г.	

## **АННОТАЦИЯ**

В процессе работы разработан технологический процесс изготовления детали – вал. Ступенчатый вал средней сложности, из стали, имеются шпоночные пазы. Определены необходимые этапы технологического процесса: вид заготовки и ее получение, разработаны необходимые переходы, подобрана оснастка и режущий инструмент, вычислены режимы и время обработки.

## **ANNOTATION**

In the process, the technological process of manufacturing parts – shaft. Stage shaft of medium complexit, made of steel, keyways are available. Necessary stages of the technological process were determined: the type of the workpiece was determined and it production, a machining process was proposed on machine tools, necessary transitions were developed, the equipment and the cutting tool were selected, machining models and times were calculated.

## **АҢДАТПА**

Жұмыс барысында бөлшекті - білік дайындаудың технологиялық процесі жасалды. Болаттан жасалған орташа күрделілігі бар біліктің кілті бар. Технологиялық процестің қажетті кезеңдері анықталады: дайындаманың түрі және оны дайындау, қажетті өтулер әзірленеді, жабдықтар мен кесу құралы таңдалады, режимдер мен өңдеу уақыты есептеледі.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Технологическая часть	10
1.1	Анализ эксплуатации детали в машиностроении	10
1.2	Обзор конструктивных и эксплуатационных требований детали	10
1.3	Определение типа производства	11
1.4	Выбор материала детали	12
1.5	Выбор заготовки	13
1.6	Выбор технологических баз	15
2	Разработка маршрутного операционного процесса	16
3	Разработка технологического процесса	22
4	Нормирование технологического процесса	28
	Заключение	31
	Список использованной литературы	32

## ВВЕДЕНИЕ

Благополучие и предрасположенности общества в мире характеризуются производительностью труда. Современные условия определяются уровнем развитием производства и использования высококачественных и производительных машин во всех сферах производства.

Это определяет всю значимость машиностроения, которое занимается разработкой и производством машин. В свою очередь машины облегчают жизнь человека и повышают производительность его труда. Разработка машин является непростым процессом, в котором из сырья и заготовок производят детали и конструируют машины [1].

В процессе обработки на каждом этапе возникают проблемы, связанные с требованиями к качеству деталей, заданных конструктором. Весь процесс состоит из достаточно сложной технической системы, включающую в себя станки, технологическую оснастку, режущий инструменты и заготовки. Это поясняет направление улучшение технологии машиностроения как научной дисциплины

Подготовка к проектированию технологического процесса детали начинается с изучения ее требований как конструктивных, так и эксплуатационных, а также критического анализа необходимой точности и других технических требований. Затем в очередности, определенной стандартами, разрабатывается технологический процесс. Это объединяет технологию со служебным назначением детали и гарантирует соответствует решению, принимаемых на различных этапах технической подготовки [2].

## **1. Технологическая часть**

### **1.1 Анализ эксплуатации детали в машиностроении**

Валы механических передач оборудования функционируют в условиях высоких нагрузок и частот вращения, что характеризует высокие требования и приписывают их к наиболее ответственным деталям машины. Значительные повреждения или вовсе разрушение вала повлечёт за собой выход из строя всей конструкции механизма. Из-за этого валам присуждают высокие требования по всем характеристикам, как по точности изготовления, так и по прочности, жёсткости, устойчивости и ограниченности колебаний.

Валы передают крутящие моменты и монтируют на них различные детали и механизмы. Ступенчатые валы подразделяют на гладкие, фланцевые и валы-шестерни. Так или иначе, они представляют собой сочетание гладких посадочных и непосадочных, шлицевых, шпоночных, резьбовых и переходных поверхностей. Для того чтобы сделать вал легче их довольно часто делают пустотелыми [3].

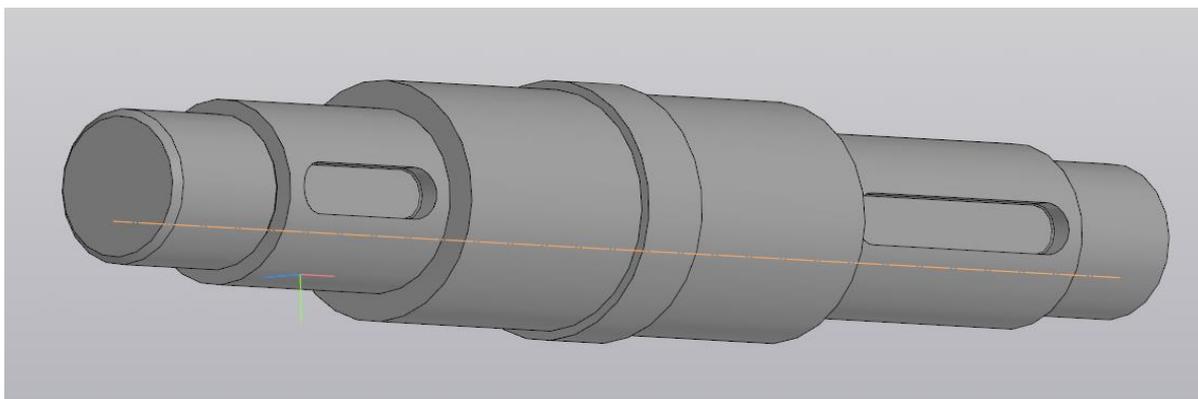


Рисунок 1 – 3D модель ступенчатого вала

### **1.2 Обзор конструктивных и эксплуатационных требований детали**

Наиболее кропотливыми в разработке, а также изготовлении среди валов определяют ступенчатые валы, за счет шеек под подшипники и зубчатые колеса, шпоночные канавки, шлицевые, резьбовые поверхности. С точки зрения экономичности разработки следует считать наиболее технологичными, конструкция валов которых предусматривает увеличение диаметров к концу или же в центре вала.

При эксплуатации на вал воздействует изгиб и кручение, а в отдельных случаях помимо этого, также могут подвергаться к деформации растяжения. Крутящий момент обычно передается не на всей длине, изгибающие моменты на опорах вала равны нулю. Поэтому желательно конструировать валы переменного сечения, приближающимися к телам равного сопротивления. Ступенчатые валы легки в проектировке и изготовлении, за счет своей формы.

Формы валов определяют распределение изгибающих и крутящих моментов по его длине. Хорошо продуманная проектировка вала характеризуется балкой равного сопротивления. Соотношение длины вала к среднему диаметру ( $L/D$ ), при котором значение меньше 10 относят к жесткому валу, при большем значении определяют как не жесткий вал.

Валы вращаются, соответственно, испытывают переменные нагрузки, напряжения и деформации. Поэтому повреждения валов определяют как усталостный характер [3].

Технологичность форм детали расценивают с учетом специфичности выбранного способа обработки, конкретных условий и типа производства, а также технологических возможностей и неординарностью изделия. Помимо стандартных требований, к технологичности валов предъявляются и некоторые специфические требования:

- Перепады диаметров ступенчатых валах должны быть минимальными;
- Длины ступеней валов желательно проектировать равными;
- Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать открытыми или заканчивать канавками для выхода инструмента. На валу канавки необходимо задавать одной ширины;
- Валы должны иметь отверстия в центре [1].

Как и любая другая деталь вал может изнашиваться, что обычно имеет усталостный характер, однако есть также ряд причин, которые усиливают изнашивание частей изделия, таких как:

- Свободная посадка;
- Изнашивание шеек при монтаже и демонтаже подшипников;
- Шероховатость и твердость поверхности;
- Дефекты, которые устраняют в период ремонта.

### 1.3 Определение типа производства

Тип производства характеризуется как классификационная категория производства, отличающаяся по признакам номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска деталей.

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 современное производство подразделяется на три типа: единичное, серийное, массовое.

Одной из ведущих характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций, который представляет собой соотношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течении месяца, к числу рабочих мест [4].

$$K_{зo} = t_{в} / t_{шт} = (F_{mKot} * 60) / (N_{мес} * t_{шт})$$

Где  $t_v$  – такт выпуска, мин;  $F$  – месячный фонд времени односменной работы рабочего места, ч;  $m$  – принятое число смен;  $K_{от}$  – коэффициент, учитывающий простои по организационно-техническим причинам; (ремонт, перерывы на отдых и т.п.)  $N_{мес}$  – число изделий, шт/мес;  $t_{шт}$  – штучное время, мин.

Из уравнения следует:

$$t_v = Fd * 60 / N$$

где  $Fd=2030$  (действие годового фонда работы станка в год),  $N=1000$  (годовая производственная программа выпуска изделий)

$$t_v = Fd * 60 / N = 2030 * 60 / 1000 = 121,8$$

$$K_{зо} = t_v / T_{ум} = 121,8 / 59,481 = 2,04$$

#### 1.4 Выбор материала вала

Определения необходимого материала и его обработки зависит от назначенных условий работоспособности. Валы предпочтительно изготавливать из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования повышенной прочности, лучшей обрабатываемости, небольшой чувствительности к концентрации напряжений, а также улучшенной износостойкости. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

В основном используются и изготавливаются термически обрабатываемые стали 45, 40Х. Высоконапряженные валы ответственных машин задействуют легированные стали: 40ХН, 40 ХР2МА; 30ХГТ и др.

Высокая твердость цапф является особым критерием быстроходных валов, которые вращаются в подшипниках скольжения, такие изготавливают из цементируемых сталей 12Х, 12ХН3А; 1ХХГТ.

В основном критериями работоспособности валов является жесткость, объемная прочность и износостойкость при относительных перемещениях, которые вызывают коррозию.

Выбранный вал производится из стали 40Х. Для выбора соответствующего способа изготовления заготовки разумно провести анализ химического состава материала [2].

Химический состав стали 40Х - содержание компонентов, % ( Гост 4543-71).

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	N
0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	до 0,25	до 0,30	До 0,40	До 0,035	До 0,30	До 0,008

## 1.5 Выбор заготовки

К заготовкам предъявляются свои требования, такие как:

- Приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали, т.е уменьшение припусков на обработку и повышение их точности;
- Технологичность конструкции заготовки;
- Возможность применения наиболее прогрессивных методов получения;
- Наличие удобных и надежных технологических баз и поверхностей для транспортировки [4].

Заготовки получают отрезкой от горячекатанных или холодноотянутых нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке. Прокат круглого сечения поступает на машиностроительные заводы в виде многометровых прутков, из которых в заготовительных цехах нарезаются заготовки необходимой длины. Резка может быть проведена различными способами на различном оборудовании с соблюдением некоторых условий. Процесс должен быть производительным, обеспечивать требуемую точность по длине заготовки, перпендикулярность торцов вала, необходимое качество поверхности торцов, включая заданную шероховатость, а также минимальные потери металла.

При выборе заготовки, из которой будет изготавливаться ось барабана, будет руководствоваться следующими положениями: материалом, из которого изготавливается деталь; конфигурацией детали; размерами заготовки, качеством поверхностного слоя и массой, а также коэффициентом используемого материала.

Материалом для изготовления оси принята сталь 40Х (ГОСТ 1050 - 88). Поверхность детали составляют простые цилиндрические поверхности, которые получают в результате механической обработки резанием.

В качестве заготовки для изготовления детали принимает круглый прокат диаметром 72 мм (по наибольшему диаметру детали)

Заготовка: Цилиндр  $\frac{72 \text{ ГОСТ } 2590-88}{\text{Сталь } 40\text{X ГОСТ } 1050-88}$

Примем, что обрезка заготовки производится на фрезерно-отрезном станке (точность обрезки - до 4,5 мм). Исходя из этого, длину заготовки берем больше длины детали на величину припуска под обработку торцевых поверхностей [2].

Масса заготовки определяется по следующей зависимости:

$$m_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \cdot \rho,$$

где  $V_{\text{заг}}$  - объем заготовки, определяемый по формуле:

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2 \cdot L_{\text{заг}}}{4}, \text{ м}^3$$

где  $\rho=7820 \text{ кг/м}^3$  - плотность стали

Таблица 1. Результаты расчетов объемов элементарных поверхностей детали

№ поверхности	Диаметр поверхности, $D_i, \text{м}$	Длина поверхности, $L_i$	Объем поверхности, $V_i, \text{м}^3$	Общий объем детали, $V_D, \text{м}^3$
2	0.07	0.02	$76.93 \cdot 10^{-6}$	903.82 * 10 <sup>-6</sup>
3	0.065	0.064	$212.26 \cdot 10^{-6}$	
4	0.065	0.064	$212.26 \cdot 10^{-6}$	
5	0.05	0.09	$176.62 \cdot 10^{-6}$	
6	0.05	0.06	$117.75 \cdot 10^{-6}$	
7	0.042	0.039	$54 \cdot 10^{-6}$	
8	0.042	0.039	$54 \cdot 10^{-6}$	

После подстановки соответствующих значений в формулы и получим массу заготовки  $M_{ЗАГ} = 12,1 \text{ кг}$ .

Объем получаемой детали определим как сумму объемов элементарных поверхностей:

$$V_{ДЕТ} = \sum_{m=1}^m \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot L_i}{4},$$

Массу получаемой детали определим по формуле, подставив вместо значения объема заготовки - численное значение объема детали:

$$m = 903.82 \cdot 10^{-6} \cdot 7820 = 7,067 \text{ кг}$$

Используя массы заготовки и обрабатываемой детали определим коэффициент использования материала:

$$K_{ИМ} = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}},$$

После подстановки соответствующих значений в формулу получим:

$$K_{ИМ} = \frac{7,091}{12,156} = 0,58.$$

## 1.6 Выбор технологических баз

Основными базами подавляющего большинства валов и осей являются поверхности его опорных шеек либо другие посадочные места. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно.

При подборе технологических баз следует считать конструкторскую, технологическую и измерительную базы, другими словами использовать принцип единства баз по ГОСТ 21495-76. Также следует стараться использовать одну и ту же базу. Исходя из этого, для обработки полуоси в технологических операциях принимаем следующие схемы базирования (рисунок 2).

Для реализации выбранных схем базирования на токарной и шлифовальной операциях в качестве приспособления принимаем патрон трехкулачковый самоцентрирующийся ГОСТ 24351-80, центр вращающийся ГОСТ 2576-79 а также патрон поводковый.

Для реализации выбранных схем закрепления при фрезеровании принимаем в качестве приспособления призмы опорные ГОСТ 12195-66.

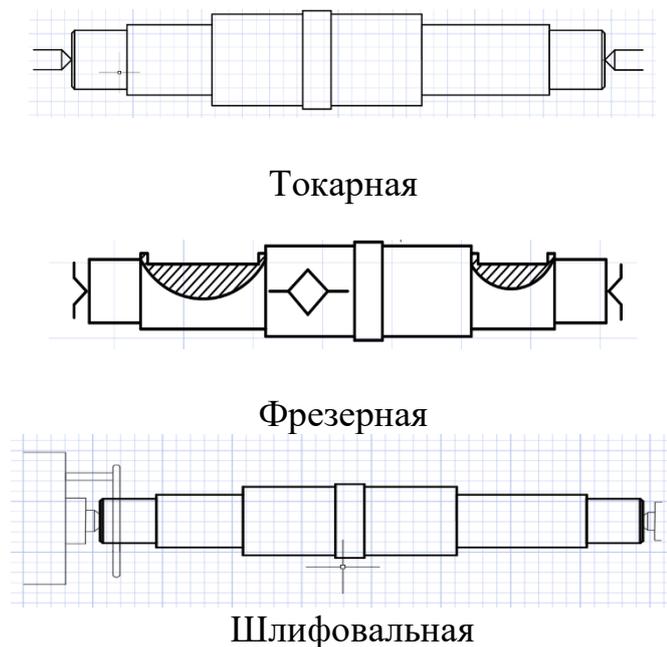


Рисунок 2 - Схемы базирования при механической обработке вала

## 2 Разработка маршрутного операционного процесса

Разработку маршрута технологического процесса начинаем с вычерчивания эскиза детали. Каждой элементарной поверхности вала присваивается цифровой индекс. (рисунок 3).

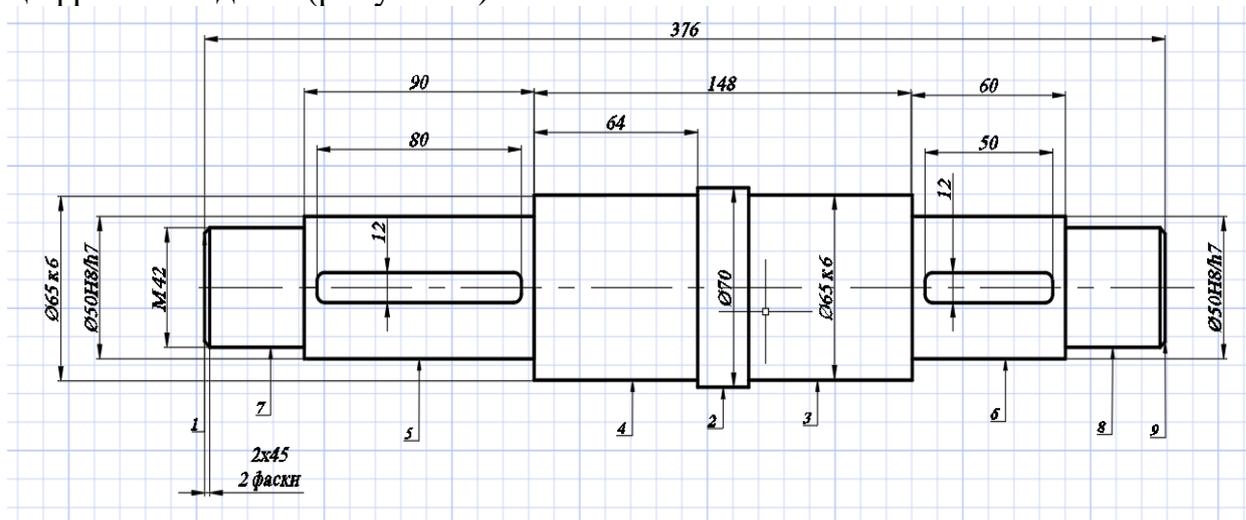


Рисунок 3 - Разбивка детали на элементарные поверхности

Для каждой поверхности определяется способ обработки с учетом экономической точности (исходя из возможной достигаемой точности и чистоты поверхности). Одновременно определяется необходимое количество технологических переходов для получения заданного качества каждой элементарной поверхности. Результаты представляем в виде таблицы 2.

Таблица 2. Виды обработки элементарных поверхностей

Номер поверхности	Параметры детали		Технологические переходы		
	Точность	Шероховатость	Наименование перехода	Точность	Шероховатость
1,9	h14	12,5	Черновое точение	h14	12,5
2	h14	1,25	Черновое точение	h14	12,5
5,6	h7	1,25	Получистовое точение	h7	1,25
3,4	k6	0,63	Чистовое точение Шлифование	h7 k6	1,25 0,63
7,8	h8	1,25	Чистовое точение Шлифование	h8	1,25
10-11	h14	12,5	Снять фаску 2x45	h14	12,5
9-10	P9	6,3/3,2	Фрезеровать шпоночный паз	P9	6,3/3,2

Назначаем технологические переходы обработки детали:

Заготовка поступает на механическую обработку

Подрезать торец 1.

1. Зацентровать и поджать вращающимся центром.
2. Точить поверхность 2 до  $\varnothing 70$  на длину 193 мм начисто.
3. Точить поверхность 4 до  $\varnothing 65,5$  на длину 193 мм.
4. Точить поверхность 5 до  $\varnothing 50,5$  на длину 129 мм.
5. Точить поверхность 7 до  $\varnothing 42$  на длину 39 мм начисто.
6. Точить фаску поверхность 1 2x45.
7. Переустановить заготовку
8. Точить поверхность 3 до  $\varnothing 65,5$  на длину 163 мм.
9. Точить поверхность 6 до  $\varnothing 50,5$  на длину 99 мм.
10. Точить поверхность 8 до  $\varnothing 42$  на длину 39 мм начисто.
11. Точить фаску поверхность 9 2x45.
12. Подрезать торец выдержав размер 376 мм.
13. Снять заготовку

Воспользуемся токарно-винторезным станком 16К20П с такими характеристиками:

Параметр	Значение
Самый большой диаметр обрабатываемого изделия: над станиной	400
под суппортом	220
Самая большая длина обрабатываемого изделия(мм):	710,1000,1400,2000
Частота вращения шпинделя, об/мин:	12,5-1600
Подача суппорта, мм/об:	
Продольная	0,05-2,8
Поперечная	0,025-1,4
Мощность электродвигателя главного привода, кВт:	11

В качестве приспособления применяется станочные приспособления - трехкулачковый патрон самоцентрирующийся ГОСТ 24351-80 и вращающийся центр ГОСТ 18260-72.

В качестве режущего инструмента подобрал резец токарный подрезной отогнутый Т15К6 с пластинами из быстрорежущего сплава (по ГОСТ 18871-73);

Для определения размеров вала используем штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 ГОСТ 166-80. Для измерения шероховатости применяем набор шероховатостей ГОСТ 16472-72.

Далее заготовка поступает на чистовую обработку поверхности.

1. Зацентрировать.
2. Точить поверхность 3 до  $\varnothing 65$  к6 на длину 163 мм (Рисунок 4, А).
3. Точить поверхность 6 до  $\varnothing 50$  Н8/h7 на длину 99 мм (Рисунок 4, Б).
4. Переустановить заготовку
5. Точить поверхность 4 до  $\varnothing 65$  к6 на длину 193 мм (Рисунок 4, В).
6. Точить поверхность 5 до  $\varnothing 50$  Н8/h7 на длину 129 мм (Рисунок 4, Г).
7. Снять заготовку

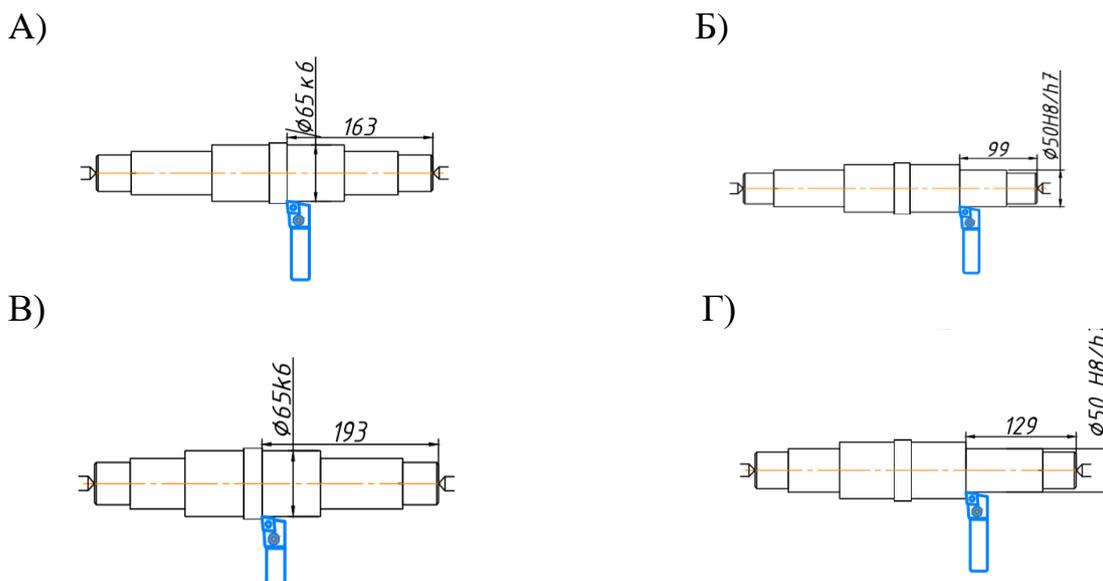


Рисунок 4 – Операционные эскизы токарной обработки

В качестве оборудования используем станок токарно-винторезный 16К20П с параметрами, приведенными выше.

В качестве режущего инструмента и оснастки для измерения и контролирования размеров вала и шероховатости поверхности используем приведенное выше.

Затем деталь поступает на фрезерную обработку шпоночного паза.

Для фрезерной операции выбираем горизонтально-фрезерный станок 6Р11 со следующими параметрами:

Параметр	Значение
Размеры рабочей поверхности станка	250x1000
Наибольшее перемещение стола	
продольное:	630
поперечное:	200
вертикальное:	350
Число скоростей шпинделя:	16
Частота вращения шпинделя, об/мин:	50-1600
Подача стола, мм/мин	
продольная и поперечная:	35 - 1020
вертикальная:	14-390
Мощность электродвигателя, кВт:	5,5

Фрезеровать шпоночный паз 12x8x56 *ГОСТ 23360-78*. Выдержать от начала обработки 5 мм.

В качестве приспособления используются станочные тиски самоцентрирующиеся универсальные *ГОСТ 25931-74*.

В качестве режущего инструмента используется **режущая часть Т15К6**. Для измерения и контролирования размеров применяем штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 *ГОСТ 166-80*.

Заготовка поступает на термическую обработку

Выполнить закалку НВ 220...235, в качестве оборудования печь ТВЧ. Закалку выполнять по технологии ОГМ.

- температура нагрева под закалку 890 °С;
- длительность выдержки в печи 2,2 часа;
- охлаждение при закалке масло;
- температура отпуска 550 °С; -длительность отпусков 2,8 часа

Деталь поступает на шлифовальную обработку

1. Шлифовать поверхность 3,4 до Ø65 к6 мм на длинах 64 мм.
  2. Шлифовать поверхность 7,8 до Ø 42h8 мм на длинах 39 мм.
- Снять заготовку.

Для шлифовальной операции выбираем круглошлифовальный станок со следующими параметрами:

В качестве измерительного инструмента набор концевых мер длины *ГОСТ 9038-83*, шаблон шероховатости *ГОСТ 18732-71*.

Затем деталь поступает на контроль линейных размеров мастером ОТК.

В качестве инструмента и приспособлений используется Плита измерительная *ГОСТ 10905-86*.

На основании разработанных технологических переходов предварительно назначаем технологический маршрут обработки детали  
А 005 Заготовительная. ОГМ.

А 010 Токарно-черновая.

Б 16К20П

А 015 Токарно-чистовая

Б 16К20П

А 020 Фрезерная

Б 6П-11

А 025 Термическая

Б печь ТВЧ

А 030 Шлифовальная

Б 3М-150

А 035 Контрольная

Б плита поверочная мастера ОТК

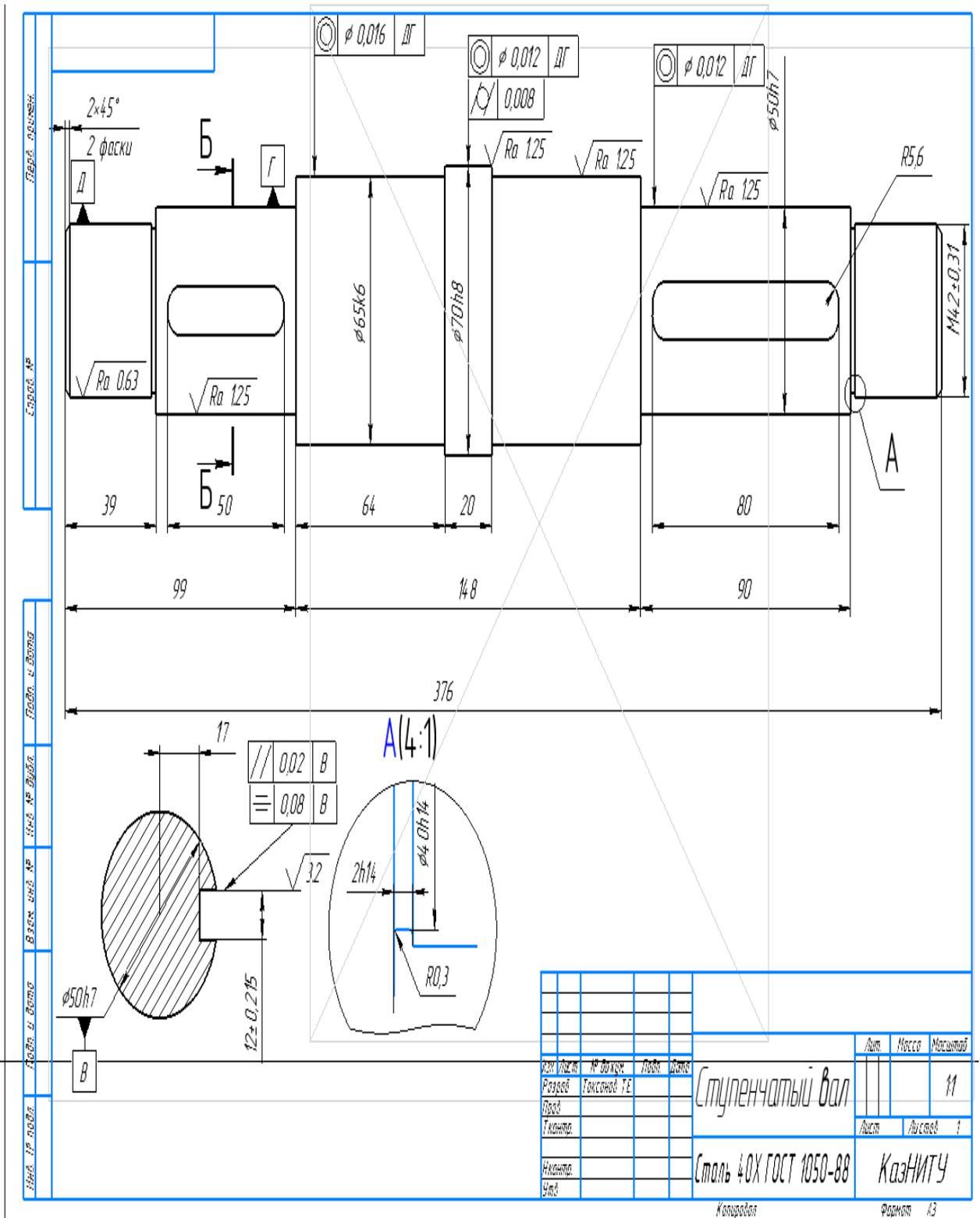


Рисунок 5 – Чертеж ступенчатого вала

### 3 Разработка операционного технологического процесса

005 Токарная

Токарное черновое точение поверхности 3 до Ø 50 мм на длине 205 мм.

Определяем скорость резания для черновой токарной обработки по формуле:

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

где  $C_v=320$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,2$ ;

$T$  - период стойкости инструмента,  $T=180$  мин.;  $S$  - подача резца,  $S=0,7$  мм/об.;

$X$  - глубина резания за проход, 2,5 мм;

$K_v$  - коэффициент, учитывающий свойства материала резца:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,12,$$

где  $K_{MV}$ - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материал

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1,2 \left( \frac{750}{780} \right)^{1,75} = 1,12,$$

$K_{\Gamma}=1,12$ ;  $n_v=1,75$ ;  $\sigma_s=780$  МПа.

$K_{nv}=1,0$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv}=1,0$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$v = \frac{320 \cdot 1,12}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} = 125,314 \text{ м/мин}$$

Частота вращения заготовки

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = 554,293 \text{ об/мин}$$

где  $D=72$  мм - наибольший диаметр обрабатываемой заготовки.

Принимаем обороты станка  $n=550$  об/мин., тогда

Фактическая скорость резания.

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = 124,344 \text{ м/мин}$$

Определяем силу резания:

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



## 010 Фрезерная

Определяем режимы резания при фрезеровании шпоночного паза.

12x8x56 ГОСТ 23360-78

Найдем скорость резания - окружную скорость фрезы, м/мин:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где  $C_v=12$ ;  $x=0,3$ ;  $q=0,3$ ;  $m=0,26$ ;  $y=0,25$ ;  $u=0$ ;  $p=0$ ,  $z=2$  - число зубьев фрезы;

$T$  - период стойкости фрезы, для шпоночной фрезы  $T=60$  мин;

$D$  - диаметр фрезы,  $D = 10$  мм;

$B$  - ширина фрезерования, 12 мм;

$t=0,3$  - глубина фрезерования, мм;

$S_z=0,18$  - подача на один зуб;

$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} = 0,965$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания;

$K_{mv}=0,965$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{пв}=1$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ив}=1$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$K_T=1,0$ ;  $n_v=0,9$ ;  $\sigma_B=780$  МПа.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} = 0,965 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,965$$

$$K_{mv} = K_T \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = K_T \left( \frac{750}{780} \right)^{0,9} = 0,965$$

Получим следующую скорость резания:

$$v = 12 \cdot 100,3600,25 \cdot 0,30,3 \cdot 0,180,25 \cdot 0,965 = 18,3 \text{ м/мин.}$$

Обороты фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,3}{\pi \cdot 10} = 582,8 \text{ об/мин}$$

Принимаем обороты  $n=580$  об/мин.

Фактическая скорость резания.

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 580 \cdot 10}{1000} = 18,212 \text{ об/мин}$$

Определяем силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

где  $C_p=68,2$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $u=1$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0$ ;

$K_{mp}=0.965$  - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

$$P = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,355 \cdot 0,29 \cdot 12 \cdot 2}{7,244} = \frac{1685,08}{7,244} = 232,618 \text{ Н}$$

Определим крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M = \frac{232,618 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 11,63 \text{ Н/м}$$

Определим мощность резания (эффективную):

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}.$$

$$N = \frac{232,618 \cdot 18,3}{1020 \cdot 60} = 0,069 \text{ кВт}$$

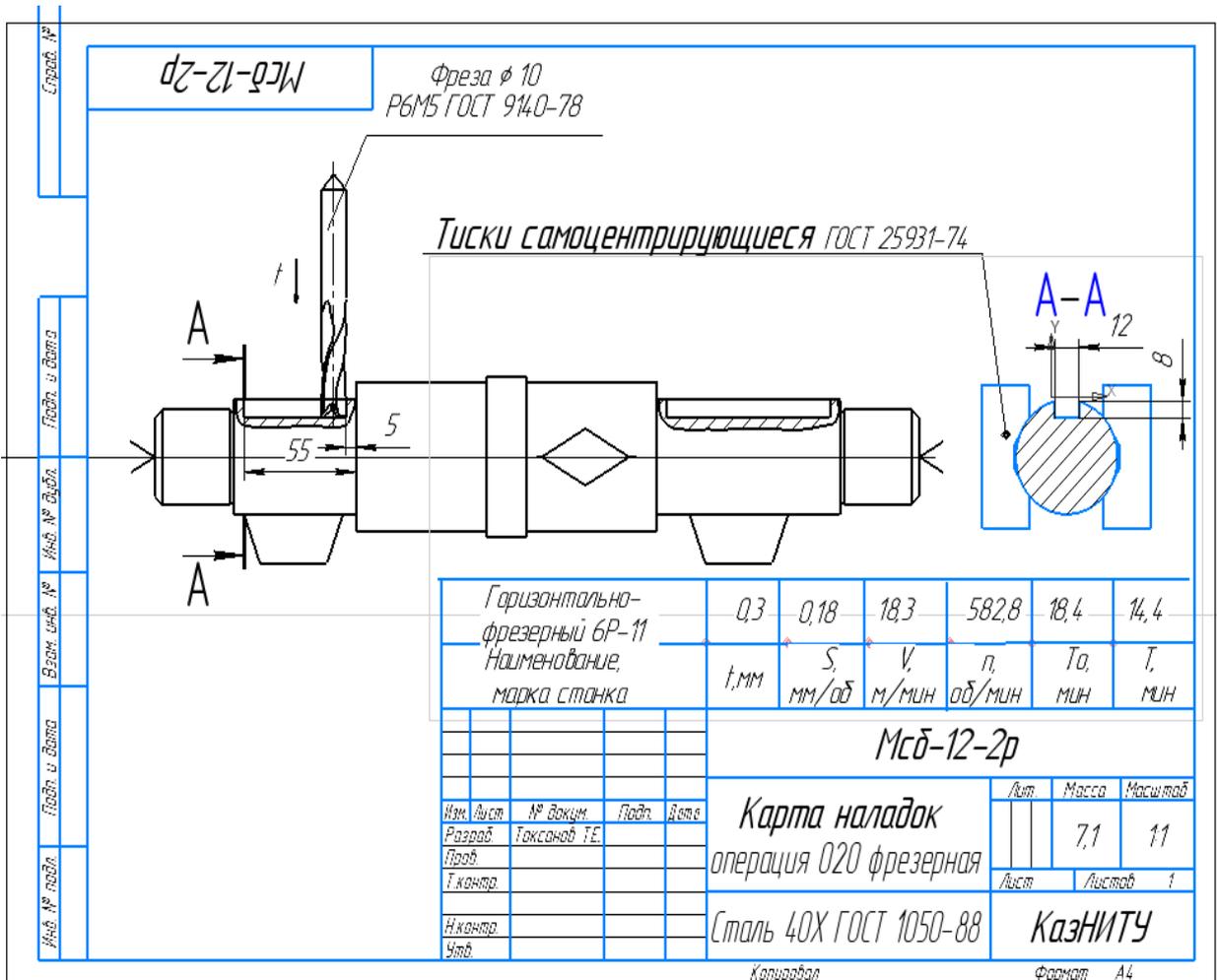


Рисунок 7 – Карта наладок фрезерной операции

### 020 Шлифовальная.

Выполнить шлифование поверхностей на длину 64мм и 39мм.

Эффективная мощность при шлифовании определяется как:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot s_p^y \cdot b^z \cdot d^q,$$

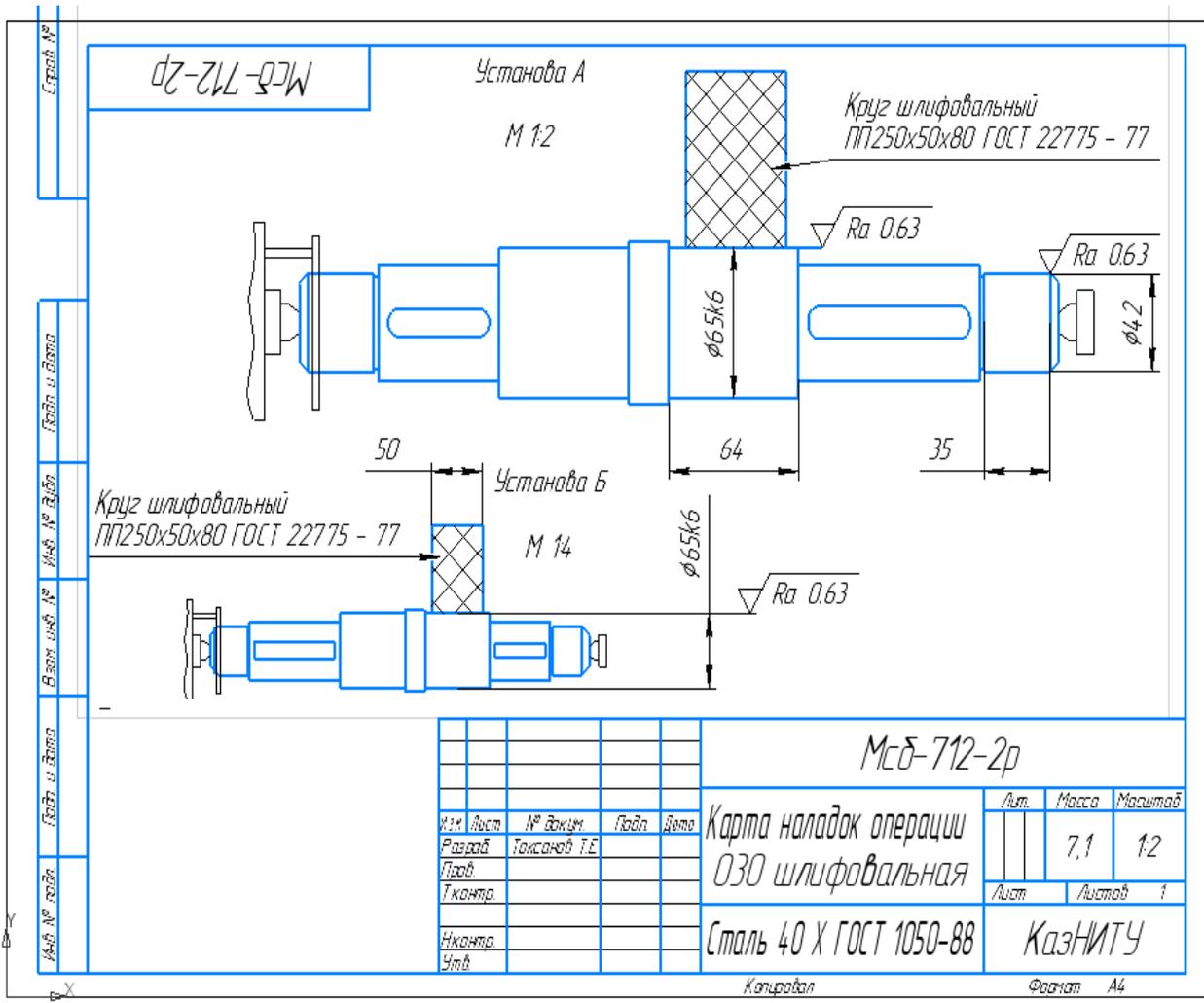
где: по таблицам выбираем коэффициенты  $V_3 = 20$  м/мин.;  $C_N = 1,3$ ;  $r=0,75$ ;

$x = 0,85$ ;  $y = 0,7$ ;  $t = 0,015$  мм;  $q = 0$ ;  $z=0$ ;  $S_p = 0,001$ мм/об;

где  $B$  - ширина круга,  $B=65$ мм и  $42$ мм;

$$N = 1,3 \cdot 200,75 \cdot 0,0010,7 \cdot 420 \cdot 390 = 9,45 \cdot 0,008 \cdot 1,3 = 0,098 \text{ кВт.}$$

$$N = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,001^{0,7} \cdot 65^0 \cdot 64^0 = 9,45 \cdot 0,008 \cdot 1,3 = 0,098 \text{ кВт.}$$



				<i>Мсδ-712-2р</i>		
				Карта наладок операции	Лист	Масса
				<i>030 шлифовальная</i>		<i>7,1</i>
					Листов	<i>12</i>
				<i>Сталь 40 X ГОСТ 1050-88</i>		<i>1</i>
					<i>КазНТУ</i>	
				<i>Копировал</i>	<i>Формат А4</i>	

Рисунок 8 – Карта наладок шлифовальной операции

## 4 Нормирование технологического процесса

Технически определенные нормы времени на операцию рассчитывают, в зависимости от оптимальных режимов резания и всевозможного использования технологических возможностей станков и приспособлений, а также это потребность для дальнейшего выбора соответствующего технологического процесса, обеспечивающего выполнение технических требований, предъявляемых к детали, и оптимальных потреблений времени на ее изготовление, при которых повышается продуктивность труда и снижается себестоимость обработки.

Оперативное время

$$T_{оп} = T_о + T_в,$$

где  $T_о$  – основное время, (машинное время) мин.;

$T_в$  – вспомогательное время, мин.

Основное время определяют в соответствии рациональных режимов обработки. Режимы обработки подбирают на основе глубины резания, подачи, скорости резания и стойкости режущего инструмента [4].

В единичном и серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени по формуле:

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{пз} / n,$$

где  $T_{ш}$  – штучное время, мин.;

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время (только для серийного производства), мин.;

$n$  – количество заготовок в партии.

Вспомогательное время представляет собой сумму нормативных значений вспомогательного времени установок и переходов.

### 005 Токарная

Основное время рассчитывается по режимам обработки

$$\frac{\sum li}{\sum nSo} = \frac{2*(4*39)+1*20+3*60+3*90+2*(4*64)}{0.7*550} = 3,3 \text{ мин}$$

где  $l$  – расчетная длина рабочего хода инструмента, мм;

$i$  – число рабочих ходов.

Вспомогательное время на каждый переход принимаем 2 мин.

Таким образом, общее оперативное время составит:

$$t_{оп} = 1,58 + 2 \cdot 7 = 17,36 \text{ мин}$$

Принимаем время отдыха по формуле:

$$t_{отд} = 0,05 \cdot t_{оп} = 0,05 \cdot 17,36 = 0,868 \text{ мин}$$

Штучное время для токарной операции составит (без учета времени на обслуживание):

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{отд} = 17,36 + 0,868 = 18,228 \text{ мин}$$

015 Фрезерная операция

Нормирование времени для фрезерной операции. Определяем штучное время из формулы:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{отд}, \text{ мин}$$

где  $T_{оп}$  – операционное время, мин;ч

$$T_{оп} = t_0 + t_B, \text{ мин}$$

где  $t_0$  – основное время, м

$t_B$  – вспомогательное время, принимаем 1,5 мин.

Переходы:

- 1) Установить деталь, время на работу из нормативов  $T = 2$  мин
- 2) Фрезеровать шпоночные пазы шириной 12мм, на глубину 7мм, подача на зуб 0,18 мм в 2 прохода

$$T = (B + t) \cdot S \cdot i \cdot 2$$

$$T = (12 + 8) \cdot 0,18 \cdot 2 \cdot 2 = 14,4 \text{ мин}$$

- 3) Снять деталь и сделать замеры. Время перехода 2 мин.

Основное время операции

$$T = 2 + 14,4 + 2 = 18,4 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 18,4 + 1,5 = 19,9 \text{ мин}$$

Время отдыха

$$T_{отд} = 0,05 \cdot 18,4 = 0,92 \text{ мин}$$

Определяем штучное время из формулы

$$T_{шт} = 19,9 + 0,92 = 20,82 \text{ мин}$$

025 Шлифовальная

Для операции шлифования основное время находим из выражения:

$$t_o = \frac{t}{n \cdot S_{np}} \cdot K,$$

$$n = \frac{1000 V_k}{\pi \cdot D}$$

где  $S_{np}$  – радиальная подача, мм/об;

$n$ -частота вращения шлифовального круга;

$D$ -диаметр круга, мм;

$V_k$ -скорость круга.

$$n = \frac{1000 * 30}{3.14 * 250} = 38,2$$

Основное время составит

$$t_o = 0.638.2 * 0.001 * 1.05 = 16.49 \text{ мин}$$

Вспомогательное время каждого перехода принимаем 0,75 мин.

Таким образом, оперативное время операции составит:

$$t_{оп} = 16,46 + 0,75 \cdot 4 = 19,46 \text{ мин.}$$

Время отдыха

$$T_{отд} = 0,05 * 19,46 = 0,973 \text{ мин}$$

Штучное время на шлифование

$$T_{шт} = 19,46 + 0,973 = 20,433 \text{ мин}$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе для процесса изготовления ступенчатого вала в качестве заготовки приняли круглый прокат по ГОСТ 1050-88. Приняли схемы базирования. Исходя из геометрических размеров деталь разбили на поверхности и назначили способы обработки в зависимости от требуемой точности поверхности. Технологические маршрут и переходы обработки детали, затем проработали операционный технологический процесс: выбрали технологическое оборудование, выбрали соответствующий режущий и контрольно-измерительный инструмент. Произвели расчеты режимов резания токарной обработки, фрезерования, шлифования вала. На основании всего перечисленного рассчитали нормы времени всего технологического процесса изготовления оси.

### **Список использованной литературы**

1. В.М. Бурцев под редакцией доцента Г.Н. Мельникова. Технология машиностроения. Том 2, 2001г.
2. Э.Л. Жуков под редакцией профессора С.Л.Мурашкина. Технология машиностроения: Книга 2 Производство деталей машин: Учебное пособие для вузов, 2003г.
3. М.Ф.Пашкевич Технология машиностроения,учебное пособие, 2008 г.
4. Э.Л. Жуков под редакцией профессора С.Л.Мурашкина. Технология машиностроения: Книга 1 Производство деталей машин: Учебное пособие для вузов, 2003г.
5. Солнышкин И.П. Технологические процессы в машиностроении 2001г