

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления маложесткого вала станочного узла

|              |                                                                                                                                   |                                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Обучающийся  | <u>М.А. Изотов</u><br>(Инициалы Фамилия)                                                                                          | <u>_____</u><br>(личная подпись) |
| Руководитель | <u>канд. техн. наук, доцент Д.А. Расторгуев</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)  | <u>_____</u>                     |
| Консультанты | <u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)   | <u>_____</u>                     |
|              | <u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u><br>(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия) | <u>_____</u>                     |

Тольятти 2024

## **Аннотация**

Проектирование технологического процесса изготовления маложесткого вала станочного узла представляет собой комплексную разработку, которая учитывает тип производства – среднесерийный, недостатки базового процесса, конструкторские изменения вала. В первом разделе проведен анализ исходных данных. Он включает анализ особенностей выбранной марки материала, анализ технологичности конструкции вала, а также формирование требований к точности и другим показателям. В разделе по проектированию технологии выбран среднесерийный тип производства и соответствующая начальная заготовка, подходящая к форме вала. С учетом серийности разработана технология изготовления маложесткого вала, включающая в себя выбор методов обработки каждой его поверхности. Для всех переходов выбраны режущие инструменты. В рамках проектирования операций выбраны стандартные параметры обработки, последовательность операций и переходов в них и используемое оборудование. Проектирование технологических операций заключается в размерных расчетах по определению снимаемого припуска и формированию технологических размеров. Также выполнен расчет технологических режимов с учетом условий обработки. Заканчивается проектирование технологии назначением обоснованных норм времени. Конструкторский раздел работы посвящен проектированию оснастки для изготовления вала, учитывающей специфику выбранной операции (токарной) и требования к точности изготовления вала на ней. Для лимитирующей операции, которой является токарная, разработано зажимное приспособление - люнет. Для снижения затрат на обработку на токарные переходы спроектирован резец. Также были рассмотрены вопросы охраны труда и обеспечения экологичности процесса производства. Также проведен расчет экономической эффективности внедрения новой технологии по сравнению с существующими методами.

## Содержание

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                           | 4  |
| 1 Анализ исходных данных.....                           | 6  |
| 1.1 Анализ назначения детали .....                      | 6  |
| 1.2 Классификация поверхностей .....                    | 6  |
| 1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....      | 7  |
| 1.4 Задачи работы .....                                 | 9  |
| 2 Разработка технологии изготовления .....              | 10 |
| 2.1 Тип производства.....                               | 10 |
| 2.2 Выбор метода получения заготовки .....              | 11 |
| 2.3 Проектирование заготовки .....                      | 13 |
| 2.4 Разработка технологического маршрута.....           | 15 |
| 2.5 Выбор средств оснащения .....                       | 17 |
| 2.6 Расчет режимов резания и норм времени .....         | 19 |
| 3 Разработка специальной технологической оснастки ..... | 24 |
| 3.1 Проектирование приспособления .....                 | 24 |
| 3.2 Проектирование инструмента .....                    | 30 |
| 4 Экологичность и безопасность проекта.....             | 32 |
| 5 Экономическая эффективность работы .....              | 35 |
| Заключение .....                                        | 39 |
| Список используемых источников.....                     | 40 |
| Приложение А Технологические карты .....                | 43 |
| Приложение Б Спецификация приспособления .....          | 49 |
| Приложение В Спецификация инструмента .....             | 51 |

## Введение

В задании определена деталь, являющаяся частью станочного узла. Требования к конструкции станка и его отдельным элементам очень высокие. В зависимости от назначения детали они имеют специфические наборы типовых требований. Например, рабочая поверхность станины должна иметь повышенные требования по прямолинейности и параллельности. Сама конструкция станины и ее материал вместе должны обеспечить прочность и жесткость, чтобы гарантировать стабильность работы станка. Параметры поверхностного слоя направляющих станины должны обеспечить большие нагрузки.

Коробка скоростей и коробка подач еще одни из главных компонент станка. Их назначение - точное и плавное изменение скорости резания и подачи. По конструкции здесь требования к основным отверстиям и прилегающим плоскостям для обеспечения точности положения валов. Конструктивно также должна обеспечиваться жесткость. Материал, его свойства должны обеспечить заданный ресурс работы.

Суппорт для позиционирования инструмента имеет коробчатую форму. Сочетает требования к станине (точность направляющих) и передней бабке (точность отверстий). Задняя бабка имеет две основных поверхности, жестко связанных между собой: отверстие под пиноль и установочную плоскость.

Требования к узлам и главным деталям станка являются жесткими и некоторые детали, например ходовые валы и винты, шпиндели можно отнести к категории прецизионных деталей.

Детали типа тел вращения, которые входят в конструкции станков, характеризуются высокими требованиями к точности размеров. Для посадочных шеек она может достигать до 5 квалитета точности размеров. Также, поверхности участвующие в определении положения детали в узле, связываются требованиями расположения. По соосности оно может достигать до 0,01 мм. Точность формы соответствующая и может назначаться в

пределах нескольких микрон. Дополняется это соответствующими требованиями по шероховатости.

С учетом указанных технических требований в сочетании с плохой технологичностью по обрабатываемости материалов возникают технологические проблемы при изготовлении таких деталей. Из-за неудовлетворительной обрабатываемости материалов, которые характеризуются повышенным уровнем прочности и твердости, возникают повышенные силы резания и температуры в зоне обработки. В сочетании с невысокой жесткостью таких деталей возникают большие деформации. Поэтому при обработке элементов станков необходимо обеспечивать рациональное расположение опорных элементов на станке с целью повышения и выравнивания жесткости заготовки.

Проектирование детали начинается с выбора материала. Обычно для деталей станков типа тел вращения используется высококачественная легированная сталь, способная выдерживать большие статические и динамические нагрузки.

Комплекс требований определяется по служебному назначению каждой поверхности.

Для разработки эффективного технологического процесса изготовления вала необходимо выполнение всестороннего анализа условий обработки, особенностей изготовления по операциям при обработке маложесткого высокоточного вала.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ назначения детали**

Вал входит в конструкцию станочного узла и предназначен для передачи крутящего момента. Он устанавливается в опорных подшипниках, расстояние между которыми обеспечивается при помощи дистанционной втулки. Передача крутящего момента на валу обеспечивается за счет шпоночных пазов. Для фиксации осевого положения вала используется с двух сторон замыкание подшипников гайками.

Условия работы вала- значительный крутящий момент, динамические нагрузки [1].

Работает в смазочной среде, так как выходные концы вала проходят через герметизирующие крышки.

### **1.2 Классификация поверхностей**

Вал имеет симметричную форму в продольном направлении и поэтому на рисунке 1 показано изображение только левой части детали.

На этом эскизе пронумерованы поверхности вала. Далее проводится классификация поверхности по служебному назначению в соответствии с номерами на эскизе.

Симметричные шейки 4 являются основными конструкторскими базами. Осевой базой является резьба 3.

Поверхности 1, 2, 11, 12, 15 – 17 относят к вспомогательным конструкторским базам. Они предназначены для установки шпонок, шкивов, манжетных уплотнений для герметизации [2].

Исполнительная поверхность - боковые стенки шпоночного паза 11.

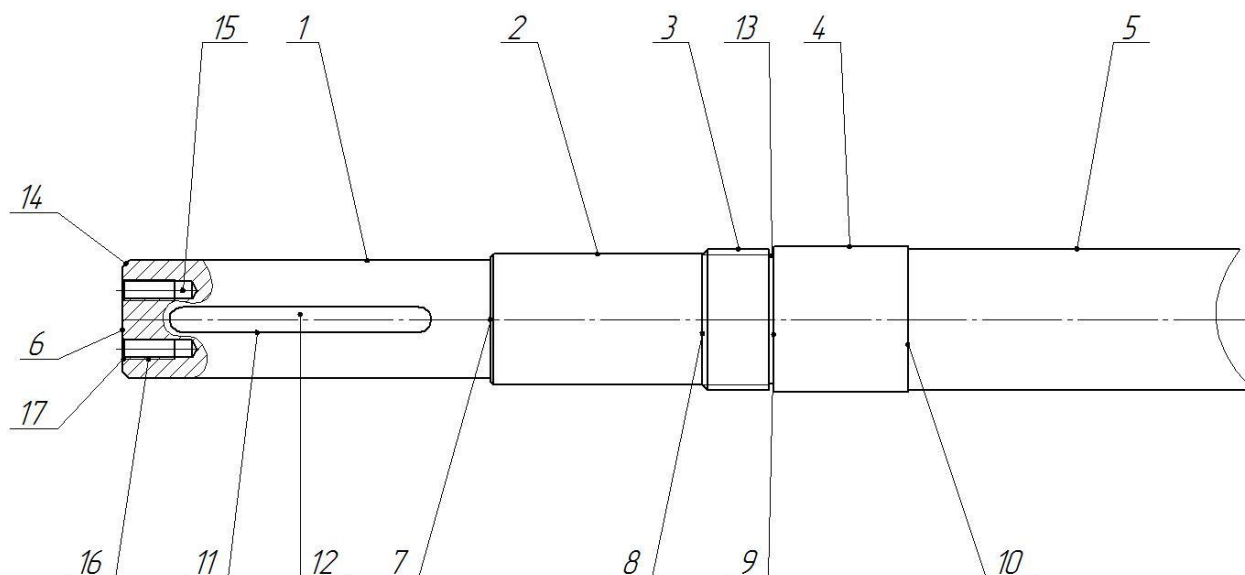


Рисунок 1 – Эскиз вала станочного узла

Все остальные поверхности свободные и они имеют самые грубые допуски по точности размеров и требования к шероховатости.

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Сталь 40ХНМА является труднообрабатываемым материалом, так как коэффициент обрабатываемости меньше 1. Это требует корректировки скорости резания, материала инструмента.

Вал имеет сложную конструкцию, что может усложнить процесс его изготовления. Это связано с его малой конструктивной жесткостью. Для обеспечения высокой точности необходимо обязательно использование многоопорной схемы установки [19].

Конструктивные элементы стандартные. Осевая симметричность вала облегчает наладку станков. На последовательных установках размеры будут одни и те же.

Заготовка для вала может быть получена несколькими различными способами, включая ковку или прокат. Выбор метода зависит от суммарных затрат на получение заготовки и обработку.

С точки зрения выбора методов получения исходной заготовки, сталь 40ХНМА обладает хорошей пластичностью. Это позволяет также проводить отделочную обработку поверхностным пластическим деформированием.

По контролепригодности детали возникают проблемы. Вал имеет большое отношение длины к диаметру и при этом высокие требования по соосности и отклонению от перпендикулярности торцов. При установке горизонтально, заготовка или деталь может провиснуть от действия сил тяжести, а введение дополнительных опор при этом ведет к дополнительной погрешности измерения.

Использование центровых отверстий вала может обеспечить его надежное закрепление на станке во время обработки по стандартной схеме с поджимом задним центром. Но необходимы промежуточные опоры. Это стандартные люнеты с индивидуальной выверкой или самоцентрирующие с автоматическим центрированием.

Особый вопрос связан с транспортировкой заготовок и их хранением. Установка на призмы в горизонтальном положении может привести к искривлению оси заготовки. Система хранения вала должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить его безопасную транспортировку и хранение без повреждений в вертикальном положении.

Обработка вала с учетом требований чертежа включает в себя токарные, фрезерные и шлифовальные операции. Каждая из этих операций требует выбора соответствующего оборудования, оснащения, а также точного контроля параметров обработки с учетом в первую очередь малой жесткости заготовки.

Учитывая все это, вал отнесем к категории не технологичных деталей.



## **1.4 Задачи работы**

Вал изготавливается в объеме 10000 деталей в год, что соответствует среднесерийному типу производства. Это требует оптимизации технологического процесса для обеспечения минимальной загрузки оборудования, высокой производительности при обеспечении требуемой точности.

Разработка специализированного люнета и токарного резца для точной обработки являются ключевыми аспектами для повышения эффективности производительности процесса.

В процессе обработки вала необходимо обеспечить комплексный контроль качества на каждом этапе, чтобы гарантировать соответствие вала требуемым стандартам. Он включает в себя измерение размеров, проверку допусков расположения и формы, методы контроля шероховатости. Причем делать все это надо не только после операций, но и если заготовка пролежала на межоперационном хранении достаточно длительное время. Это связано с процессами самопроизвольной релаксации остаточных технологических напряжений. Сопутствующие процессы коробления могут принести к нарушению технических требований, достигнутых на предыдущих операциях изготовления вала. Необходимо для обработки вала выбрать специализированные инструменты и оснастку, выполнить расчет и проектирование соответствующих операций. При обработке вала необходимо учитывать вопросы охраны труда и экологической безопасности. К этому относится использование средств индивидуальной защиты, контроль выбросов и отходов, а также обучение персонала по безопасности. Необходимо провести анализ экономической эффективности внедрения усовершенствований технологии.

Выводы по разделу

Выполнен анализ технологичности. Сформулированы задачи работы.

## **2 Разработка технологии изготовления**

### **2.1 Тип производства**

Для проектирования технологии выполним анализ особенностей изготовления и операций по обработке маложесткого высокоточного вала с учетом заданного объема выпуска.

С учетом 10000 деталей в год выбираем среднесерийное производство.

Средне-серийное производство характеризуется выпуском изделий в средних объемах выпуска и при средней номенклатуре изделий.

Использование типовых процессов рекомендуется для увеличения эффективности проектирования и реализации технологических процессов.

Совмещение элементов массового и индивидуального производства в плане автоматизации транспортировки и загрузки-выгрузки заготовок, использование систем автоматизированного контроля, связь рабочих мест и технологических постов. Последнее обеспечивает оперативное изменение программного обеспечения для переналадки оборудования.

Применение автоматизированных систем для увеличения производительности может касаться и проведения непосредственной обработки (контроль состояния инструмента, он-лайн диагностика выходных параметров).

Использование универсальных станков с возможностью быстрой переналадки и программирования для обработки различных деталей является необходимым условием гибкости и адаптивности производственного участка.

Применение компьютерного проектирования (CAD/CAM системы) дает возможность виртуальной отладки технологических операций. Внедрение техпроцесса будет более быстрым и успешным. Управление производственными процессами на основе систем PLM снижает непроизводственные издержки.

Применение точных средств измерения и контроля качества деталей должно быть обосновано допусками контролируемых параметров.

Задача на проектирование технологии изготовления маложесткого вала из стали 40ХНМА для среднесерийного производства. Вал должен быть изготовлен с точностью расположения до 0,01 мм и шероховатостью поверхности до Ra 0,8 мкм. Необходимо разработать технологию изготовления, включающую все операции от получения заготовки до финишной обработки.

## 2.2 Выбор метода получения заготовки

Выбор основан на сравнении стоимости проката и штамповки. Перепад ступенек у штамповки менее 5 мм на сторону.

«Масса проката

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho, \quad (1)$$

где d – диаметр, м;

l – длина, мм;

$\rho$  – плотность, кг/мм<sup>3</sup>» [7].

С учетом припусков

$$M = \frac{\pi 0,046^2}{4} 0,615 \cdot 7850 = 8,1 \text{ кг.}$$

«Найдем общие затраты

$$C_T = C_{\text{заг.}} \cdot M + C_{\text{мех.}} \cdot (M - m) - C_{\text{отх.}} \cdot (M - m), \quad (2)$$

где  $C_{\text{заг.}}$  – затраты на заготовку, руб/кг;

$C_{\text{мех.}}$  – затраты на обработку, руб/кг;

M – масса заготовки, кг;

m – масса вала, кг;

$C_{отх.}$  – цена стружки, руб/кг» [4].

«Механическая обработка включает текущие и капитальные затраты

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k, C_{мех}, \quad (3)$$

где  $C_c$  – текущие затраты, руб/кг;

$E_n$  – коэффициент эффективности капитальных вложений;

$C_k$  – капитальные затраты, руб/кг» [15].

С учетом отрасли  $C_{мех} = 5,11$  руб/кг, а для стружки  $C_{отх}$  примем 1,4 руб/кг.

Прокат

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot h_{\phi}, \quad (4)$$

где  $C_{пр}$  – цена 40ХНМА, руб/кг;

$h_{\phi}$  – коэффициент формы ( $h_{\phi} = 1$ ).

$$C_{заг} = 24,73 \cdot 1 = 24,73 \text{ руб./кг.}$$

$$C_{т.пр} = 24,73 \cdot 8,1 + 5,11 \cdot (8,1 - 5,8) - 1,4 \cdot (8,1 - 5,8) = 208,9 \text{ руб.}$$

«Для второго варианта

$$C_{шт} = C_{баз} h_1 h_2 h_3 h_4 h_5, \quad (5)$$

где  $C_{баз}$  – стоимость штамповки на КГШП, руб/кг;

$h_1$  – коэффициент точности;

$h_2$  – коэффициент сложности;

$h_3$  – коэффициент массы;

$h_4$  – коэффициент материала;

$h_5$  – коэффициент серийности» [13].

$$C_{шт} = 32,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 = 29,5 \text{ руб.}$$

$$C_{т.пр} = 29,5 \cdot 7,6 + 5,11 \cdot (7,6 - 5,8) - 1,4 \cdot (7,6 - 5,8) = 234,5 \text{ руб.}$$

Получается прокат предпочтительней.

### 2.3 Проектирование заготовки

Расчет проката ориентировочно уже сделан. По 2 мм на наибольший диаметр дает в сумме с размером детали 46 мм, что является стандартным значением.

На сторону по 2,5 мм увеличивает длину штучной заготовки после отрезки на 615 мм.

Расчет выполним для определения промежуточных припусков и операционных размеров по переходам.

Переходы выбираем стандартные: черновое точение, чистовое точение, термообработка, шлифование черновое шлифование чистовое. Возможна корректировка данных переходов на этапах проектирования операций и оснащения.

Чтобы выполнить расчет, найдем минимальный припуск. Сумму шероховатости и дефектного слоя берем из методических указаний [20]. Допуск суммарный на отклонения расположения считаем

$$\rho_{заг} = \rho_{кор} = \Delta_k \cdot l, \quad (6)$$

«где  $\rho_{кор}$  - коробление, мкм;

$\Delta_k$  – относительное коробление для горячекатаного проката, мкм/мм;

$l$  – половина длины вала, мкм» [13].

Смещение отсутствует, так как одна ступень. Погрешность зацентровки тоже отсутствует, так как используем систему люнетов, а от центровых отверстий отказываемся.

$$\rho_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 315 = 788 \text{ мкм.}$$

Последовательное изменение этой погрешности учтем через  $k_i$  коэффициент уточнения

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{\text{заг}}. \quad (7)$$

Расчетные размеры и припуски сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Операционный расчет

| Переход                          | Допуск,<br>мкм | Размер,<br>мм |            | Припуск,<br>мкм  |                  |
|----------------------------------|----------------|---------------|------------|------------------|------------------|
|                                  |                | $d_{\min}$    | $d_{\max}$ | $2z_{\min}^{np}$ | $2z_{\max}^{np}$ |
| Заготовка (прокат)               | 2,2            | 45,34         | 47,54      | -                | -                |
| Точение черновое<br>получистовое | 0,35           | 42,84         | 43,19      | 2,5              | 4,35             |
|                                  | 0,14           | 42,45         | 42,59      | 0,39             | 0,6              |
| Точение чистовое<br>отделочное   | 0,054          | 42,172        | 42,226     | 0,28             | 0,366            |
|                                  | 0,022          | 42,002        | 42,018     | 0,17             | 0,208            |

С учетом полученных размеров заготовки оставляем прутки диаметром 46 мм.

Точность отрезки примем на фрезерно-отрезном станке 0,75 мм. Отклонение от прямолинейности оси заготовки вала 0,025 на 100 мм длины. Что дает суммарное значение 0,75 мм – предельное значение для прутка.

Приняли схему установки в патроне с центрированием в кулачках и дополнительное центрирование в самоцентрирующих люнетах.

На рисунке 2 показана схема базирования.



Увеличение числа опор –люнетов будет повышать площадь контакта, распределять давление на большее количество опор. Но возникает проблема их выверки на одну ось [9].

Использовать можно дополнительные опоры или поддерживающие элементы для удержания вала и уменьшения его деформации или вибрации и в единичном количестве. Это может включать в себя установку люнета непосредственно на суппорт и сопровождение зоны резания такой опорой. «Она препятствует смещению заготовки от действия сил резания. Но части заготовки, расположенные вне этой зоны испытывают значительные динамические возмущения, которые все равно будут передаваться в зону резания» [12].

Можно уменьшить вылет вала за пределы зажимного патрона, чтобы увеличить его жесткость. Это может быть в особенности полезно при обработке длинных валов малого диаметра. В этом случае необходимо, чтобы патрон имел центральное сквозное отверстие большой глубины. В нашем случае это 320 мм.

Усложнение конструкций специализированных инструментов за счет введения вибрационных амортизаторов, может помочь снизить вибрации при обработке.

Действенным средством снижения вибраций является оптимальная настройка скорости резания и подачи инструмента для снижения вибраций. Здесь также учитывается геометрия инструмента. Слишком высокая скорость может вызвать резонансные колебания, а недостаточная подача может привести к автоколебаниям.

Есть вариант обработки с делением ширины или толщины срезаемого слоя. Распределение этих параметров между одновременно работающими резцами может снижать динамические возмущения в зоне резания и исключать появление вибраций. Отдельно стоит отметить точение противоположно направленными резцами с силовым замыканием вала между ними.



Можно выбрать и комбинировать эти методы и средства для обеспечения заданных требований.

## **2.5 Выбор средств оснащения**

Основой технологии изготовления вала является использование станка  
Описание станка SPECTR TL2500.

Данный станок обладает револьверной головой на 12 позиций, что позволяет выполнять технологически сложные задачи с высокой точностью. Возможность исполнения с приводным инструментом ВМТ55 и осью Y расширяет функциональные возможности станка, делая его универсальным решением для различных производственных задач. Для вала это возможность обработки шпоночных пазов и отверстий в торце.

Станок представлен на рисунке 3.

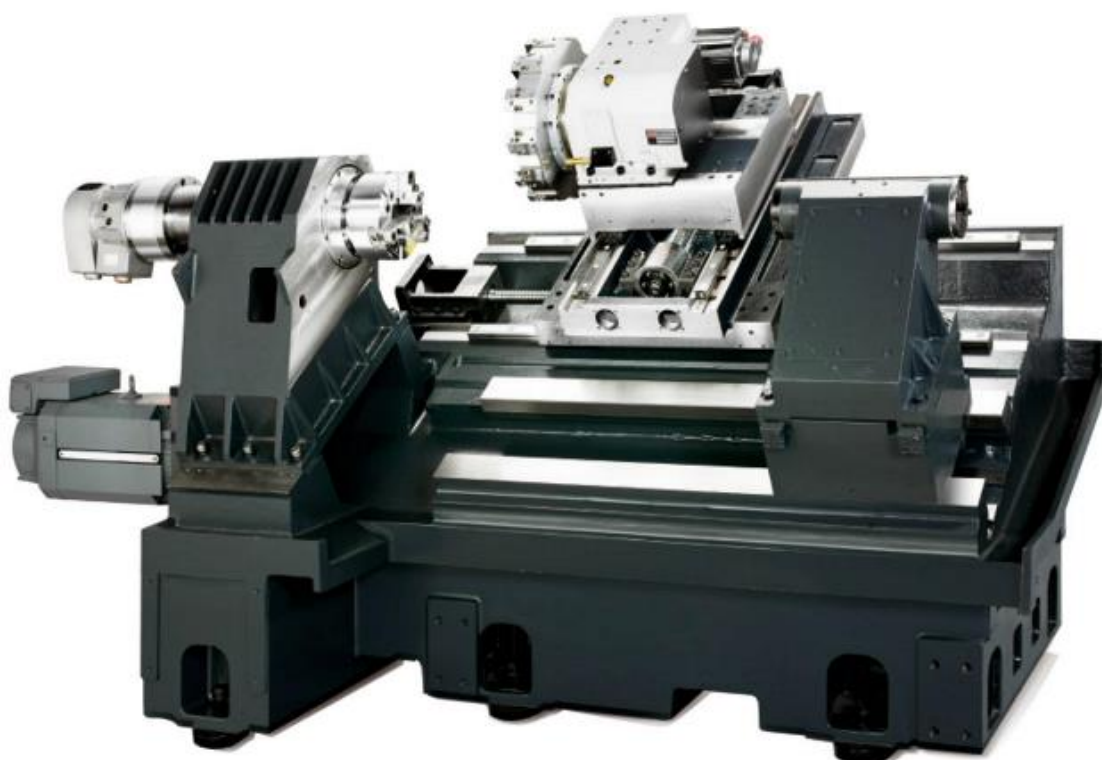


Рисунок 3 – Станок SPECTR TL2500

Станок SPECTR TL2500 оборудован направляющими качения и ШВП (шарики-винтовая передача). Их конструкция обеспечивает высокую точность перемещения суппортной группы и долговечность работы станка.

Система автоматического измерения инструмента HPMA от компании Renishaw значительно упрощает процесс настройки и контроля состояния инструмента, повышая эффективность работы оператора.

Подача смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) через револьвер/инструмент под давлением до 20 бар способствует улучшению условий обработки и продлению срока службы инструмента.

В комплектацию входят функции Manual Guide для удобства программирования, маслоотделитель для поддержания чистоты рабочей зоны и уловитель готовых деталей для повышения безопасности [14].

Все элементы оснастки показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Средства технологического оснащения

| Операция     | Станок                       | Приспособление                                         | Инструмент                                                                                                                                                                                                                                                        | Измерительное средство                  |
|--------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1            | 2                            | 3                                                      | 4                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                       |
| 005 токарная | Токарный центр SPECTR TL2500 | 7102-0065 Патрон ГОСТ 24351-80; Люнет самоцентрирующий | Резец 2101-0012 T5K10 ГОСТ 18879-73; 035-2128-0529 Резец T14K8 ОСТ 2И10-8-84; Резец 2101-0012 T15K6 ГОСТ 18879-73; 2130-0002 Резец T15K6 ГОСТ 18884-73; 2223-1102 Фреза диаметр 8 мм, z=3 P8M3K6C ГОСТ 23247-78; 2300-0849 Сверло диаметр 5 мм P6M5 ГОСТ 19543-74 | ШЦ-1 ГОСТ 166-80 Микрометр ГОСТ 6507-60 |

Продолжение таблицы 2

| 1                                 | 2                                      | 3                                                                   | 4                                                       | 5   |
|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----|
| 010<br>Термооб<br>работка         | Печь                                   | -                                                                   | -                                                       | -   |
| 015-020<br>Круглошлифо<br>вальная | Круглошлифов<br>альный станок<br>3М194 | 7102-0065 Патрон<br>ГОСТ 24351-80;<br>Люнет<br>самоцентрирующ<br>ий | 1 350x50x120<br>23AF60 6L V 35 м/с<br>А ГОСТ 2000- 2008 | ПАК |

Оснащение выбрано с учетом установочных поверхностей в шпинделе или суппорте станков.

## 2.6 Расчет режимов резания и норм времени

Спроектируем точение чистовое в рамках общей лезвийной обработки на 005 токарной операции [10].

«Для точения формула

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v. \quad (8)$$

где поправочный коэффициент

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (9)$$

где  $K_{mv}$ - для учета прочности 40ХНМА;

$K_{pv}$  – коэффициент состояния поверхности (после механической обработки);

$K_{iv}$  – учитывает режущей материал (Т5К10)» [15].

Для 750 МПа по прочности коэффициент

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

где  $n_v$  - показатель для метода обработки.

$$K_{mv} = 1,1 \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 1,1.$$

Для чистовой обработки

$$K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1.$$

Скорость резания

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,22^{0,2}} \cdot 1,1 = 306 \text{ м/мин.}$$

«Найдем обороты шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (11)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$d$  - диаметр, мм» [16].

$$n = \frac{1000 \cdot 306}{3,14 \cdot 44} = 2215 \text{ мин}^{-1}.$$

Обороты станка до 4200 об/мин, поэтому принимаем расчетное значение 2215 об/мин.

Для нормирования найдем:

$$S_m = S \cdot n. \quad (12)$$

$$S_m = 0,22 \cdot 2215 = 487 \text{ мм/мин.}$$

Силовая проверка для чернового прохода

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (13)$$

«где

$$K_p = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,35} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (14)$$

где  $k_1, k_2, k_3, k_4$  – учитывают влияние геометрии режущей части (главного угла в плане, переднего, угла наклона, радиуса)» [16].

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,35} = 1.$$

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,83.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 0,83 = 2038 \text{ Н}.$$

Тогда для проверки станка с 22 кВт для главного привода:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (15)$$

$$N = \frac{2038 \cdot 150}{1020 \cdot 60} = 5 \text{ кВт}.$$

Проверочное условие:

$$N_e \leq N_{\text{п}} \cdot \eta, \quad (16)$$

где  $N_{\text{п}}$  – мощность привода станка, кВт ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия.

$$5 \leq 22 \cdot 0,95 = 20,9.$$

Нормирование

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}}. \quad (17)$$

где  $n$  – партия запуска.

Она составит с учетом 10000 деталей в год и периодичности запуска в 12 дней 477 деталей в партии запуска. Учтем  $T_{\text{п-з}}$  для операций. Главная составляющая времени - штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \quad (18)$$

«где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_v$  – время вспомогательное, мин;

$T_{об}$  – время технического и организационного обслуживания, мин;

$T_{от}$  – время перерывов» [8].

«Основное время обработки:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (19)$$

где  $l_1$  – подвод, мм;

$l_p$  – длина рабочего хода, мм;

$l_2$  – перебег, мм;

$S_{мин}$  – минутная подача, мм/мин» [18].

В середине заготовки есть зауженная часть диаметром 40 мм. ее формируем отдельным проходом на длину 166 мм. Участки по концам вала обрабатываем по длине за проход. Тогда длину хода можно принять равной длине вала 610 мм с учетом точения буртиков. Их размер 4 мм на сторону общий.

$$T_o = \frac{(610 + 4 + 5 \cdot 4) \cdot 1}{487} = 1,3 \text{ мин.}$$

Для остальных переходов время суммируем

$$T_o = 2,6 + 1,3 + 1,5 + 1,4 = 6,8 \text{ мин.}$$

Общее вспомогательное время

$$T_v = (T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}) \cdot k_{ср}, \quad (20)$$

«где  $T_{у.с.}$  – время установки и снятие;

$T_{з.о.}$  – время закрепления и раскрепления;

$T_{уп}$  – время управления станком, мин;

$T_{из}$  – время измерений, мин;

$k_{ср}$  – коэффициент серийного производства» [17].

$$T_{\text{в}} = (0,08 + 0,03 + 0,04 \cdot 4 + 0,25 \cdot 6) \cdot 1,85 = 3,3 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{в}} + T_{\text{о}}. \quad (21)$$

$$T_{\text{оп}} = 6,8 + 3,3 = 10,1 \text{ мин.}$$

Время обслуживания

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot \frac{a}{100}. \quad (22)$$

где  $a$  – коэффициент 5%.

На перерывы

$$T_{\text{от}} = T_{\text{оп}} \cdot \frac{b}{100}. \quad (23)$$

где  $b$  – для детали заданной массы 6%.

$$T_{\text{об}} = 10,1 \cdot \frac{5}{100} = 0,5 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{от}} = 10,1 \cdot \frac{6}{100} = 0,6 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 10,1 + 0,5 + 0,6 = 11,2 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{40}{477} + 11,2 = 11,3 \text{ мин.}$$

Выводы по разделу

В разделе выбрана исходная заготовка, спроектирована, рассчитаны размеры и припуски. Для технологических операций выбрано оборудование. Спроектирована токарная операция. Вся информация в таблицах А.1 и А.2 приложения А.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Проектирование приспособления

Задача подраздела – спроектировать самоцентрирующий люнет для стабилизации оси заготовки вала на токарной и шлифовальной операциях.

Для стабилизации оси заготовки маложесткого вала необходимо использовать самоцентрирующий люнет. Выберем компоновочную схему с винтовым зажимом сходящихся роликовых опор. Их фиксация в угловом положении предохраняет от смещения под действием составляющей силы резания  $P_y$ .

В результате смещения будут определяться только общей деформацией элементов люнета и контактной жесткостью сопряжений. Для изготовления люнета детали имеют высокие требования по точности и качеству, а также термически обрабатываются до высокой степени твердости. «Так как контактные поверхности имеют высокую точность по плоскостности и низкую шероховатость, деформация в стыках люнета при нагрузке соответствующей черновой обработке не превышают 0,003 мм, а при чистовой обработке еще меньше» [11].

Винтовая пара самотормозящая. Кроме этого в зажимном валу прикладывается зажимной момент, который и создает усилие зажима  $W$

$$W_1 = K \cdot P_z, \quad (24)$$

«где  $k$  - коэффициент безопасности

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (25)$$

где  $k_0$  – коэффициент гарантированного запаса;

$k_1$  – коэффициент характера обработки;

$k_2$  – коэффициент износа;

$k_3$  – коэффициент для непрерывного резания;



$k_4$  – коэффициент для эргономичного зажима;

$k_5$  – коэффициент удобства для ручного зажима;

$k_6$  – коэффициент базирования» [18].

$$W_1 = 2.5 \cdot 2038 = 5095 \text{ Н}.$$

Для выбранного винтового механизма главный параметр - номинальный диаметр винта  $d$

$$d = 1.4 \sqrt{W_1 / \sigma_p}, \quad (26)$$

где  $\sigma_p$  - напряжения растяжения винта, МПа.

$$d = 1.4 \sqrt{5095 / 100} = 10 \text{ мм}$$

Обработка планируется для широкой номенклатуры деталей. Поэтому для запаса принимаем М30х3,5.

Крутящий крутящий

$$M_{кр} = 0.2 \cdot W_1 \cdot d = 0.2 \cdot 5095 \cdot 0.030 = 30.57 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По этому моменту подбирается шаговый двигатель по крутящему моменту для механизации закрепления.

По условию предотвращающего само отвинчивание  $\eta < 0.4$ .  $\eta$  для данных условий обработки равен 0,351.

Конструктивно она должна вписываться в параметры базового станка SPECTR L2500M. Максимальная простота в эксплуатации и обслуживании обеспечивается механизмом выверки и механизацией зажима самой заготовки.

Динамические параметры должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к системам автоматического управления. Сигнал на зажим синхронизируется с зажимом патрона. Все действия по стабилизации происходят в автоматическом режиме.

Для установки трех люнетов исходим из величины пролета между ними. Она должна быть не более 5 диаметров, то есть 200 мм. Тогда три люнета будут иметь расстояние между собой менее 200 мм. Разместить несущую балку и самоцентрирующие люнеты над суппортом по возможности не уменьшая наибольшую длину обрабатываемой детали. Это можно расположив несущую балку снизу станины, наклоненной на  $45^0$ .

«Самоцентрирующие люнеты должны иметь такое расположение опорных роликов, чтобы не перекрывать зону резания во всем диапазоне диаметров заготовок для данного участка (от 30 до 130 мм), и обеспечить обработку с одного установа наружной и внутренней поверхности (если это втулка).

Кронштейны люнетов должны быть оснащены механизмами выверки, обеспечивающими возможность настройки люнетов по технологической оси с точностью до 0,003 мм.

Жесткость и демпфирующие свойства самой балки и всей системы обеспечения точности и производительности механической обработки маложестких деталей должны удовлетворять заданным требованиям. Несущая балка должна обеспечивать размещение необходимых механизмов зажима вне зоны резания, не ограничивая перемещения узлов станка» [12].

Установка для стабилизации оси детали содержит балку, кронштейн крепления люнетов, сами люнеты с приводами зажима в виде шаговых двигателей.

В результате заготовка вала имеет повышенную жесткость по всей ее длине.

На рисунке 4 показана схема обработки вала в люнетах.

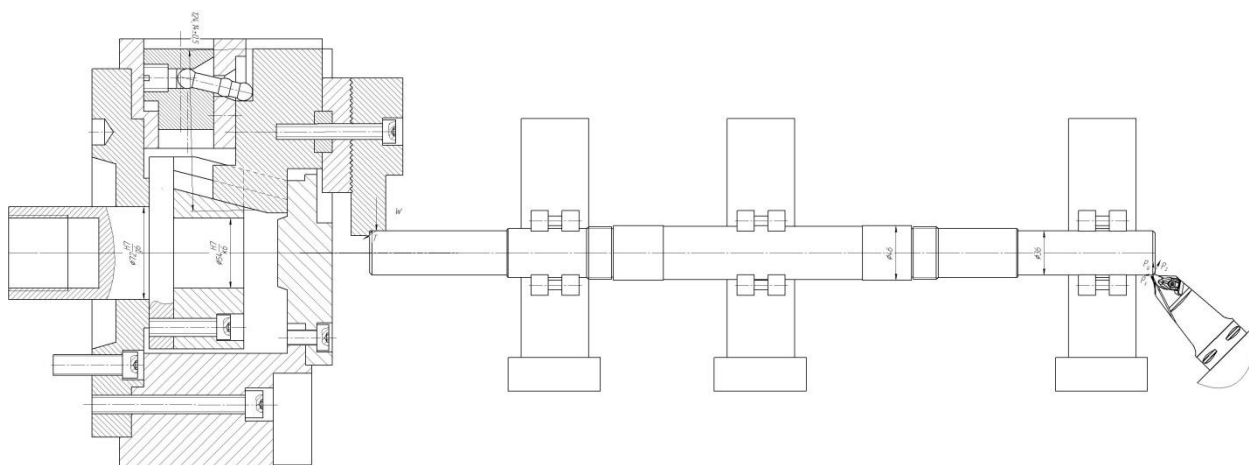


Рисунок 4 - Схема обработки вала

Это позволяет базировать пруток по образующей поверхности, которая совпадает с измерительной базовой поверхностью.

Самоцентрирующий люнет состоит из корпуса 1, внутри которого находятся рычаги 2, передвигающиеся по направляющим 3 посредством винта 4. Винт имеет три опоры и вращается во втулках 5, 6 и 12. На рычагах 2 в пазу установлено коромысло 8, закрепленное на оси 9. На коромысле 8 размещены рычаги 7, в отверстиях которых на оси 13 зафиксированы ролики 14. Винт 4 соединен с шаговым электродвигателем с гидроусилителем (не показан).

Принцип работы исполнительного механизма люнета следующий. При получении сигнала на привод зажима, винт 4 начинает вращаться в опорных втулках 5, 6 и 7. Рычаги 2 движутся по направляющим 3 к центру обрабатываемой заготовки. Ролики 14 благодаря своей способности поворачиваться на рычагах 7 располагаются по поверхности заготовки, центрируя её. Когда достигается определенный крутящий момент на двигателе привода, он отключается. Проходя зону обработки под люнетом, ролики 14 поворачиваются вокруг оси 9, поддерживая контакт с поверхностью заготовки.

Для уменьшения нагрузки на ролики и рычаги, а также улучшения динамических свойств системы СПИЗ, продольная ось корпуса люнета вместе с приводом может быть повернута на угол  $\alpha$ , который вычисляется исходя из геометрии резцов как расточной оправки, так и резцов для внешней обточки.

Механизм регулировки положения опоры включает плиту, установленную на несущую балку кронштейна (рисунок 5). Между кронштейнами на плите по скользящей посадке установлен клин, который опирается на клин, перемещающийся винтом. Опорная плита соединена с направляющей по пазу типа "ласточкин хвост". Шаговый привод винта регулировки вертикального положения опорной плиты фиксируется на плите с помощью кронштейна. Аналогичную функцию в горизонтальной плоскости выполняет кронштейн. Клин упирается в наклонную плоскость опорной плиты и имеет две направляющие, перемещающиеся во втулках, обеспечивая направление движения.

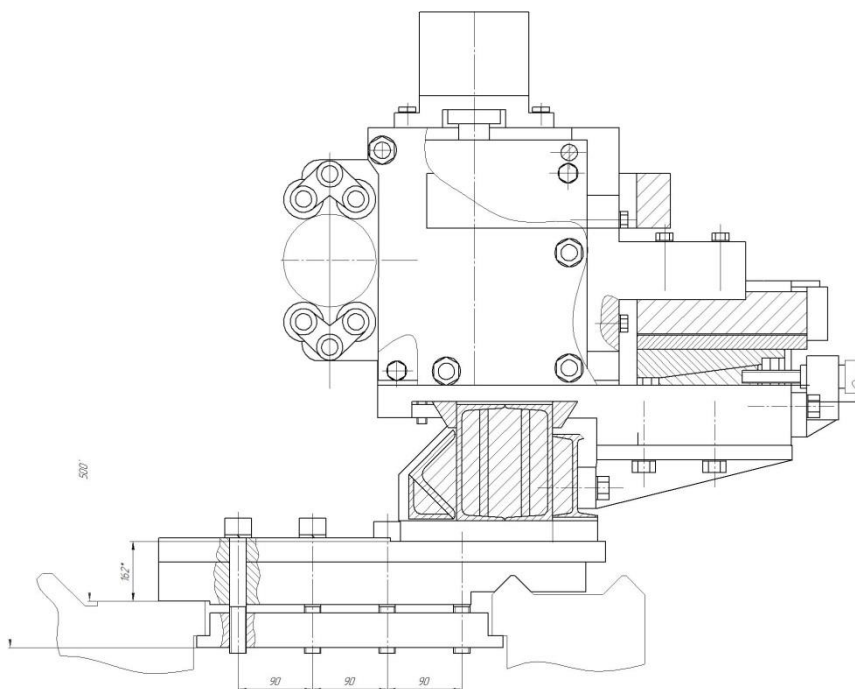


Рисунок 5 - Схема настройки люнета

Устройство работает следующим образом (рисунок 6).

«Механизм регулирования положения опоры содержит плиту 1, установленную на балку кронштейна (не показана). На плите 1 между кронштейнами по скользящей посадке установлен клин 2, который опирается на клин 3, который перемещается винтом 4. Опорная плита 5 соединяется по пазу типа ласточкиного хвоста с направляющей 6. Кронштейн 7 фиксируется на плите 1 и фиксирует шаговый привод винта 4 регулировки вертикального положения опорной плиты 5 (не показан). Кронштейн 8 выполняет аналогичную функцию в горизонтальной плоскости. Клин 9 упирается в наклонную плоскость опорной плиты 5. Для направления движения клин 9 имеет две направляющих 13 перемещающихся во втулках 12.

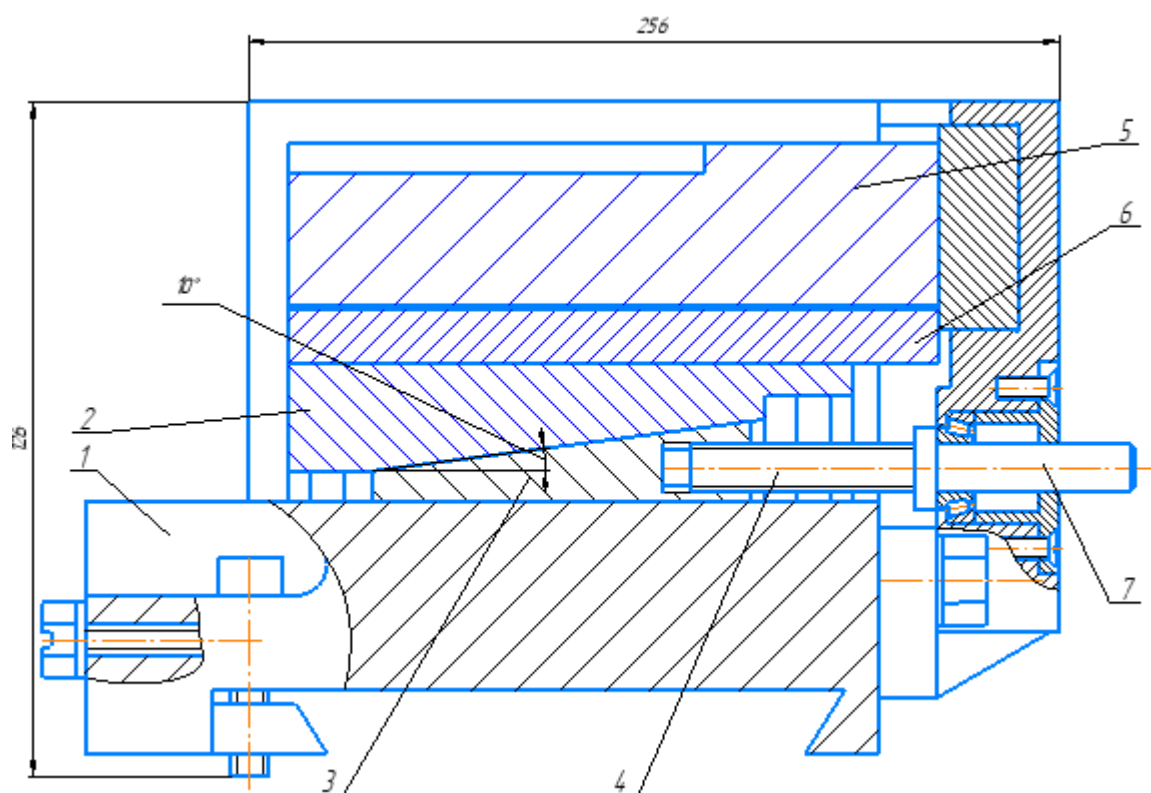


Рисунок 6 – Система выверки

Устройство работает следующим образом. Установленный на опорной плите кронштейн прикрепляется к люнету. «При выверке люнет необходимо

выставить в определенную точку, соответствующей технологической оси системы. Для этого на шаговые приводы перемещений подаются сигналы, соответствующие величине смещения заготовки от заданного положения, которое определяется или оптическим методом или по сигналам с токовихревых датчиков BENTLY-NEVADA. За счет перемещения клина 3 скользящий по его наклонной плоскости клин 2 перемещается вверх. Соответственно поднимается по направляющим кронштейнам плиты 1 направляющая 6. При подаче клина 9 от винта 4 привода горизонтального перемещения опорная плита по «ласточкинскому хвосту» смещается в горизонтальной плоскости. Для фиксации кронштейна на опорной плите есть Т-образные направляющие со шпоночным пазом» [16].

Люнет 3 при выверке фиксируется в щеках 4 при помощи механизма зажима. При выверке его положение задается механизмом регулировки 1 при помощи кронштейна 2. Для придания жесткости конструкции механизм регулировки подпирается кронштейном 5 с горизонтальными пазами. При перестановке люнета вдоль оси заготовки плита механизма регулировки крепится на балке 6 клином 8 винтом 15 и к кронштейну 5 винтами 10. Его спецификация в таблице Б.1 приложения Б.

### **3.2 Проектирование инструмента**

Спроектируем инструмент на токарные переходы по обтачиванию вала, которые бы снизили время на их замену, обеспечивли повышение точности и качества обработки.

Приме за основу конструкцию в двумя режущими пластинами, расположенными на разных сторонах корпуса. Сам корпус по посадочной шейке с профилем SoromanrCapto устанавливается в посадочные отверстия и автоматически зажимается на станке.

Рисунки резцов с двумя вариантами резцов показаны на рисунках 7 и 8.

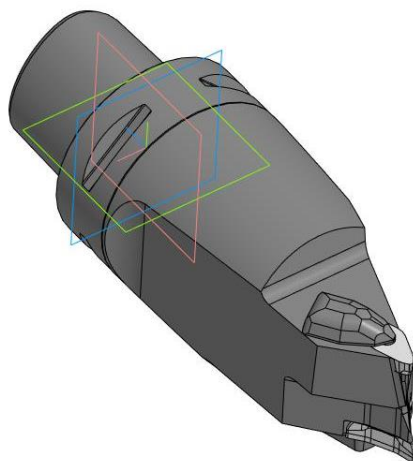


Рисунок 7 - Многофункциональный резец: первый вариант резца

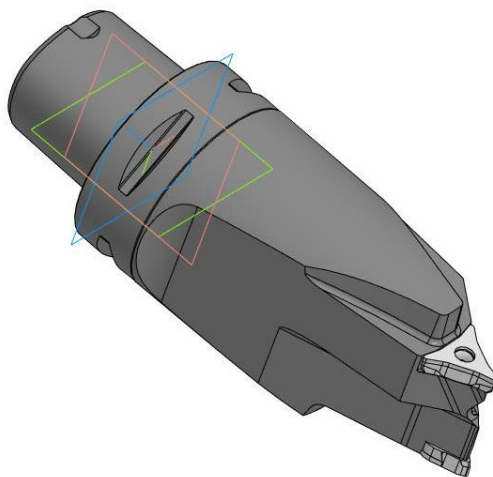


Рисунок 8 - Многофункциональный резец: второй вариант резца

Изменение конструкции инструмента приводит к повышению производительности. Снижается время обработки (боле быстрая замена пластин). Его спецификация в таблице В.1 приложения В.

Новое время операции составит 9,5 мин. При этом основное время будет равно 5,7 мин.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование люнета и режущего инструмента. Станочное приспособление спроектировано для лимитирующей токарной операции.

#### **4 Экологичность и безопасность проекта**

В разделе по методике [3] разрабатываются комплексные меры для обеспечения безопасных и экологически чистых условий труда на участке обработки маложесткого вала станочного узла.

Анализируются планируемые в разделе 2 технологические операции на потенциальные угрозы здоровью рабочих до внедрения конкретных решений.

Целью раздела является обеспечение безопасности труда и соблюдение экологических норм. Это включает в себя как предупреждение травматизма и других вредных последствий для здоровья, так и минимизацию отрицательного воздействия на окружающую среду.

Опасные и вредные производственные факторы разделяются на категории. Механические факторы включают движущиеся части станков, опасные при высокой скорости их движения. Вращающиеся заготовки и режущий инструмент требуют постоянного внимания и использования защитных средств.

На участке наблюдаются такие различные физические явления, как шум и вибрация от работающего оборудования, а также потенциально вредная запыленность воздуха.

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей и образование стружки, особенно абразивной пыли на шлифовальных работах, требует особого внимания к вентиляции и защите слизистой оболочки и дыхательных путей.

Работа с электрооборудованием влечет необходимость строгого соблюдения правил электробезопасности.

Для этого необходимо проведение инструктажей и обучающих программ для персонала, с упором на охрану труда. Это позволит снизить человеческий фактор, как причину несчастных случаев.



Все сотрудники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, такими как спецодежда, защитные очки и респираторы, которые должны быть соответствующего качества и проверены на надежность.

Организация рабочего процесса с учетом оптимального режима труда и отдыха снижает риск усталости и повышает внимание персонала. Проведение регулярных медицинских осмотров помогает своевременно выявить и предупредить развитие профессиональных заболеваний.

Контроль за соблюдением всех установленных норм безопасности должен осуществляться систематически, чтобы гарантировать их эффективность.

Для токарно-фрезерного станка обеспечение безопасности достигается за счет ограждений движущихся частей и установки защитных экранов. Применение блокировок на дверцах и крышках предотвратит несанкционированный доступ к опасной рабочей зоне во время резания.

Предусмотрена установка оснастки, соответствующей обрабатываемым заготовкам и используемым инструментам, для снижения риска их повреждения и поломки оборудования.

Организация поддонов для сбора стружки способствует безопасности и повышению чистоты рабочего места.

Для фрезерных переходов обеспечиваем соответствие фрез типу перехода, обрабатываемому материалу (40ХНМА). При наличии системы пылеудаления обеспечивается не только защита органов дыхания работников, но и экологичность производства.

Для шлифовального оборудования снижение риска также достигается ограждением рабочей зоны и использованием соответствующих абразивных кругов для снижения опасности их поломки и отлета крупных частиц. Комплексная общая и местная система пылеудаления с фильтрацией воздуха способствует улучшению его качества на рабочем месте.

Осмотр и проверка перед началом работы оснащения, контрольно-измерительных систем с использованием поверенных инструментов помогает

снизить вероятность брака и повысить точность обработки при снижении нагрузки на зрение.

Дополнительно для снижения утомляемости необходимо обеспечить качественное освещение – общее и местное, естественное и искусственное. Организационно-технические решения призваны минимизировать влияние монотонности и перенапряжения на работников, улучшая их самочувствие. Ротация обязанностей помогает разнообразить задачи работников, снижая риск монотонности и повышая их мотивацию.

Установление нормированного режима труда и отдыха способствует предотвращению утомляемости и поддержанию высокой производительности.

#### Выводы по разделу

Эти меры направлены на предотвращение несчастных случаев и профессиональных заболеваний, обеспечивая комплексную защиту рабочих.

## 5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – провести вычисления и анализ всех технико-экономических показателей сравниваемых технологий, с целью определения экономического эффекта от разработанных изменений.

Для осуществления задуманного, нужно применить информацию, которая представлена в предыдущих разделах. Она касается только модернизации и оптимизации технологии изготовления детали «Вал станочного узла». Результат существенной перестройки технологии и ее итог, представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Результат существенной перестройки технологии и ее итог

Слева, на рисунке 9, представлен измененный инструмент, который предложено использовать вместо двух резцов, один черновой T5K10, второй чистовой T15K6. Справа, итог по трудоемкости выполнения измененной операции технологии изготовления детали «Вал станочного узла».

Для определения экономического эффекта, первым пунктом необходимо определить капитальные вложения в модернизацию процесса или выражаясь научными терминами – необходимую сумму инвестиций. Чтобы определить сумму инвестиций применим специальную «методику расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [6]. Изменения технологии затрачивают только такие инструмент и оснастку. Поэтому сумма инвестиций будет учитывать «затраты на проектирование ( $K_{IP}$ ), инструмент ( $K_{II}$ ) и корректировку управляющей программы ( $K_{У.ПР}$ )» [6]. Числовое значение перечисленных показателей и общая сумма инвестиций, представлены на рисунке 10.

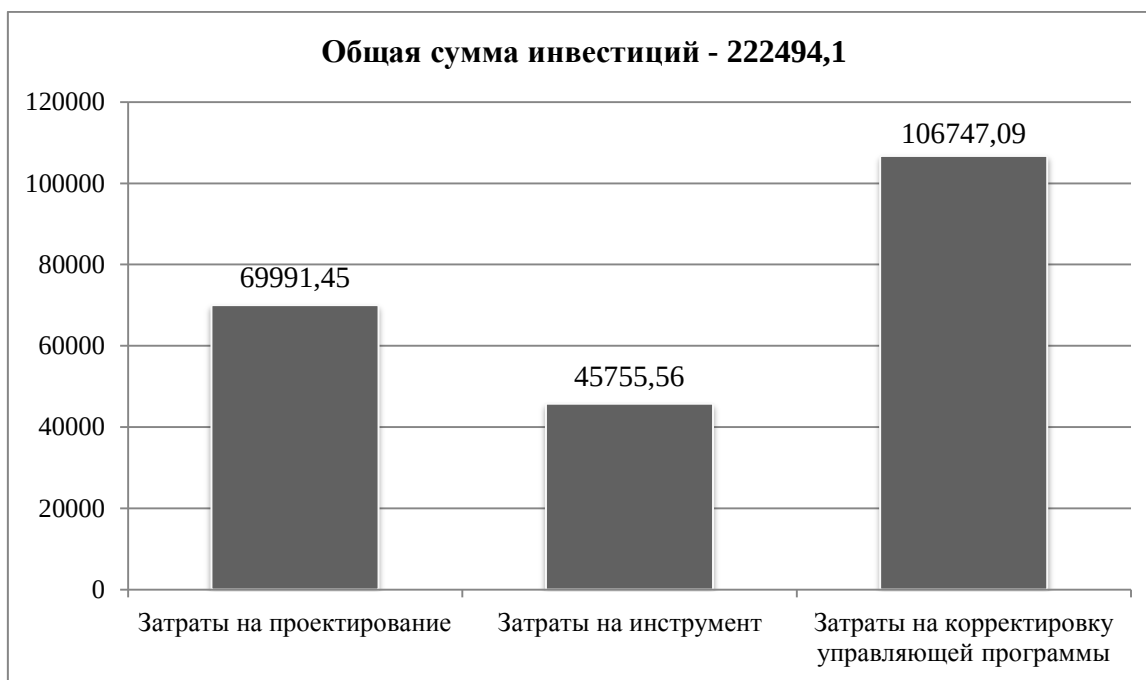


Рисунок 10 – Общая сумма инвестиций и входящих в ее затрат, руб.

Детализация рисунка 10, позволяет сделать вывод о том, что самыми крупными тратами является корректировка управляющей программы, ее доля в общей сумме инвестиций составляет 47,98 %. Самыми наименьшими вложениями для предприятия будут траты, связанные с инструментом, так как их доля составит 20,56 %.

Вслед за проведенными расчетами возникает необходимость подсчитать технологическую себестоимость. Она определяется по методике «расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [6]. Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину, показателей, отображены на рисунке 11.

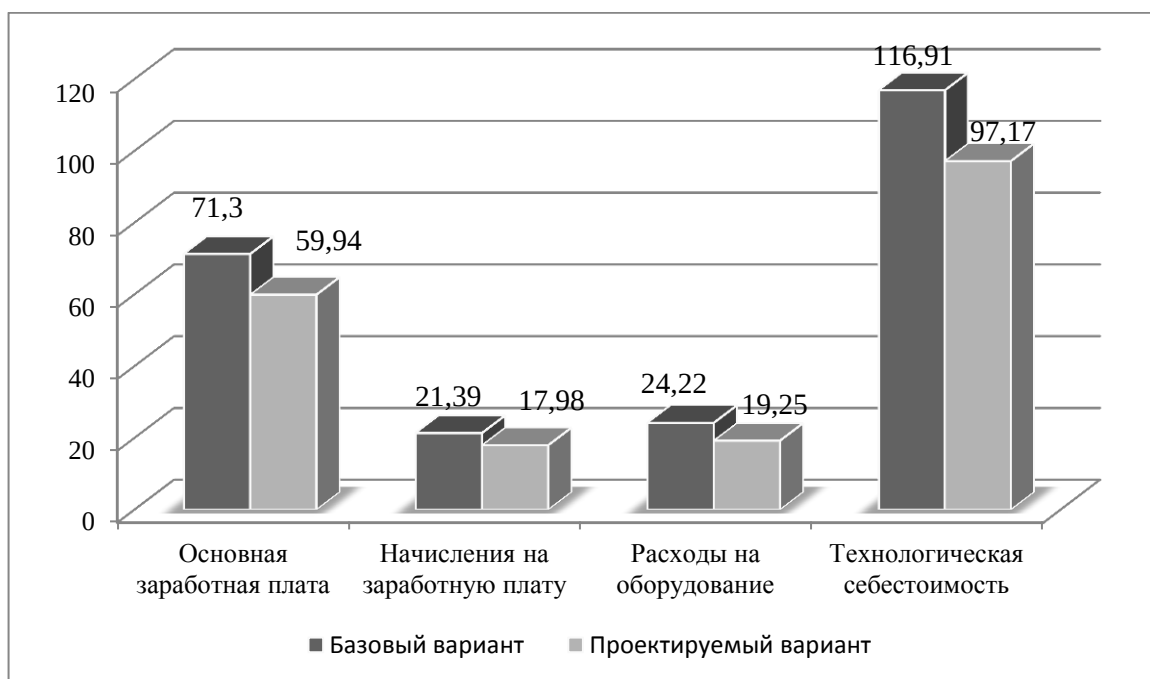


Рисунок 11 – Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину показателей, руб.

Как следует из диаграммы (рисунок 11), максимально полная зависимость значения технологической себестоимости обеспечивается основной заработной платой. Ее долевая величина составляет около 61 % в обоих представленных вариантах.

После установления значения технологической себестоимости, следует выяснить значения ряда показателей. К таким показателям относятся: «чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, индекс доходности и интегральный экономический эффект» [6]. Чтобы их рассчитать, используется «методика расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [6].  
Значения перечисленных показателей представлены на рисунке 12.

| Показатели экономической эффективности                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Чистая прибыль - 490080 руб.;</li><li>• Срок окупаемости - 1 год;</li><li>• Общий дисконтируемый доход - 250920,96 руб.</li><li>• Индекс доходности - 1,13 руб./руб.;</li><li>• Интегральный экономический эффект - 28426,86 руб.</li></ul> |  |

Рисунок 12 – Значения показателей экономической эффективности

Вследствие экономических расчетов была показана польза внедрения предложенной модернизации технологии изготовления детали «Вал станочного узла».

Вывод по разделу

Соответственно, такой процесс можно считать эффективным, так как в результате его внедрения будет получен интегральный экономический эффект в размере 28426,86 рублей.

## Заключение

Выполнено подробное описание технологии изготовления маложесткого вала из стали 40ХНМА в объеме 10000 деталей в год. Основное внимание уделено разработке люнета для повышения жесткости вала и токарного резца с расширенными технологическими возможностями, что позволило повысить точность и производительность разработанного производственного процесса. Первый раздел проекта содержит анализ исходных данных, включая анализ особенностей выбранного материала 40ХНМА, оценку технологичности конструкции вала и обоснование требований к точности и другим параметрам на чертеже. Во втором разделе выбирается тип производства и заготовка, соответствующая форме вала (прокат). Учитывая серийность производства, разрабатывается технология изготовления маложесткого вала, включающая выбор методов обработки каждой его поверхности. Для каждого перехода выбираются режущие инструменты. При проектировании операций определяются параметры обработки, последовательность переходов, установов с учетом возможностей оборудования. Проектирование технологических операций включает размерные расчеты по определению снимаемого припуска и формированию технологических размеров, а также расчет технологических режимов с учетом условий обработки. Завершается проект назначением норм времени. Конструкторская часть работы посвящена проектированию оснастки для изготовления вала, учитывающей специфику выбранной операции (токарной) и требования к точности изготовления вала на ней. Для лимитирующей операции (токарной) разработано зажимное приспособление — люнет. Для снижения затрат на обработку спроектирован резец. Рассмотрены вопросы охраны труда и обеспечения экологичности процесса производства. Проведен расчет экономической эффективности внедрения новой технологии по сравнению с существующими методами.

## Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
3. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение,



2003. - 782 с.

8. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

9. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

10. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

11. Расторгуев Д. А. 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. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

12. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

13. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15

01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

14. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

15. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

16. Строителей В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителей ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

17. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

18. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

19. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H. Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

20. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

# Приложение А

## Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

|                           |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
|---------------------------|--------------------------------|-----|-----|--------------------|----------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|----|
| ГОСТ 3.1118-82 Форма 1    |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Дубл.                     |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Взам.                     |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Людл.                     |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
|                           |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Разраб.                   | Изотов                         |     |     |                    |                            |                       |               | 2                 | 1  |
| Проверил                  | Расторгуев                     |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Утвердил                  | Логинов                        |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
|                           |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Н. контр.                 | Расторгуев                     |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Вал станочного узла       |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71 |                                |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| М 01                      | Код                            | ВВ  | МД  | ЕН                 | Н. расх.                   | КИМ                   | Код заготовки | Профиль и размеры | КД |
| М 02                      | Кг                             | кг  | 5,8 | 1                  | 1                          | 0,72                  | Круг          | 42х610            | 1  |
| А                         | Цех                            | Уч. | РМ  | Опер.              | Код. наименование операции | Обозначение документа |               |                   |    |
| Б                         | Код. наименование оборудования |     |     |                    |                            | СМ                    | Проф.         | Р                 | УТ |
| А03                       | 000 4286 Фрезерно-отрезная     |     |     |                    |                            | КР                    | КОИД          | ЕН                | ОП |
| Б04                       | Круглошлипный автомат 8Г662САУ |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| А05                       | 07                             | 2   | 005 | 4114               | Токарно-винторезная        |                       |               |                   |    |
| Б06                       | Токарный центр SPECTR TL2500   |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| А07                       | 010 5030 Закалка               |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |
| Б08                       |                                |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| А09                       | 07                             | 2   | 015 | Круглошлифовальная |                            |                       |               |                   |    |
| Б10                       | 3Б161                          |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| А11                       | 07                             | 2   | 020 | Круглошлифовальная |                            |                       |               |                   |    |
| Б12                       | 3Б161                          |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| А13                       | 07                             | 2   | 025 | 0125 Промывка      |                            |                       |               |                   |    |
| Б14                       | Моечная машина                 |     |     |                    |                            | 4                     | 1             | 1                 | 1  |
| А15                       | 07                             | 2   | 030 | 0200 Контроль      |                            |                       |               |                   |    |
| Б16                       | Стол                           |     |     |                    |                            | 1                     | 1             | 1                 | 1  |
| МК                        | Маршрутная карта               |     |     |                    |                            |                       |               |                   |    |

# Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

|                              |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|-----|-------|----|-------------------|------|-----|
| ГОСТ 3.1404-86 Форма 3       |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Дубл.                        |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Взам.                        |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Полл.                        |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
|                              |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Разраб.                      | Изотов                                                                                    |                           |           |     |       |    |                   |      | 1   |
| Проверил                     | Распоргуев                                                                                |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Утвердил                     | Логинев                                                                                   |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Н. контр.                    | Распоргуев                                                                                |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Вал станочного узла          |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| Наименование операции        |                                                                                           | Материал                  | Твердость |     | ЕВ    | МД | Профиль и размеры |      | 005 |
| Токарно-винторезная          |                                                                                           | Сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71 | кг        |     | 5,8   |    | 42x610            |      | 8,1 |
| Оборудование, устройство ЧПУ |                                                                                           | Обозначение программы     | То        |     | Т пз. |    | Тшт.              |      | СОЖ |
| Токарный центр SPECTR TL2500 |                                                                                           |                           | 1,36      |     | 0,01  |    | 1,36              |      |     |
| P                            |                                                                                           | ПИ                        | D или B   | L   | t     | i  | s                 | n    | v   |
| T01                          | Люнет двухрычажный                                                                        |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| T02                          | Патрон 7102-0065 трех кулачковый ГОСТ 2571-71                                             |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| O03                          | 1. Установить деталь в люнетах и патроне.                                                 |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| O04                          | 2. Точить наружную поверхность начерно                                                    |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| T05                          | Резец многофункциональный T5K10                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| P06                          |                                                                                           | -                         | 45        | 610 | 1,7   | 1  | 0,4               | 1100 | 150 |
| O07                          | 3. Точить канавки                                                                         |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| T08                          | 035-2128-0529 Резец T14K8 OCT 2И10-8-84                                                   |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| P09                          |                                                                                           | -                         | 41        | 1,5 | 1,5   | 2  | 0,22              | 2215 | 306 |
| O10                          | 4. Раскрепить деталь в люнетах и патроне, переустановить в люнетах и патроне и закрепить. |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| O11                          | 5. Точить наружную поверхность начерно                                                    |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| T12                          | Резец многофункциональный T15K6                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |
| P13                          |                                                                                           | -                         | 45        | 610 | 1,7   | 1  | 0,4               | 1100 | 150 |
| ОК Операционная карта        |                                                                                           |                           |           |     |       |    |                   |      |     |

## Продолжение таблицы А.2

45

## Продолжение таблицы А.2

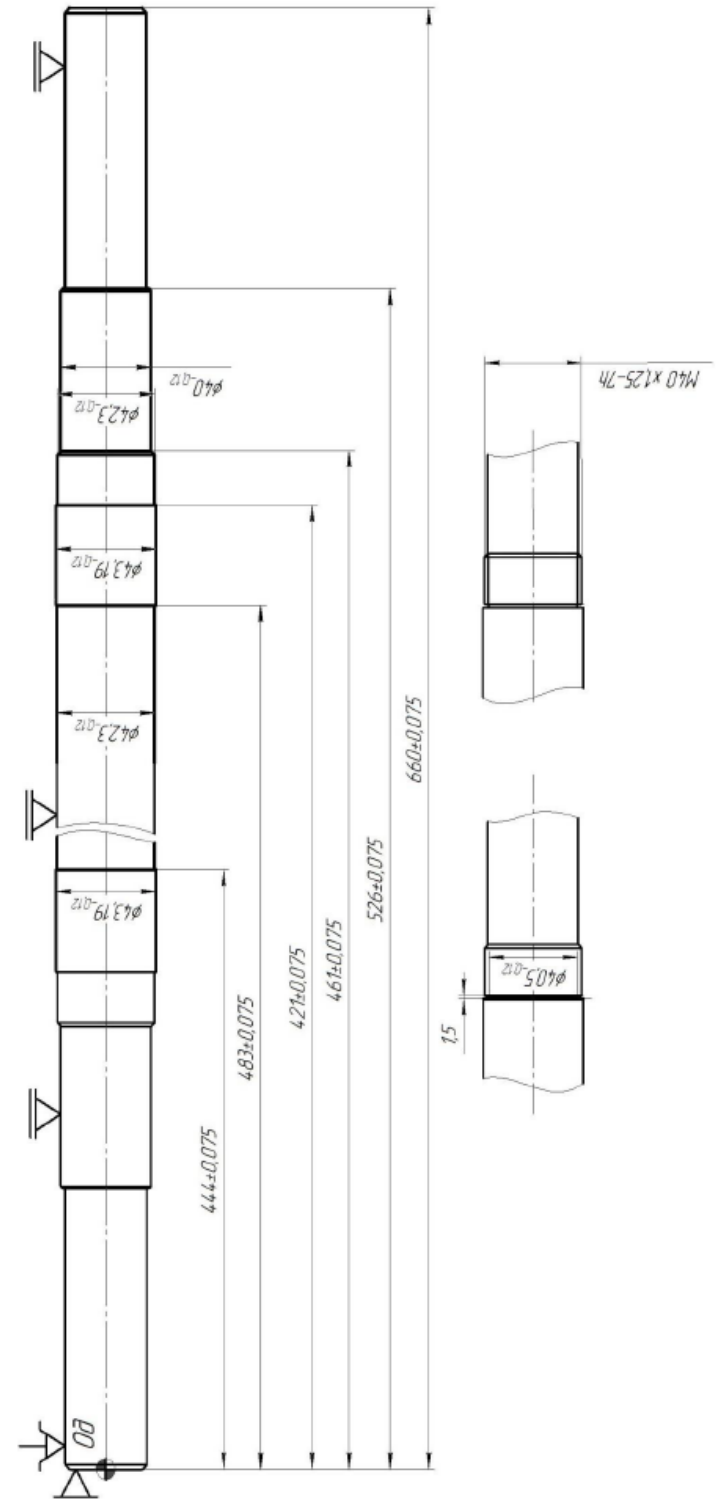
46

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ГОСТ 3.1105-84 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Форме |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Продолжение таблицы А.2

|                                                                                     |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ГОСТ 3.1105-84 Формы                                                                |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дупл.                                                                               |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам.                                                                               |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Глол.                                                                               |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5                                                                                   |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 005                                                                                 |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| √ R <sub>a</sub> 6,3                                                                |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КЭ                                                                                  | Карта эскизов |  |  |  |  |  |  |  |  |



## Приложение Б

### Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

|                                    |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
|------------------------------------|--------------|------------|----------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|--------|
| Перед. измен.                      | Формат       | Зона       | Поз.     | Обозначение                  | Наименование              | Кол.                      | Примечание |        |
|                                    |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
| Справ. №                           |              |            |          |                              | Документация              |                           |            |        |
|                                    | A1           |            |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.000СБ  | Сборочный чертеж          |                           |            |        |
|                                    |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
|                                    |              |            |          |                              | Детали                    |                           |            |        |
|                                    |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
|                                    |              | 1          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.001    | Корпус                    | 1                         |            |        |
|                                    |              | 2          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.002    | Рычаг                     | 2                         |            |        |
|                                    |              | 3          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.003    | Направляющая              | 2                         |            |        |
|                                    |              | 4          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.004    | Винт                      | 1                         |            |        |
|                                    |              | 5          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.005    | Втулка                    | 1                         |            |        |
|                                    |              | 6          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.006    | Втулка                    | 1                         |            |        |
|                                    |              | 7          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.007    | Ролик                     | 4                         |            |        |
|                                    |              | 8          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.008    | Втулка                    | 4                         |            |        |
|                                    |              | 9          |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.009    | Кольцо                    | 4                         |            |        |
|                                    |              | 10         |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.010    | Крышка                    | 1                         |            |        |
|                                    |              | 11         |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.011    | Винт                      | 4                         |            |        |
|                                    | Взам. инв. № |            |          |                              | 12                        | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.012 | Сепаратор  | 8      |
|                                    |              |            |          | 13                           | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.013 | Кожух                     | 8          |        |
|                                    |              |            |          | 14                           | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.014 | Ролики                    | 60         |        |
|                                    |              |            |          | 15                           | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.015 | Шарики                    | 32         |        |
|                                    |              |            |          | 16                           | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.016 | Винт                      | 4          |        |
|                                    |              |            |          | 17                           | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.017 | Заглушка                  | 4          |        |
| Подп. и дата                       |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
|                                    |              |            |          |                              |                           |                           |            |        |
| Инв. № подл.                       |              |            |          | 24.ВКР.ОТМП.114.60.00.000.СП |                           |                           |            |        |
|                                    | Изм.         | Лист       | № докум. | Подп.                        | Дата                      |                           |            |        |
|                                    | Разраб.      | Изготв.    |          |                              |                           | Лит.                      | Лист       | Листов |
|                                    | Проб.        | Расторгцев |          |                              |                           |                           | 1          | 2      |
|                                    | Н.контр.     | Расторгцев |          |                              |                           | ТГУ,                      |            |        |
|                                    | Утв.         | Логинов    |          |                              |                           | ТИ, гр. ТМдд-1901а        |            |        |
| Не для коммерческого использования |              |            |          | Копировал                    |                           | Формат А4                 |            |        |

## Продолжение таблицы Б.1

50

## Спецификация инструмента

| Формат                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | Зона | Поз. | Обозначение                  | Наименование      | Кол. | Примечание |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|------|------------------------------|-------------------|------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |      |      |                              | Документация      |      |            |
| A2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.000.СБ | Сборочный чертеж  |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |      |      |                              | Детали            |      |            |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.001    | Корпус            | 1    |            |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.002    | Пластина черновая | 1    |            |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.003    | Пластина чистовая | 1    |            |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.004    | Прихват верхний   | 1    |            |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.005    | Прихват нижний    | 1    |            |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      | 24.ВКР.ОТМП.114.70.00.006    | Винт              | 1    |            |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Изм. Лист</p> <p>Разработчик</p> <p>Пров.</p> <p>Инж. № подл.</p> </div> <div> <p>№ докум.</p> <p>Исотов М.А.</p> <p>Расторгуев Д.А.</p> <p>И.контр.</p> <p>Чтб.</p> </div> <div> <p>Подп.</p> <p>Расторгуев Д.А.</p> <p>Логинав Н.Ю.</p> </div> <div> <p>Дата</p> </div> </div> |  |      |      |                              |                   |      |            |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Взам. инв. №</p> <p>Инв. № инв.</p> <p>Взам. инв. №</p> <p>Инв. № инв.</p> </div> <div> <p>Подп. и дата</p> <p>Подп. и дата</p> <p>Подп. и дата</p> <p>Подп. и дата</p> </div> </div>                                                                                            |  |      |      |                              |                   |      |            |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>24.ВКР.ОТМП.114.70.00.000.СП</p> <p>Резец</p> <p>многофункциональный</p> </div> <div> <p>Лист</p> <p>Лист</p> <p>Листов</p> </div> </div>                                                                                                                                        |  |      |      |                              |                   |      |            |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>ТГУ, ИМ</p> <p>ТМбд-1901а</p> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |      |                              |                   |      |            |