

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 шкива привода ленточного конвейера

Обучающийся

А.В. Черемин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.В. Сергеев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Консультанты

к.э.н., доцент Е.А. Боргардт

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

М.А. Кривова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

# Тольятти 2025

## Аннотация

Автор: Черемин Александр Владимирович.

Группа: ТМбдо-2101а.

Тема: Технологический процесс изготовления шкива привода ленточного конвейера.

В работе спроектирован современный технологический процесс изготовления шкива привода ленточного конвейера.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является деталь «шкив ленточного конвейера», выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрано литье. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для базирования и закрепления заготовки на токарной окончательной операции нами спроектировано станочное приспособление – токарный патрон, имеющий механизированный привод. За счет механизации действия приспособления сокращается вспомогательное время, затрачиваемое на зажим-разжим заготовки в приспособлении, что сокращает, соответственно, и штучное время на этой операции. Это принесло экономическую выгоду.

Для протяжной операции технологического процесса разработана шпоночная протяжка, которой обрабатывают шпоночный паз шкива. Этот инструмент специализированный и поэтому проектируется для каждой партии деталей. Инструмент является сварным, он имеет режущую часть из быстрорежущей стали и хвостовые части из конструкционной стали.

## Содержание

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                    | 5  |
| 1 Анализ исходных данных.....                                                                                                    | 6  |
| 1.1 Назначение и условия работы детали.....                                                                                      | 8  |
| 1.2 Классификация поверхностей детали.....                                                                                       | 8  |
| 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....                                                                                 | 10 |
| 2 Технологическая часть.....                                                                                                     | 12 |
| 2.1 Определение типа производства.....                                                                                           | 12 |
| 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....                                                                                  | 13 |
| 2.3 Выбор метода получения заготовки.....                                                                                        | 13 |
| 2.4 Выбор методов обработки .....                                                                                                | 15 |
| 2.5 Расчет припусков.....                                                                                                        | 17 |
| 2.6 Расчет режимов резания.....                                                                                                  | 21 |
| 3 Проектирование приспособления.....                                                                                             | 26 |
| 3.1 Исходные данные .....                                                                                                        | 27 |
| 3.2 Силовой расчет .....                                                                                                         | 28 |
| 4 Проектирование режущего инструмента.....                                                                                       | 32 |
| 4.1 Исходные данные.....                                                                                                         | 34 |
| 4.2 Проектирование шпоночной протяжки.....                                                                                       | 35 |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта.....                                                                         | 43 |
| 5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-<br>техническая характеристики рассматриваемого технического<br>объекта..... | 44 |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков.....                                                                                   | 45 |
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков...                                                                        | 47 |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта                                                                       | 48 |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического<br>объекта.....                                                          | 49 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 6 Экономическая эффективность.....              | 50 |
| Заключение.....                                 | 54 |
| Список используемой литературы.....             | 55 |
| Приложение А. Технологическая документация..... | 58 |

## Введение

Автоматизация машиностроительного производства в настоящее время находит все более широкое применение. Это происходит в связи с необходимостью увеличения производительности труда на промышленных предприятиях.

Для перемещения комплектующих и различных предметов внутри корпусов промышленных предприятий используются различные механизмы, такие как автокары, различного рода тележки, а также конвейеры.

Ленточные конвейеры нашли применение не только на машиностроительных предприятиях. Их используют в горнодобывающей промышленности для перемещения сыпучих пород, на предприятиях химической промышленности, в легкой промышленности и так далее. Ленточные конвейеры очень удобны своей довольно простой конструкцией и, соответственно, ремонтпригодностью.

Ленточный конвейер имеет привод. Приводом называется исполнительная часть сборочной единицы, которая приводит в ее в движение. Привод ответственная часть механизма. От него зависит возможность механизма исполнять свои функции. Привод также состоит из нескольких простых деталей.

В состав привода ленточного конвейера входит клиноременная передача. Клиноременная передача ленточного конвейера состоит из двух шкивов, валов, на которых вращаются шкивы, ремней и механизма для натяжки ремней. В данном случае ремней в клиноременной передаче три, так как имеются пазы у шкива, которых, соответственно числу ремней передачи, три штуки.

Целью работы является проектирование техпроцесса изготовления шкива ленточного конвейера заданного качества с минимальной себестоимостью согласно годовой программе выпуска.

## 1 Анализ исходных данных

«Наиболее высокопроизводительным типом машин непрерывного транспорта являются ленточные конвейеры. В горнорудной промышленности ленточные конвейеры применяются в основном в составе роторных комплексов для транспортирования вскрышных пород или в качестве магистральных наклонных подъемников из карьеров и шахт». [25]

«Уровень конвейеризации горных предприятий непрерывно растет, а освоение новых крупных месторождений, несомненно, потребует широкого внедрения более мощных ленточных конвейеров и конвейерных линий большой протяженности». [25]

«Поточный карьерный транспорт по достигнутой технико-экономической эффективности и производительности труда во многих случаях превзошел другие виды карьерного транспорта. При росте производственной промышленности горных предприятий и увеличении глубины разработок, а также создания мощного технологического оборудования непрерывного действия карьерный конвейерный транспорт во многих случаях уже сейчас является практически бесконкурентным». [25]

«Основными частями привода (приводной станции) ленточного конвейера служат один или два (реже три) приводных барабана и приводящие их во вращение приводные блоки, состоящие из электродвигателя, редуктора, соединительных муфт и тормоза». [25]

«Привод конвейера может иметь один (рисунок 1), два или три электродвигателя. Два двигателя устанавливают на один приводной вал при использовании типовых двигателей и редукторов меньшей мощности (вместо одного большого) и для более компактной планировки привода. Три двигателя применяют в двухбарабанном приводе ленточного конвейера. Созданы также объединенные приводы, у которых один двигатель через соответствующий передаточный механизм одновременно приводит в движение два (иногда, три) приводные шкива конвейера». [25]

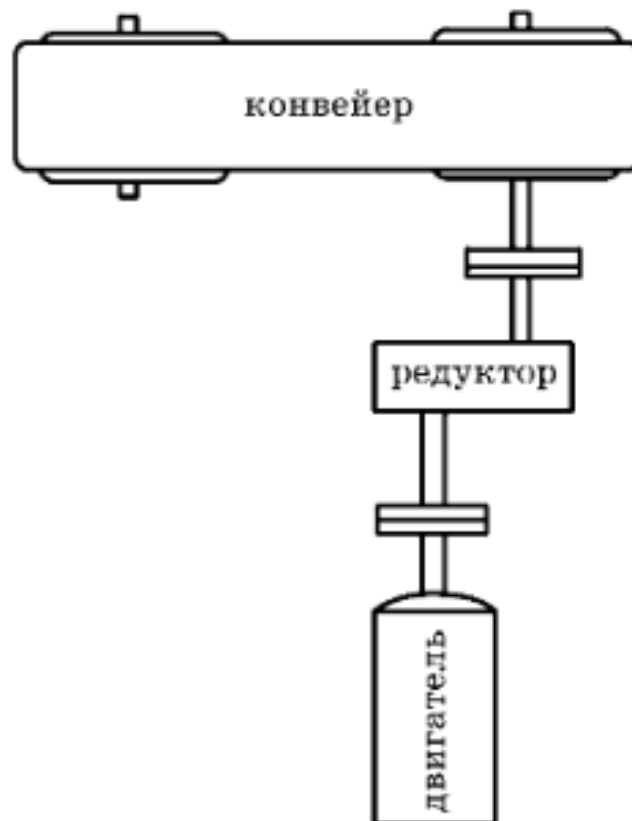
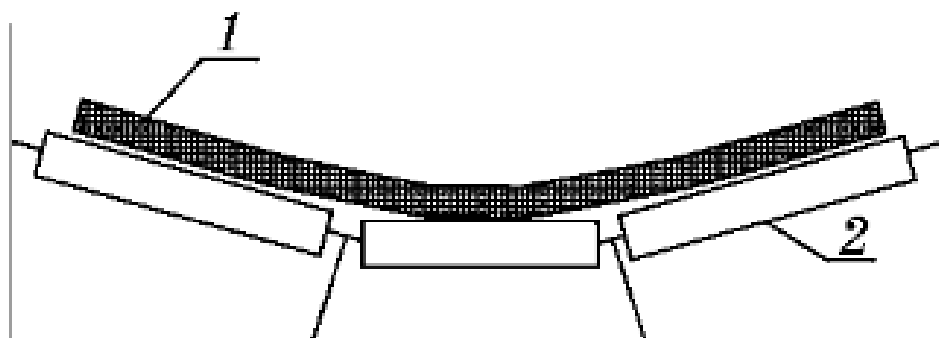


Рисунок 1 – Структура привода ленточного конвейера

«На раме приводной станции монтируются отклоняющие ленту барабаны, устройства для очистки ленты и барабана, пусковая и сигнальная аппаратура. Вид конвейера представлен на рисунке 2». [25]



1 – лента; 2 – роlikоопора

Рисунок 2 – Ленточный конвейер

«Тормоз, являющийся составной частью ленточного конвейера, на наклонных конвейерах служит для удержания ленты от самопроизвольного движения вниз под действием веса лежащего на ней груза при выключении двигателя, а на горизонтальных – для уменьшения времени выбега. Электромагнитный тормоз автоматически включается при выключении двигателя и выключается при включении. Применяющийся в настоящее время колодочный тип тормоза в новых конструкциях ленточных конвейеров заменяется на имеющий некоторые преимущества дисковый тормоз». [25]

«К электродвигателю ленточных конвейеров, состоящему из электродвигателей и пусконаладочной аппаратуры, предъявляются два главных требования – плавность пуска и обеспечения заданного распределения нагрузки между двигателями». [25]

«Стоимость конвейерной ленты составляет большую часть от стоимости конвейера. Следовательно, запуск конвейера независимо от загруженности ленты должен быть плавным с ограниченным ускорением, чтобы предотвратить пробуксовку и часто возникающее при этом возгорание ленты. Это особенно важно для пуска конвейеров большой протяженности, у которых кроме опасности пробуксовки, существует опасность возникновения колебательного переходного процесса в сберегающей ветви ленты». [25]

## **1.1 Назначение и условия работы детали**

Шкив является частью привода ленточного конвейера. Он предназначен для восприятия вращения от вала, на котором он смонтирован и передачи движения ремню. Шкив работает при различных нагрузках.

## **1.2 Классификация поверхностей детали**

Для выявления назначения поверхностей детали пронумеруем все поверхности и представим это на рисунке 3.

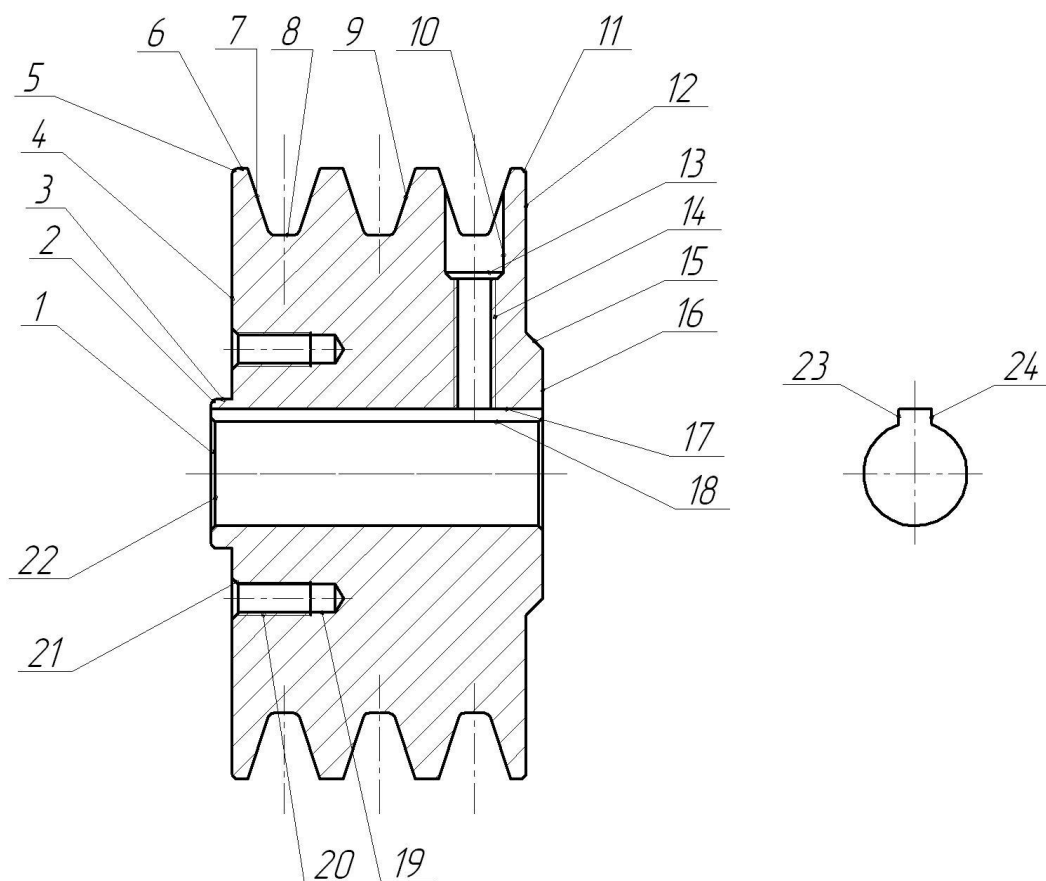


Рисунок 3 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями шкива являются поверхности 7, 9, 23, 24.

Основными конструкторскими базами шкива являются поверхности 16, 18.

Вспомогательными конструкторскими базами шкива являются поверхности 1, 13, 14, 20.

Остальные поверхности – свободные.

«В машинах и изделиях передачи используют для согласования вращающего момента, частоты и направления вращения между двигателем и рабочими устройствами машины, а также для преобразования вращательного движения в поступательное. Применяют электрические, гидравлические, пневматические и механические передачи. Они обладают высокой надежностью, обеспечивают необходимую долговечность, имеют относительно невысокую трудоемкость в изготовлении и стоимость». [24]

«Разработка качественных конструкций деталей машин требует от конструктора разносторонних знаний о самой машине, условиях ее работы и обслуживании в эксплуатации. В составе узла деталь должна обеспечить необходимую надежность, долговечность машины и не препятствовать развитию ее ресурсов». [24]

«Машину собирают из годных деталей, то есть деталей, соответствующих требованиям рабочего чертежа и других технических документов. От заготовки до годной деталь проходит большое количество различных технологических процессов и операций. Деталь должна быть технологичной. Технологичная деталь всегда более качественная. Конструктор должен знать основы технологических процессов и обеспечить максимальную технологичность конструируемой детали, закладывая тем самым предпосылки производительного изготовления и сборки машины. С целью сокращения трудоемкости изготовления детали в ее конструкции необходимо максимально использовать стандартные элементы. По многим деталям машин общемашиностроительного и отраслевого назначения разработаны технические регламенты. Свод правил и требованиям к таким деталям приведен в государственных и отраслевых стандартах; применение их при разработке конструкции детали – гарантия создания качественной надежной и долговечной детали». [24]

### **1.3 Анализ требований к поверхностям детали**

Материалом, из которого изготовлен шкив ленточного конвейера, является чугун СЧ25 ГОСТ 1412-85 [5].

«Чугуном считают сплав на основе железа, содержащий более 2% углерода. Низколегированный чугун содержит не более 2,5% легирующих элементов, среднелегированный – от 2,5 до 10% легирующих элементов, высоколегированный – более 10% легирующих элементов. Для производства отливок ГОСТ 1412-85 устанавливает следующие марки серого чугуна: СЧ10; СЧ15; (СЧ18); СЧ20; (СЧ21, СЧ24); СЧ25; СЧ30; СЧ35 (марки СЧ18,

СЧ21, СЧ24 допускаются по требованию потребителя). Марки чугуна установлены на основе временного сопротивления материала при растяжении, поэтому цифра, стоящая после букв «СЧ» (серый чугун), показывает величину минимального временного сопротивления при растяжении. В технической документации марку чугуна обозначают следующим образом: указывают обозначение марки чугуна, затем номер государственного стандарта, например: СЧ15 ГОСТ 1412-85». [24]

«Механические свойства серого чугуна определяют структура металлической основы, а также форма и расположение графита, который почти весь находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита. Такие включения графита действуют как внутренние надрезы, поэтому для серого чугуна с пластинчатым графитом характерна относительно невысокая прочность и низкая пластичность. Вместе с тем, такая структура металла придает чугуну ряд ценных качеств: низкую чувствительность к внешним надрезам и внутренним дефектам, высокую циклическую вязкость (способность поглощать колебания внешней нагрузки), конструктивную прочность. В сравнении со сталью серый чугун обладает лучшими литейными свойствами: более высокой жидкотекучестью, меньшей усадкой, меньшей склонностью к образованию остаточных напряжений и трещин. Детали из серого чугуна легко обрабатываются резанием; трущиеся поверхности хорошо удерживают смазочные материалы и при высоких скоростях скольжения удовлетворительно сопротивляются износу». [24]

В этом разделе мы описали назначение шкива ленточного конвейера, описали сборочную единицу, в которую он входит, выполнили анализ материала шкива и описали его свойства.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Под типом производства понимается совокупность организационно-технических и экономических особенностей производства, обусловленных номенклатурой изготавливаемых изделий, объемами и степенью регулярности выпуска одноименной продукции. Тип производства как категория организации производства характеризует широту номенклатуры продукции, регулярность, стабильность выпуска и объема производства продукции на предприятии». [10]

«Степень постоянства занятости рабочих мест одной и той же работой определяет три основные типа организации производства: массовый, серийный, единичный». [10]

«Массовый тип производства характеризуется постоянной повторяемостью одних и тех же видов работ в технологической цепи, в планируемом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [10]

«Серийный тип производства характеризуется регулярной повторяемостью одних и тех же работ на рабочих местах в планируемом периоде. На каждом рабочем месте выполняется несколько видов производственных операций. Движение предметов труда в производственном процессе характеризуется прерывностью. Продукция производится партиями». [10]

«Разновидности серийного производства: крупносерийное, серийное, мелкосерийное». [10]

«Единичный тип производства характеризуется нерегулярной повторяемостью или отсутствием повторяемости работ на рабочих местах в плановом периоде и непрерывным движением предметов труда в производственном процессе». [10]

В нашей работе мы будем выбирать тип машиностроительного производства исходя из массы детали  $m=6,7$  кг и годового объема выпуска  $N=5000$  штук. Исходя из этих параметров принимаем среднесерийное производство.

## **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«В среднесерийном производстве применяемое оборудование – специализированное, универсальное, расположено группами по признакам технологической однородности. Технология – маршрутно-операционная, нормативы менее точные, сборка изделий и механическая обработка на многопредметных поточных линиях. Используемая оснастка – специальная, специализированная, универсальная. Персонал обладает более высокой квалификацией, чем в массовом типе производства». [10]

«Факторы эффективности: изменение длительности производственного цикла за счет применения различных видов движения; увеличение производительности при использовании групповых методов организации производства; сложная система планирования, учета, обслуживания». [10]

## **2.3 Выбор метода получения заготовки**

«Деятельность металлообрабатывающих предприятий направлена на получение дохода путем изготовления той или иной промышленной продукции». [1]

«Под продукцией понимают результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте, за определенный интервал времени и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей как общественного, так и личного характера. Продукция машиностроительного предприятия состоит из разнообразных изделий, выпускаемых в заданном количестве и требуемого качества». [1]

«Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу». [17]

«Исходной заготовкой называется заготовка перед первой технологической операцией». [17]

«Одно из основных направлений развития технологии механической обработки – использование заготовок с такими конструктивными формами, которые позволяют применять наиболее рациональные и экономичные способы их обработки на металлорежущих станках, то есть способы, обеспечивающие наивысшую производительность и наименьшие отходы металла» [17]

«Выбрать заготовку – это значит установить ее рациональную форму и размеры, допуски и припуски на обработку, способ получения, а также ряд других параметров, обусловленных дополнительными техническими требованиями и условиями». [17]

«В машиностроении наиболее часто употребляют отливки, поковки, заготовки, получаемые непосредственно из проката и с применением сварки, сварные комбинированные, металлокерамические и прочие». [17]

Форма детали такова, что ее примерную форму можно получить двумя следующими способами: поковкой или литьем. В случае получения заготовки поковки ее масса будет равна  $m=9,2$  кг, а при литье масса заготовки будет  $m=10,5$  кг. Выполним подробный расчет для выбора наиболее выгодного варианта.

«Стоимость заготовки-отливки

$$C_{з\alpha\Gamma} = C_{от} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (1)$$

где  $h_T = 1,0; h_M = 1,1; h_B = 0,91; h_C = 0,83; h_I = 1,0; C_{от} = 44,00$ ». [11]

$$C_{з\alpha\Gamma} = 44,00 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 36,56 \text{ руб/кг.}$$

Так как  $m = 10,5$  кг, то

$$C_{3AG} = 36,56 \cdot 10,5 = 383,88, \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки-поковки.

$$C_{3AG} = C_K \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (2)$$

где  $C_K = 44,02; h_T = 1,0; h_C = 1,15; h_I = 1,0; h_B = 0,89; h_M = 1,0$ . [11]

$$C_{3AG} = 44,02 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 45,05 \text{ руб/кг.}$$

Так как  $m = 9,2$  кг, то

$$C_{3AG} = 45,05 \cdot 9,2 = 414,46 \text{ руб.}$$

По выполненному расчету двух вариантов получения заготовки для изготовления детали было выявлено, что наиболее выгодным вариантом является литье.

«Коэффициент использования материала

$$K_{IM} = \frac{M_D}{M_3} \gg. [11] \quad (3)$$

$$K_{IM} = \frac{6,7}{10,5} = 0,64.$$

Значение  $K_{IM}$  соответствует среднесерийному типу производства.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Проектирование общего маршрута обработки детали начинается обычно с установления последовательности и методов обработки отдельных ее поверхностей. При выборе метода обработки поверхностей исходят из его технологических возможностей:

- возможность по обеспечению точности и качества поверхности;
- величина снимаемого припуска;

- время обработки в соответствии с заданной производительностью».

[18]

«Выбор конкретного метода обработки производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки».

[18]

«Средней экономической точностью обработки называют точность, которую может дать рабочий средней квалификации, работая на станке обычным методом. Ориентировочные справочные данные по точности, полученные систематизацией наблюдений, полученные в производственных условиях, приведены в справочной литературе». [18]

Для получения необходимого качества обработки поверхностей 1, 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 15, 16 необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение.

Анализ поверхности 3: форма поверхности - цилиндрическая наружная; качество точности IT6; шероховатость Ra 0,8. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхностей 7 и 9: форма поверхности - коническая наружная; качество точности IT8; шероховатость Ra 0,8. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхностей 10 и 13: форма поверхности - цилиндрическая внутренняя; качество точности IT14; шероховатость Ra 5. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: сверление.

Анализ поверхности 14: форма поверхности - цилиндрическая внутренняя; качество точности IT14; шероховатость Ra 5. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: сверление, резбонарезание.

Анализ поверхности 17: форма поверхности - плоская внутренняя; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 5. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: протягивание.

Анализ поверхности 18: форма поверхности - плоская наружная; квалитет точности IT8; шероховатость Ra 0,8. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, протягивание, шлифование.

Анализ поверхности 19: форма поверхности - цилиндрическая внутренняя; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 2,5. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: сверление, резбонарезание.

Анализ поверхностей 21 и 22: форма поверхности - плоская внутренняя; квалитет точности IT9; шероховатость Ra 2,5. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: протягивание.

## **2.5 Расчет припусков**

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения годной детали». [9]

«Припуск на обработку поверхности детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков». [9]

«Статистический метод, основывающийся на применении справочных таблиц, ГОСТов, позволяет назначать припуски независимо от технологического процесса обработки детали, поэтому в общем случае значения припусков являются завышенными, в связи с чем имеются резервы снижения расхода материалов и трудоемкости изготовления деталей». [9]

«Расчетно-аналитический метод определения припуска основывается на дифференцированном расчете по элементам, составляющим припуск». [9]

«Данный метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали, определение общего припуска на обработку поверхности, расчет размеров заготовки». [9]

«Расчетно-аналитический метод сокращает в среднем отход металла в стружку по сравнению со статистическим». [9]

«Припуски на операции технологического процесса должны быть оптимальными, так как увеличенные припуски на обработку приводят:

- к удалению наиболее устойчивых поверхностных слоев металла;
- увеличению расхода металла, введению дополнительных операций, переходов;
- увеличению расхода электроэнергии и режущего инструмента, повышению износа станка». [9]

«В то же время малые припуски не обеспечивают удаления дефектных поверхностных слоев, требуют повышения точности заготовки, а тем самым ведут к увеличению стоимости работы заготовительных цехов». [9]

Расчетно-аналитическим методом определим припуски на обработку поверхности 3 с параметрами  $\varnothing 36_{(-0,016)}$  мм,  $L = 4$  мм,  $Ra = 0,8$  мкм.

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \text{ ». [23] } \quad (4)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,8 = 0,450.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

«Максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}; \quad (5)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \rangle. [23] \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,450^2 + 0,025^2} = 0,851.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,010^2 + 0^2} = 0,110.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,004^2 + 0} = 0,034.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,851 + 0,5(1,8 + 0,250) = 1,876.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,110 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,161.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,034 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,062.$$

«Значения размеров на каждом переходе (мм)». [23]

$$d_{4\min} = 35,984.$$

$$d_{4\max} = 36,000.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 36,000 + 2 \cdot 0,034 = 36,068.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 36,068 + 0,016 = 36,084.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 36,084 + 2 \cdot 0,110 = 36,304.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 36,304 + 0,100 = 36,404.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 36,404 \cdot 0,999 = 36,368.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 36,368 + 0,062 = 36,430.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 36,430 + 2 \cdot 0,263 = 36,956.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,956 + 0,250 = 37,206.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 37,206 + 2 \cdot 0,851 = 38,908.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 38,908 + 1,800 = 40,708.$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \rangle. [6] \quad (7)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(40,708 + 38,908) = 39,808.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(37,206 + 36,956) = 37,081.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(36,430 + 36,368) = 36,399.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(36,404 + 36,304) = 36,354.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(36,084 + 36,068) = 36,076.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(36,000 + 35,984) = 35,992.$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{4\min} - d_{0\max} \rangle. [23] \quad (8)$$

$$2Z_{\min} = 38,908 - 36,000 = 2,908.$$

$$\langle 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \rangle. [23] \quad (9)$$

$$2Z_{\max} = 2,908 + 1,8 + 0,016 = 4,724.$$

$$\langle 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \rangle. [23] \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,724 + 2,908) = 3,816.$$

Полученные значения припусков используем для проектирования заготовки, а также для определения режимов обработки этой поверхности. Далее при проектировании технологических операций техпроцесса эти наименьшие и наибольшие припуски будут важны для назначения режимов обработки.

## **2.6 Расчёт режимов резания**

«При назначении режимов резания (скорости главного движения резания, подачи, глубины резания) учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал режущей его части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования». [3]

«Величина силы резания служит для оценки обрабатываемости резанием, так как в общем случае, чем сложнее обрабатываемый материал поддается обработке резанием, тем выше сила резания». [3]

«Многие факторы равным образом оказывают влияние на удельную силу резания. Однако для влияния подачи и толщины срезаемого слоя, а также глубины резания и ширины срезаемого слоя на удельную силу резания действительны другие зависимости. В рамках действия закона силы резания ( $h = 0,05 \dots 2,5$  мм) удельная сила резания снижается по мере увеличения подачи и толщины срезаемого слоя. Влияние глубины резания и ширины срезаемого слоя можно считать приблизительно постоянным». [3]

«Силы определяют как расчетным, так и опытным путем. В ходе расчетов величины сил, а также моментов сил устанавливают в зависимости от геометрических параметров инструмента: режимов резания, кинематических зависимостей процесса, характеристик обрабатываемого материала, инструмента, скорости, подачи». [3]

«Подачей называют путь режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот или за один двойной ход заготовки ли инструмента». [3]

«Глубина резания при точении цилиндрических поверхностей определяется как полуразность диаметров до и после обработки, то есть после прохождения резца одного прохода на заданную длину рабочего хода». [3]

«Для процесса чистовой обработки качество полученной поверхности может рассматриваться как критерий для определения технологических параметров процесса». [3]

#### 2.6.1 Расчёт режимов на операцию 005.

1 Переход.

Глубина резания  $t = 1,7$ . [20]

Подача  $S = 0,4$ . [20]

«Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (11)$$

где  $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,25; V_0 = 84$ ». [20]

$$V = 84 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 117,5 \text{ м/мин.}$$

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [20]} \quad (12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 117,5}{3,14 \cdot 149} = 251,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ ». [20]} \quad (13)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 149 \cdot 250}{1000} = 117 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \text{ ». [20] \quad (14)}$$

$$S = 0,4 \cdot 250 = 100 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \text{ ». [20] \quad (15)}$$

$$T_0 = \frac{125}{100} = 1,25 \text{ мин.}$$

2 Переход.

«Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D \text{ ». [20] \quad (16)}$$

$$L_{II} = 2; L_D = 0.$$

$$L = 85 + 2 + 0 = 87 \text{ мм.}$$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda \quad (17)$$

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120.$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120 \text{ мин.}$$

$$\text{Подача } S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [20]}$$

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (18)$$

где  $V_{табл} = 94$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 0,95$ . [20]

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 23,5} = 145 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23,5 \cdot 125}{1000} = 9,2 \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{\Sigma L_{P.X}}{S_M} \quad (19)$$

$$T_0 = \frac{87}{25} = 3,48 \text{ мин.}$$

### 2.6.3 Расчёт режимов на операцию 045.

«Обработка отверстий протягиванием является высокопроизводительным методом. Она применяется при обработке деталей из различных сталей и сплавов твердостью HRC до 50 единиц, в том числе коррозионно-стойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов, цветных металлов и других материалов». [2]

«Отличие протягивания от других видов механической обработки отверстий заключается в том, что при протягивании отсутствует специальное движение подачи, а срезание припуска осуществляется за счет конструкции протяжки, у которой каждый последующий зуб имеет превышение (перепад) на величину, равную 0,01-0,4 мм». [2]

«Установку заготовок на протяжных станках осуществляют на жесткой и шаровой опоре, если торец заготовки не перпендикулярен оси отверстия». [2]

«При проектировании конкретной операции уточняют ее содержание, устанавливают последовательность и возможное совмещение переходов, окончательно выбирают инструмент, оборудование и приспособления (при отсутствии удовлетворяющим требованиям составляют задание на их конструирование), устанавливают настроечные размеры, вычерчивают схему наладки станка». [17]

Осевая сила резания

$$P = q_0 \cdot \sum l_p \cdot k_p . \quad (20)$$

где  $q_0 = 72$ ,  $k_{pm} = 1,0$ ;  $k_{po} = 1,0$ ;  $k_{pp} = 1,0$ ;  $k_{pk} = 1,0$ . [20]

$$\sum l_p = \frac{\pi D z_p}{z_c} \quad (21)$$

$$z_p = \frac{l}{t} + 1 = \frac{60,15}{10} + 1 = 7.$$

$$z_c = 2.$$

$$\sum l_p = \frac{3,14 \cdot 29,86 \cdot 7}{2} = 328, \text{ мм.}$$

$$P = 7,2 \cdot 328 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2362 \text{ Нс} = 23178 \text{ Н.}$$

$$23178 < 50000.$$

Скорость резания

$$V_{don} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_d \cdot \eta}{P}, \quad (22)$$

где  $N_d = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,85$ . [20]

$$V_{don} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 11 \cdot 0,85}{2362} = 24 \text{ м/мин.}$$

$$V = 8 \text{ м/мин.}$$

Рассчитанные режимы обработки указаны в технологической части работы (приложение А) и на технологических наладках, представленных в графической части.

### 3 Проектирование приспособления

«Проектирование станочных приспособлений является важнейшей частью технологической подготовки производства в машиностроении. Приспособления позволяют обеспечить точное и надежное базирование, закрепление и ориентацию заготовок на станках, что, в свою очередь, определяет качество и производительность механической обработки. В современных условиях мелко- и среднесерийного производства применение эффективных технологических приспособлений является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий машиностроительной отрасли». [12]

«Необходимость разработки и использования современных станочных приспособлений установлена рядом факторов. Во-первых, постоянно растущие требования к точности изготовления деталей машин и механизмов, вызванные повышением эксплуатационных характеристик продукции. Типовые способы базирования и закрепления заготовок в универсальных приспособлениях зачастую не обеспечивают необходимую точность и стабильность процесса обработки. Применение специальных приспособлений позволяет решить эту проблему за счет обеспечения точного и надежного позиционирования заготовок относительно режущего инструмента». [12]

«Во-вторых, современные тенденции развития машиностроительного производства, связанные с внедрением гибких производственных систем, станков с числовым программным управлением и роботизированных комплексов, предъявляют новые требования к технологической оснастке. Приспособления должны обладать высокой технологичностью, универсальностью и способностью к быстрой переналадке, что позволяет сократить вспомогательное время и повысить производительность оборудования». [12]

«В-третьих, повышение требований к безопасности производства обуславливает необходимость применения специальных приспособлений,

обеспечивающих надежное крепление заготовок и защиту станочника от возможных рисков, связанных с технологическим процессом». [12]

«Процесс проектирования и изготовления станочного приспособления затрагивает временные, материальные и энергетические ресурсы. Поэтому необходимость разработки станочного приспособления обосновывается исходя из анализа ряда факторов, которые вполне определены и могут быть оценены качественно или количественно». [12]

### 3.1 Исходные данные

В технологическом процессе изготовления шкива ленточного конвейера на 015 токарной чистовой операции осуществляется токарная обработка наружных и внутренних поверхностей, как показано на рисунке 4.

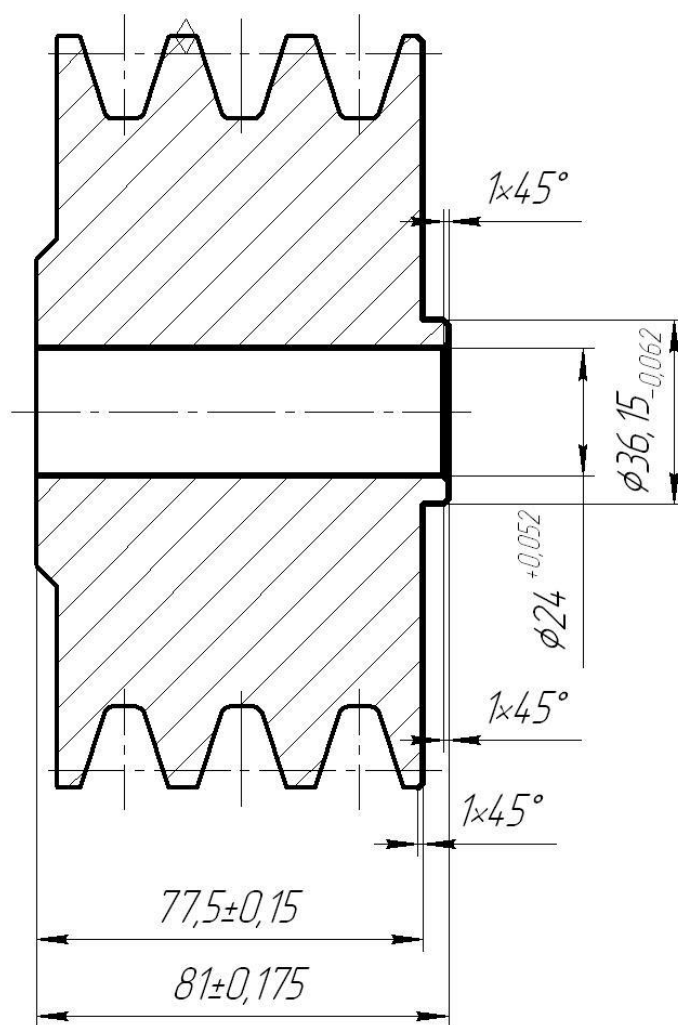


Рисунок 4 – Эскиз операции 015

В этом разделе спроектируем технологическую оснастку для этой операции.

### 3.2 Силовой расчет

Для определения усилий закрепления заготовки на токарной операции необходимо рассчитать силы резания, возникающие при обработке и исходить из них, чтоб заготовка оставалась при проведении операции неподвижной.

Силы резания рассчитываются по формуле

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad [27] \quad (23)$$

Для  $P_y$ :  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ . [27]

Для  $P_z$ :  $C_p = 2430$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$ . [27]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\pi p} \quad (24)$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,28^{0,6} \cdot 115,4^{-0,3} \cdot 0,9 = 70,4 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,28^{0,75} \cdot 115,4^{-0,15} \cdot 0,9 = 127,5 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от сил резания

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} \quad (25)$$

$$M_p = \frac{104,58 \cdot 38,2}{2} = 1997.$$

Момент зажима

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2} \quad (26)$$

Схема действия сил представлена на рисунке 5.

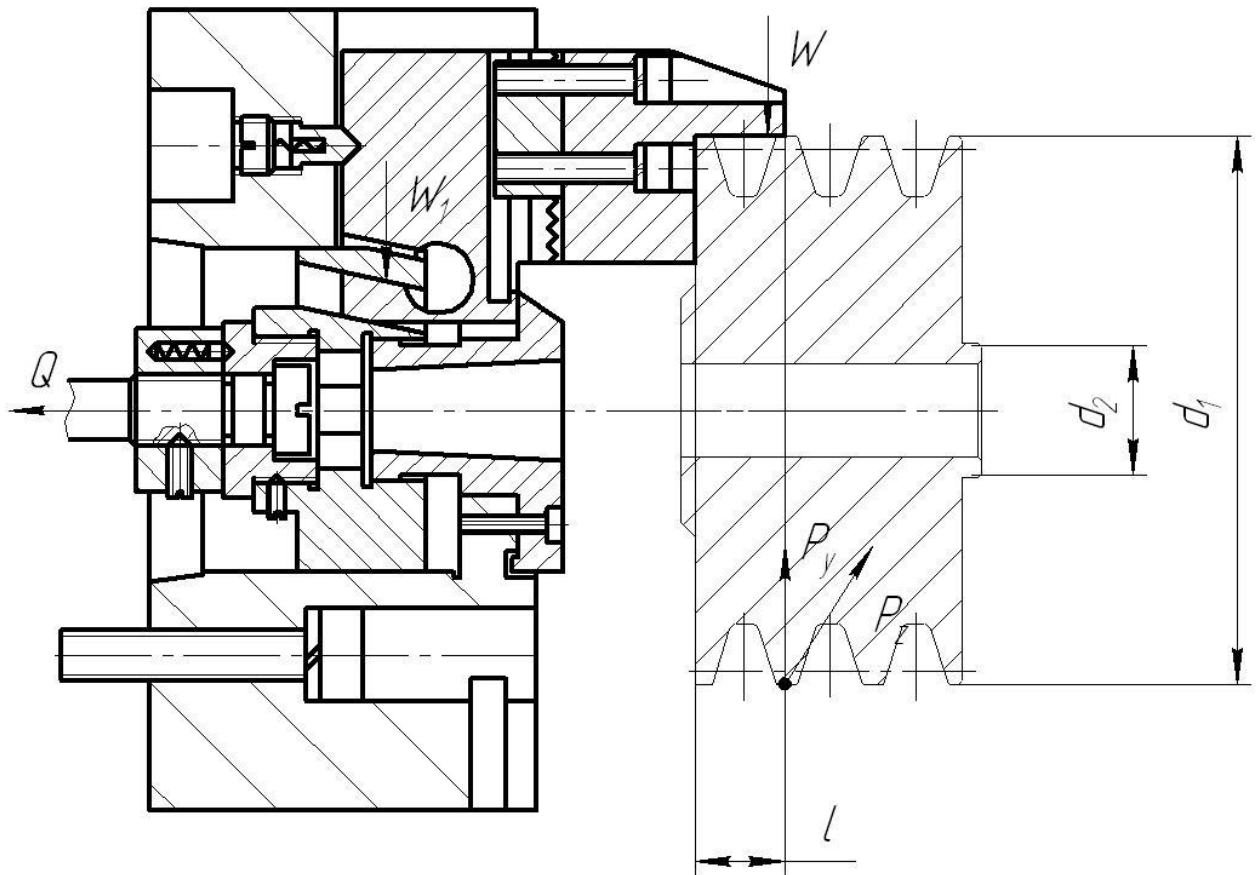


Рисунок 5 – Схема действия сил

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2} \quad (27)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (28)$$

где  $K_1 = 1,5$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,2$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ . [27]

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8.$$

$$K_{pz} = 1,80; K_{py} = 2,52; f = 0,3. [27]$$

$$W_z^1 = \frac{2K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 127,5 \cdot 147}{0,3 \cdot 36,15} = 6222 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы  $P_y$

$$M_p^{11} = P_y \cdot \ell. \quad (29)$$

Препятствующий этому момент

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (30)$$

Зажимная сила

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} \quad (31)$$

$$W = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 70,4 \cdot 30}{0,3 \cdot 36,15} = 736 \text{ Н.}$$

Принимаем  $W = 6222 \text{ Н.}$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (32)$$

$$W_1 = \frac{6222}{1 - \left( \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1 \right)} = 8107 \text{ Н.}$$

Усилие силового привода

$$Q = \frac{W_1}{i} \quad (33)$$

Для приспособления клинового типа

$$i_{c.k\pi} = \frac{1}{tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1}, \quad (34)$$

где  $\alpha = 15^\circ$  [27].

$$\varphi = arctg\varphi_1 \cdot f_1 \quad (35)$$

$$\varphi = 5^\circ 50'.$$

$$i_{c.k\pi} = \frac{1}{tg(15^\circ + 5^\circ 50') + tg5^\circ 50'} = 2,1,$$

$$Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{8107}{2,1} = 3861 \text{ Н.}$$

Диаметр поршня.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (36)$$

где  $P = 0,4$  МПа.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 3861}{0,4} + 60^2} = 126.$$

Принимаем  $D = 180$  мм.

Патрон токарный клинового типа с пневматическим приводом применяемый на 015 токарной операции, представлен в графической части.

## 4 Проектирование режущего инструмента

«Несмотря на многообразие существующих конструкций инструмента, все они имеют (в значительной степени) общее назначение (формообразование поверхности детали и срезания припуска с заготовки), общие конструктивные и геометрические элементы, систему классификации, критерии оценки эффективности, требования к исполнению и направления развития и так далее. Знание и реализация общих вопросов позволяет сокращать номенклатуру инструмента, проводит стандартизацию элементов, унификацию алгоритмов проектирования, назначение элементов режима резания и так далее. Конечно, нельзя непосредственно переносить результаты, полученные одним инструментом на другой (например, с токарного резца на фрезу). Различные инструменты обуславливают различные закономерности стружкообразования, условия теплового, динамического воздействия и различаются, прежде всего, в количественных характеристиках. Но характер влияния однотипных элементов рабочей части режущих инструментов не имеет качественных принципиальных различий».

[26]

«Протягивание применяют для обработки сквозных отверстий любой формы, прямых и винтовых канавок, наружных поверхностей разнообразной формы, зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления. Протяжка представляет собой многозубый режущий инструмент, осуществляющий резание слоев металла при отсутствии на станке движения подачи». [22]

«Протяжки обладают следующими преимуществами по сравнению с другими режущими инструментами:

- высокая производительность из-за одновременного нахождения в контакте с поверхностью резания большей общей длины режущих кромок;
- высокая точность обработанных поверхностей;
- малая шероховатость обработанных поверхностей;
- высокая стойкость». [22]

«К недостаткам протяжек относят сложность конструкции и высокую стоимость». [22]

«Протяжка для отверстий различают по способу приложения силы станка к режущему инструменту. Если сила приложена к хвостовику режущего инструмента и растягивает его, он называется собственно протяжкой; если сила приложена к торцу режущего инструмента и сжимает его, его называют прошивкой. На рисунке 6а и 6б представлены схемы работы протяжки и прошивки; на рисунке 6в – схема работы круговой протяжки при обработке зубьев конического зубчатого колеса». [22]

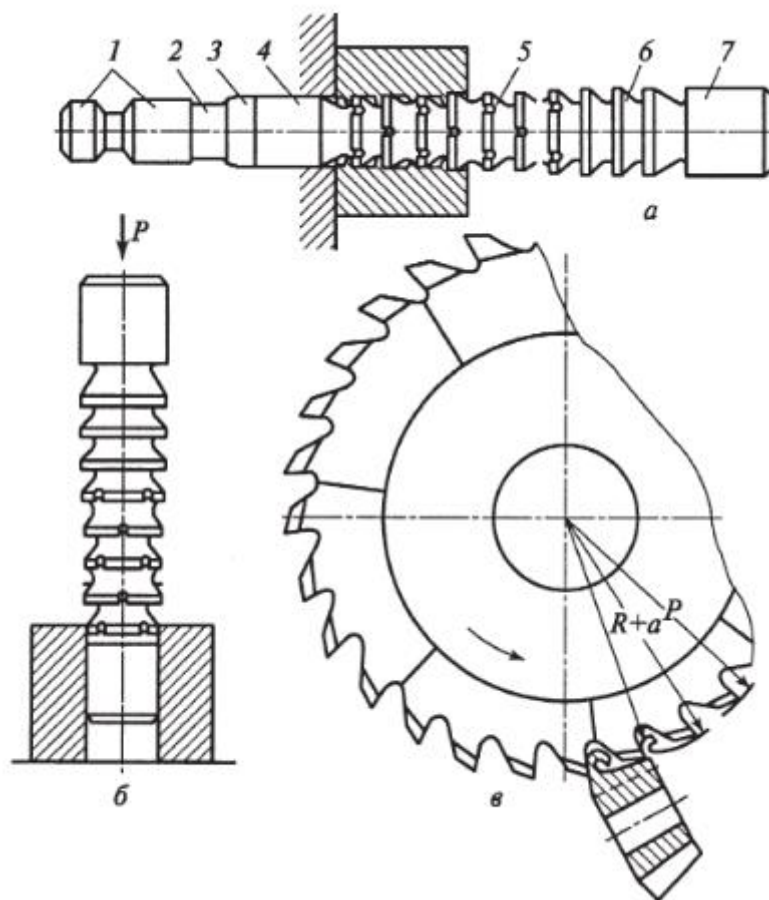


Рисунок 6 – Схема работы протяжек (а, в) и прошивки (б)

«Протяжка состоит из следующих конструктивных элементов (рисунок 6а): 1 – хвостовик, предназначенный для закрепления протяжки в тяговом патроне; хвостовики стандартизированы, они имеют различные формы, зависящие от типа протяжек и способов их крепления; 2 и 3 – шейка и переходный конус, являющийся связывающим звеном между хвостовиком и

передней направляющей 4; на шейку наносят маркировку; переходный конус облегчает надевание заготовки на переднюю направляющую; 4 – передняя направляющая служит для установки заготовки соосно с протяжкой, благодаря чему припуск на обработку срезается равномерно по всему контуру отверстия; она исключает перекося заготовки, могущий привести к поломке зубьев; длина передней направляющей считается от конца переходного конуса до вершины первого зуба, то есть включая первую стружечную канавку; 5 и 6 – рабочая часть, состоящая из режущих (5) и калибрующих (6) зубьев; 7 – задняя направляющая препятствует перекося детали на протяжке, когда в ней находятся последние один-два зуба; форма задней направляющей, как и передней, соответствует форме отверстия детали. В том случае, если протяжка имеет значительные диаметр и длину и, соответственно, большую массу, заднюю направляющую несколько удлиняют и, вставив в люнет станка, используют в качестве опоры, предотвращающей провисание протяжки. Если отверстие в люнете мало по сравнению с диаметром задней направляющей, на удлиненной части ее делают опорную цапфу». [22]

«При протягивании имеет место одно движение – возвратно-поступательное перемещение протяжки; движения подачи в протяжном станке нет». [22]

#### **4.1 Исходные данные**

В технологическом процессе изготовления шкива ленточного конвейера на 045 протяжной операции осуществляется обработка центрального отверстия за два перехода. На первом переходе круглой протяжкой обрабатывается само круглое отверстие. На втором переходе на этом же станке обрабатывается шпоночный паз, как показано на рисунке 7.

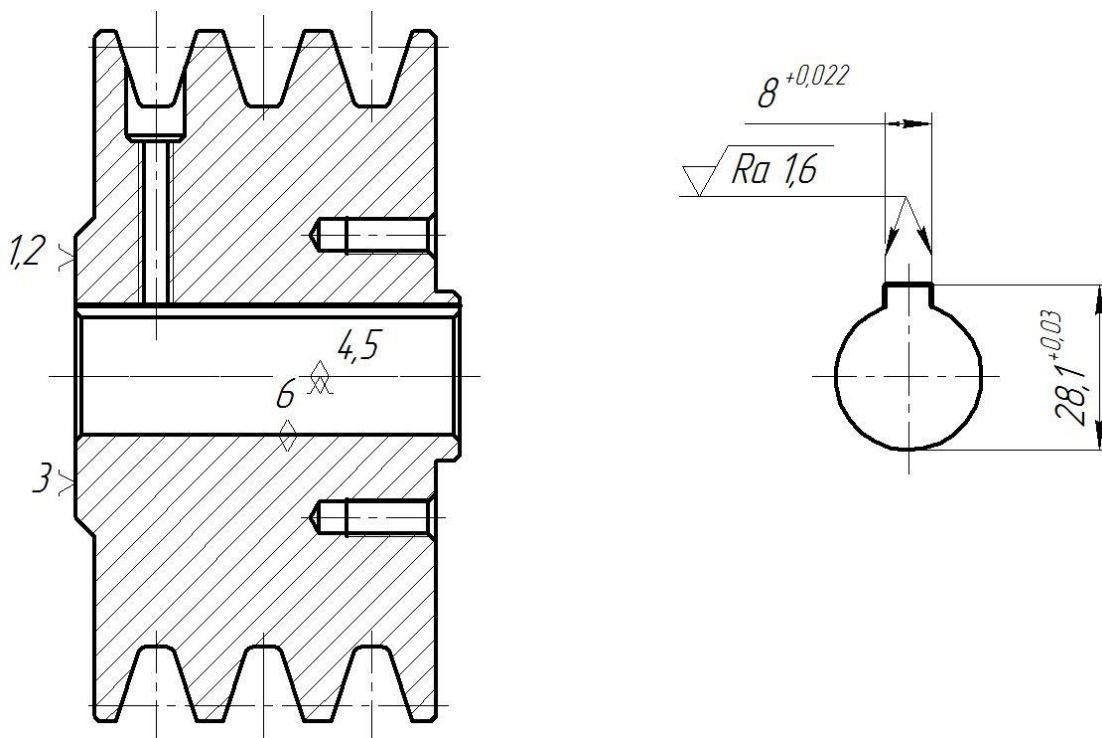


Рисунок 7 – Эскиз операции 045

Спроектируем режущий инструмент – протяжку для этого перехода.

## 4.2 Проектирование шпоночной протяжки

Размер до обработки –  $\varnothing 24,95^{+0,052}$  мм.

Размер после обработки –  $28,1^{+0,03}$  мм.

Длина обработки  $L = 80$  мм.

«Согласно ГОСТ 9126-76 протяжки изготавливают из быстрорежущих сталей или из легированной ХВГ; последняя сталь по сравнению с другими легированными сталями меньше подвергается короблению при термической обработке. Протяжки диаметрами 18 мм и более из быстрорежущей стали должны быть сварными должны быть сварными или с механическим креплением хвостовика; хвостовик должен изготавливаться из стали 40Х. В ряде случаев протяжки оснащают твердыми сплавами». [22]

Передний угол  $\gamma = 12^\circ$ . [21]

Задний угол режущих зубьев  $\alpha_{ro} = 2^\circ$ . [21]

«Припуск под протягивание». [21]

$$A = R_{\max} - R_0 \quad (37)$$

$$A = 28,1 - 24,95 = 3,15, \text{ мм.}$$

«Шаг режущих зубьев». [21]

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0} \quad (38)$$

$$t = 1,4 \cdot \sqrt{80} \approx 12,5, \text{ мм.}$$

Принимаем параметры, представленные на рисунке 8.

$$t = 14; h = 4; c = 4; r = 2; R = 10; F_K = 12,55. [21]$$

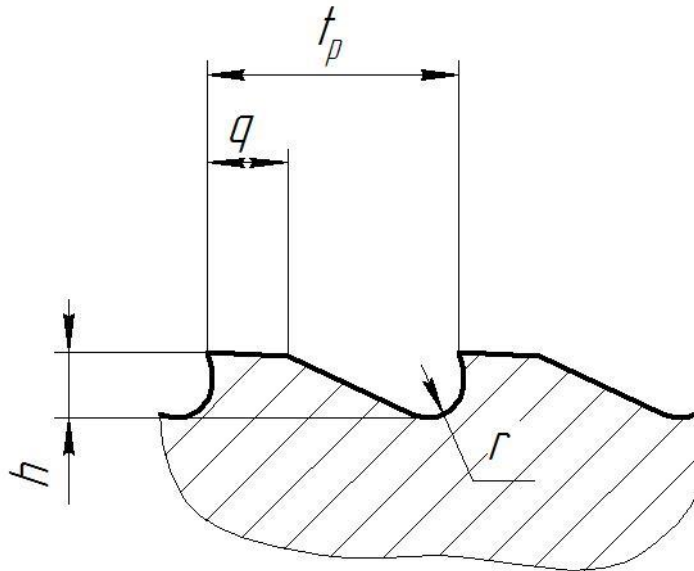


Рисунок 8 –Размеры стружечных канавок

«Расчет толщины среза, приходящегося на один зуб протяжки, из условия помещаемости стружки в стружечной канавке». [21]

$$a_z = \frac{F_K}{KL_0}, \quad (39)$$

где  $F_K = 12,55; K = 3,5. [21]$

$$a_z = \frac{12,55}{3,5 \cdot 80} = 0,045, \text{ мм.}$$

«Расчет числа одновременно работающих режущих зубьев». [21]

$$q = \left[ \frac{L_0}{t} + 1 \right] \quad (40)$$

$$q = \frac{80}{14} + 1 = 7.$$

«Расчет силы, приходящуюся на 1 мм длины обрабатываемого контура». [21]

$$P_z = C_p \cdot \sigma_B \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\chi, \quad (41)$$

$$\text{где } K_\chi = \frac{90-\chi}{75} = \frac{90-12}{75} = 1,04;$$

$$C_p = 4,3. \quad [21]$$

$$P_z = 4,3 \cdot 500 \cdot 0,045^{0,85} \cdot 1,04 = 160,2 \text{ Н.}$$

Усилие протягивания

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q \quad (42)$$

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q = 3,14 \cdot 160,2 \cdot 281 \cdot 7 = 98946 \text{ Н.}$$

«Расчет напряжения в канавке перед первым зубом режущей части протяжки». [21]

$$\sigma_1 = \frac{4P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2}. \quad (43)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 98946}{3,14(24,95 - 2 \cdot 4)^2} = 338,7 \text{ МПа.}$$

«Расчет числа черновых режущих зубьев протяжки». [21]

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1 \quad (44)$$

$$z = \frac{3,15 - 0,0225 \cdot 2}{0,045} + 1 = 70.$$

Число чистовых зубьев протяжки  $z = 2$ , толщина среза чистового зуба  $a = 0,0225$ .

«Расчет номинальных размеров режущих зубьев». [21]

$$R_i = R_0 + a_z(i - 1) \quad (45)$$

$$R_1 = 24,950 + 0,045 \cdot (1 - 1) = 24,950.$$

$$R_2 = 24,950 + 0,045 \cdot (2 - 1) = 24,995.$$

$$R_3 = 24,950 + 0,045 \cdot (3 - 1) = 25,040.$$

$$R_4 = 24,950 + 0,045 \cdot (4 - 1) = 25,085.$$

$$R_5 = 24,950 + 0,045 \cdot (5 - 1) = 25,130.$$

$$R_6 = 24,950 + 0,045 \cdot (6 - 1) = 25,175.$$

$$R_7 = 24,950 + 0,045 \cdot (7 - 1) = 25,220.$$

$$R_8 = 24,950 + 0,045 \cdot (8 - 1) = 25,265.$$

$$R_9 = 24,950 + 0,045 \cdot (9 - 1) = 25,310.$$

$$R_{10} = 24,950 + 0,045 \cdot (10 - 1) = 25,355.$$

$$R_{11} = 24,950 + 0,045 \cdot (11 - 1) = 25,400.$$

$$R_{12} = 24,950 + 0,045 \cdot (12 - 1) = 25,445.$$

$$R_{13} = 24,950 + 0,045 \cdot (13 - 1) = 25,490.$$

$$R_{14} = 24,950 + 0,045 \cdot (14 - 1) = 25,535.$$

$$R_{15} = 24,950 + 0,045 \cdot (15 - 1) = 25,580.$$

$$R_{16} = 24,950 + 0,045 \cdot (16 - 1) = 25,625.$$

$$R_{17} = 24,950 + 0,045 \cdot (17 - 1) = 25,670.$$

$$R_{18} = 24,950 + 0,045 \cdot (18 - 1) = 25,715.$$

$$R_{19} = 24,950 + 0,045 \cdot (19 - 1) = 25,760.$$

$$R_{20} = 24,950 + 0,045 \cdot (20 - 1) = 25,805.$$

$$R_{21} = 24,950 + 0,045 \cdot (21 - 1) = 25,850.$$

$$R_{22} = 24,950 + 0,045 \cdot (22 - 1) = 25,895.$$

$$R_{23} = 24,950 + 0,045 \cdot (23 - 1) = 25,940.$$

$$R_{24} = 24,950 + 0,045 \cdot (24 - 1) = 25,985.$$

$$R_{25} = 24,950 + 0,045 \cdot (25 - 1) = 26,030.$$

$$R_{26} = 24,950 + 0,045 \cdot (26 - 1) = 26,075.$$

$$R_{27} = 24,950 + 0,045 \cdot (27 - 1) = 26,120.$$

$$R_{28} = 24,950 + 0,045 \cdot (28 - 1) = 26,165.$$

$$R_{29} = 24,950 + 0,045 \cdot (29 - 1) = 26,210.$$

$$R_{30} = 24,950 + 0,045 \cdot (30 - 1) = 26,255.$$

$$R_{31} = 24,950 + 0,045 \cdot (31 - 1) = 26,300.$$

$$R_{32} = 24,950 + 0,045 \cdot (32 - 1) = 26,345.$$

$$R_{33} = 24,950 + 0,045 \cdot (33 - 1) = 26,390.$$

$$R_{34} = 24,950 + 0,045 \cdot (34 - 1) = 26,435.$$

$$R_{35} = 24,950 + 0,045 \cdot (35 - 1) = 26,480.$$

$$R_{36} = 24,950 + 0,045 \cdot (36 - 1) = 26,525.$$

$$R_{37} = 24,950 + 0,045 \cdot (37 - 1) = 26,570.$$

$$R_{38} = 24,950 + 0,045 \cdot (38 - 1) = 26,615.$$

$$R_{39} = 24,950 + 0,045 \cdot (39 - 1) = 26,660.$$

$$R_{40} = 24,950 + 0,045 \cdot (40 - 1) = 26,705.$$

$$R_{41} = 24,950 + 0,045 \cdot (41 - 1) = 26,750.$$

$$R_{42} = 24,950 + 0,045 \cdot (42 - 1) = 26,750.$$

$$R_{43} = 24,950 + 0,045 \cdot (43 - 1) = 26,795.$$

$$R_{44} = 24,950 + 0,045 \cdot (44 - 1) = 26,885.$$

$$R_{45} = 24,950 + 0,045 \cdot (45 - 1) = 26,930.$$

$$R_{46} = 24,950 + 0,045 \cdot (46 - 1) = 26,975.$$

$$R_{47} = 24,950 + 0,045 \cdot (47 - 1) = 27,020.$$

$$R_{48} = 24,950 + 0,045 \cdot (48 - 1) = 27,065.$$

$$R_{49} = 24,950 + 0,045 \cdot (49 - 1) = 27,110.$$

$$R_{50} = 24,950 + 0,045 \cdot (50 - 1) = 27,155.$$

$$R_{51} = 24,950 + 0,045 \cdot (51 - 1) = 27,200.$$

$$R_{52} = 24,950 + 0,045 \cdot (52 - 1) = 27,245.$$

$$R_{53} = 24,950 + 0,045 \cdot (53 - 1) = 27,290.$$

$$R_{54} = 24,950 + 0,045 \cdot (54 - 1) = 27,335.$$

$$R_{55} = 24,950 + 0,045 \cdot (55 - 1) = 27,380.$$

$$R_{56} = 24,950 + 0,045 \cdot (56 - 1) = 27,425.$$

$$R_{57} = 24,950 + 0,045 \cdot (57 - 1) = 27,470.$$

$$R_{58} = 24,950 + 0,045 \cdot (58 - 1) = 27,515.$$

$$R_{59} = 24,950 + 0,045 \cdot (59 - 1) = 27,560.$$

$$R_{60} = 24,950 + 0,045 \cdot (60 - 1) = 27,605.$$

$$R_{61} = 24,950 + 0,045 \cdot (61 - 1) = 27,650.$$

$$R_{62} = 24,950 + 0,045 \cdot (62 - 1) = 27,695.$$

$$R_{63} = 24,950 + 0,045 \cdot (63 - 1) = 27,740.$$

$$R_{64} = 24,950 + 0,045 \cdot (64 - 1) = 27,785.$$

$$R_{65} = 24,950 + 0,045 \cdot (65 - 1) = 27,830.$$

$$R_{66} = 24,950 + 0,045 \cdot (66 - 1) = 27,875.$$

$$R_{67} = 24,950 + 0,045 \cdot (67 - 1) = 27,920.$$

$$R_{68} = 24,950 + 0,045 \cdot (68 - 1) = 27,965.$$

$$R_{69} = 24,950 + 0,045 \cdot (69 - 1) = 28,010.$$

$$R_{70} = 24,950 + 0,045 \cdot (70 - 1) = 28,055.$$

Чистовые зубья

$$R_{71} = 28,055 + 0,0225 = 28,078.$$

$$R_{71} = 28,055 + 2 \cdot 0,0225 = 28,100.$$

«Расчёт длины режущей части протяжки». [21]

$$l_p = t(z + z') \quad (46)$$

$$l_p = t(z + z') = 14(70 + 2) = 1008 \text{ мм.}$$

Число калибрующих зубьев протяжки  $z_K = 4$ .

«Характер износа зубьев протяжек зависит от свойств обрабатываемого материала, толщины среза и других факторов. При обработке обычных конструкционных сталей и чугуна с небольшими толщинами среза наблюдается лимитирующий износ протяжек в виде фаски по передней поверхности или на передней поверхности образуется лунка. Кроме того, усиливается износ по задней поверхности». [22]

На режущие зубья протяжки для увеличения ее жизненного цикла необходимо нанести износостойкое покрытие.

В качестве исходных материалов для получения плавленного муллита стехиометрического состава  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  использовали оксид алюминия Байера высокой чистоты, чистый кварцевый песок, горный хрусталь и плавленный кварцевый воск. Материалы были предоставлены компанией Carborundum Universal, Каламасерри (Индия). Сырье плавил в электропечи наклонного типа при температуре выше  $2000^\circ\text{C}$ , а затем разливали в формы с последующим охлаждением на воздухе до комнатной температуры, при котором происходила кристаллизация муллита. Образовавшаяся крупа имела макроразмер. Затем отливки измельчались, очищались от магнитных примесей с помощью магнитных сепараторов высокой интенсивности и сортировались по нужным размерам. [22]

Никель-хром в соотношении 80%/20% и размером частиц 40-75 мкм выдерживали в готовом виде после сушки в печи в течение 2 часов для

напыления связующего слоя. Порошок муллита, содержащий 70%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 30%  $\text{SiO}_2$ , размером от 40 до 60 мкм измельчали в шаровой мельнице, смешивали и хранили в нагревательных печах в течение 2 часов перед распылением HVOF и наносили в качестве верхнего покрытия. Для изготовления различных образцов в этом исследовании использовалось распылительное оборудование METCO ROBOT HVOF, состоящее из системы управления, распылительного пистолета, устройства подачи порошка, насоса для охлаждения водой и соединительных шлангов. [22]

Большая толщина покрытия приводит к плохой прочности покрытия из-за остаточных напряжений и большого количества дефектов. Поэтому необходимо обязательно измерить толщину покрытия. Для исследования используют прибор магнитной индукции. Шероховатая поверхность основы необходима для усиления адгезии покрытия. Нагар с покрытием попадает во впадины и впадины на поверхности и сцепляется с основным металлом.

После нанесения износостойких покрытий стойкость протяжек возрастает в 2...4 раза, а жизненный цикл протяжек этими способами можно увеличить в 10...30 раз, что, согласно принципам бережливого производства экономит ресурсы производства.

Чертеж протяжки для обработки шпоночного паза технологического процесса изготовления шкива ленточного конвейера на втором переходе 045 протяжной операции представлен в графической части.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии шкивов ленточного конвейера.

«Для предприятий машиностроительного комплекса характерными являются опасные производственные объекты (ОПО) с признаками трех групп: использование опасных веществ, оборудования под давлением, грузоподъемных механизмов. В составе отдельных машиностроительных гигантов, в частности предприятий тяжелого машиностроения, могут встречаться и собственные металлургические производства, предназначенные для получения сталей и сплавов со специальными свойствами». [19]

«Потенциальная опасность является универсальным свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания, в том числе в производственной сфере. Достижение абсолютной безопасности (нулевого риска) невозможно, поэтому все технические и прочие системы безопасности базируются на понятии приемлемого (допустимого) риска». [19]

«Приемлемым риском принято считать компромисс между уровнем безопасности и возможностью ее достижения исходя из степени развития общества в разных его аспектах (научно-техническом, экономическом, социальном и других). Для промышленного производства приемлемым называют риск, сниженный до уровня, который организация может допустить, учитывая применимые к ней правовые требования (внешние факторы) и собственную политику в области промышленной безопасности и охраны труда (внутренние факторы)». [19]

«Безопасность достигается путем снижения уровня риска до допустимого. Допустимый риск представляет оптимальный баланс между безопасностью и требованиями эффективности затрат». [19]

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть

классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски». [4]

В данной части работы проанализируем техпроцесс изготовления шкива ленточного конвейера на предмет безопасности и экологичности.

### **5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта**

В нашей работе в отличие от базового варианта изготовления шкива изменению подверглись токарная получистовая 015 операция, которая выполняется на токарном станке с ЧПУ модели 16B16T1C1, а также протяжная операция 045, выполняемая на горизонтально-протяжном станке модели 7Б64.

На токарной операции 015 заготовка закрепляется в токарный патрон, имеющий пневматический привод. Применение механизированного привода в приспособлении на этой операции снизило количество ручного труда (увеличило стабильность выполнения операции), что повлияло на безопасность выполнения работ станочника. На первом переходе токарным проходным резцом с режущей пластиной из твердого сплава ВК4М выполняется обработка наружных поверхностей заготовки. На втором переходе операции расточным резцом, имеющим режущую пластину из твердого сплава ВК4М выполняется расточка внутренней цилиндрической поверхности.

На протяжной операции 045 заготовка устанавливается в специальное приспособление, имеющее плавающую головку за счет наличия шаровой поверхности. На первом переходе инструментом является круглая протяжка, имеющая режущую часть из быстрорежущей стали Р6М5, обрабатывающая центральное цилиндрическое отверстие. На втором переходе инструментом уже является шпоночная протяжка с режущей частью из стали Р6М5, обрабатывающая шпоночный паз.

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

«При механической обработке металлов, пластмасс и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и других) возникает ряд физических, химических, психофизиологических и биологически опасных и вредных производственных факторов». [15]

«Двигающиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека, относятся к категории физически опасных факторов». [15]

При токарной обработке инструментами, которым являются проходной и расточной резцы, с заготовки снимается стружка. Эта стружка первое время имеет высокую температуру, поэтому необходимо исключить попадание стружки на кожу человека.

Также образующаяся стружка может попасть в глаз наблюдающему за операцией станочнику. Это тоже является опасным производственным фактором.

Движущиеся части и токарного и горизонтально-протяжного станка являются опасными для работников механообрабатывающего цеха, поэтому для исключения резкого движения в работников необходимо оградить станки специальными защитными ограждениями. Это предотвратит возможность резкого движения рабочих частей станков в работников цеха.

«Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блеклости, повышенная пульсация светового потолка. При отсутствии средств защиты запыленность воздушной среды в зоне дыхания станочников

при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов может превышать предельно допустимые концентрации». [15]

«Основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей, а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой;

- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; попадание провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования;

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;

- возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала напряженным токопроводящим предметом, неисправностей в устройстве защитного заземления». [16]

Сегодняшнее машиностроительное производство невозможно без использования смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС). Их применяют для снижения температур в зоне резания, облегчения стружкоотделения, вывода стружки из зоны резания и так далее. СОТС чаще всего являются жидкостями, но применяются и твердые средства. Эти средства имеют свойство испаряться и, соответственно, находиться в виде взвесей в воздушном пространстве механообрабатывающего цеха. СОТС состоят из множества компонентов, некоторые из которых являются вредными для человеческого организма. Это является еще одним вредным производственным фактором.

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения попадания стружки в станочника на токарном станке с ЧПУ 16Б16Т1С1 предусмотрен экран из металла и оргстекла (рисунок 9), который необходимо выдвигать при обработке. При закрытом экране отлетающая стружка будет попадать в него и не попадет в оператора.



Рисунок 9 – Защитный экран токарного станка

Тем не менее, приходя на работу, оператор, управляющий токарным станком, должен переодеться в рабочую одежду и уже в ней осуществлять рабочие действия.

Важным фактором на производстве является освещенность. Она должна быть достаточной при любом времени суток, если производственное помещение используется. Поэтому необходимо следить за достаточной освещенностью в цехе.

Для увеличения освещенности на рабочем месте станочника на горизонтально-протяжном станке предусмотрена точка освещения. Это увеличивает уровень освещенности на рабочем месте.

Для снижения уровня запыленности в механообрабатывающем цехе, а также для снижения концентрации взвесей СОТС в воздухе необходима вентиляция. Это осуществляется системами искусственного кондиционирования воздуха. [8] Необходимо обеспечить цех средствами вентиляции воздуха.

Внутри цеха необходимо осуществить электробезопасность. И токарному станку и протяжному станку необходимо выполнить заземление. Это соединение корпуса станка с землей для удаления статического электричества. Также станочник, выполняя работы на станке должен стоять на резиновом коврике. Это обезопасит рабочего-станочника от возможности поражения растекшегося электрического тока.

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

В результате неправильных действий работников на механообрабатывающем участке может возникнуть пожар. Он классифицируется классом Е. Это пожар, связанный с воспламенением веществ материалов электроустановок.

«Для тушения пожара используют: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждения очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механическое сбивание пламени струей жидкости или газа; снижением скорости химической реакции, протекающей в пламени; создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы». [14]

Для предостережения возгорания работники до начала выполнения работ на предприятии обязательно проходят инструктаж по технике безопасности. Там работнику объясняют от чего могут произойти пожары на

производстве и какие действия ему необходимо выполнять при возникновении пожара.

Участок механической обработки должен быть оборудован пожарными гидрантами [7] и огнетушителями [6]. Это позволит потушить пожар на ранней стадии при его возникновении.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

«Важным требованием к производственным помещениям является наличие вентиляционной системы, удовлетворяющей общим санитарно-гигиеническим требованиям к воздуху рабочей зоны, обеспечивающей необходимый воздухообмен, качественное удаление загрязненного воздуха и отвечающей требованиям безопасности». [19]

В связи с испарением СОТС необходимо осуществлять вентиляцию помещения. Это искусственно создается системами кондиционирования [8].

В сочетании с действиями по уменьшению вредных выделений на производстве (проветривание помещений, аэрация) системы кондиционирования, вентиляции и отопления создают производственные условия и микроклимат соответствующим необходимым по нормативным актам стандартов охраны труда.

В цехе обязательно устанавливаются системы механической вентиляции. Эти системы искусственно осуществляют увеличение воздухообмена с внешней средой при помощи вентиляторов. Эти системы также улучшают микроклимат рабочих мест на производстве.

В результате проведения анализа безопасности и экологичности технического объекта нами предложены мероприятия по увеличению экологичности и снижению опасности производства партии шкивов ленточного конвейера.

## 6 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема производственного процесса представлена на рисунке 10.

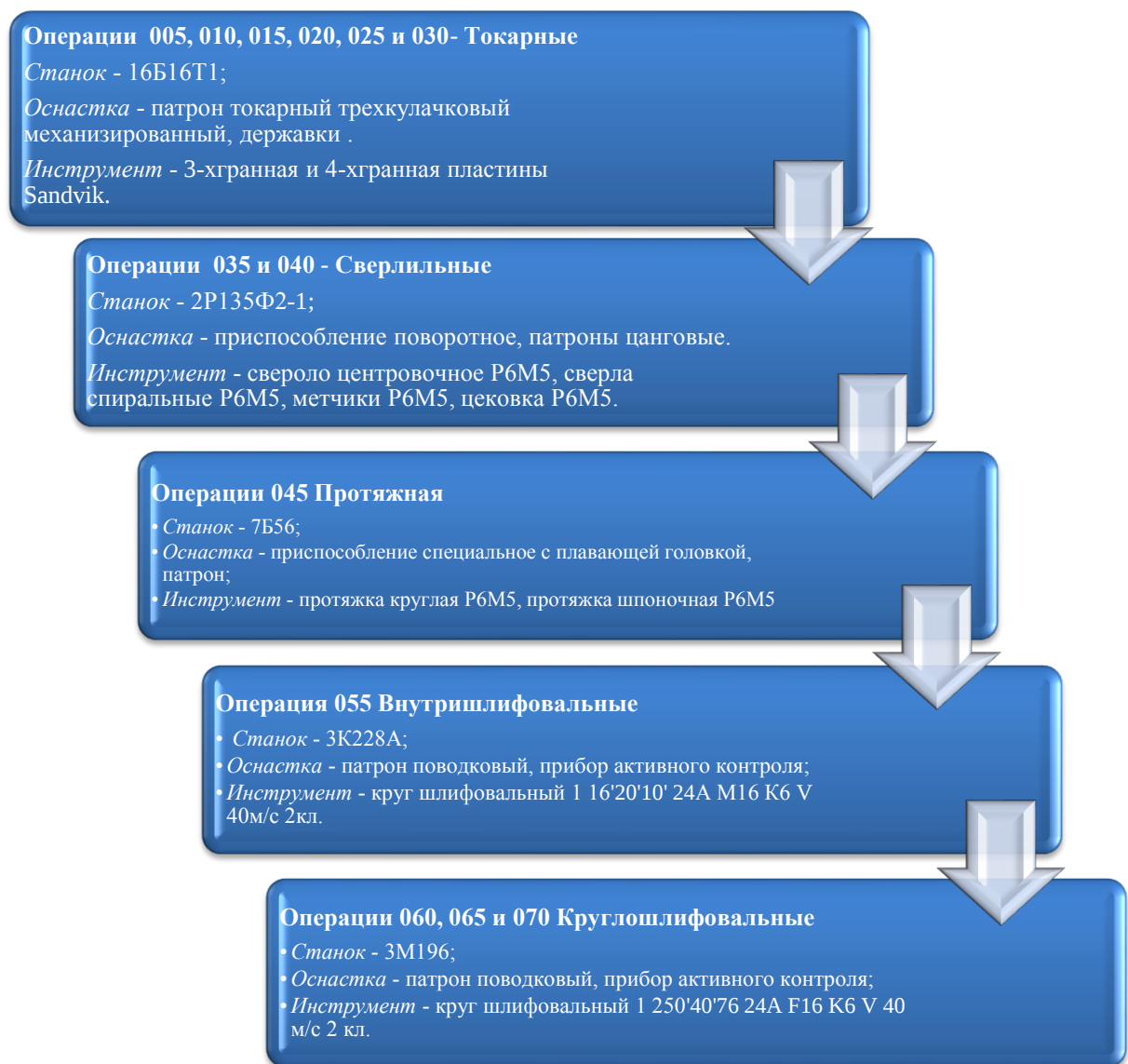


Рисунок 10 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема выделяет операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [13]. Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 11.

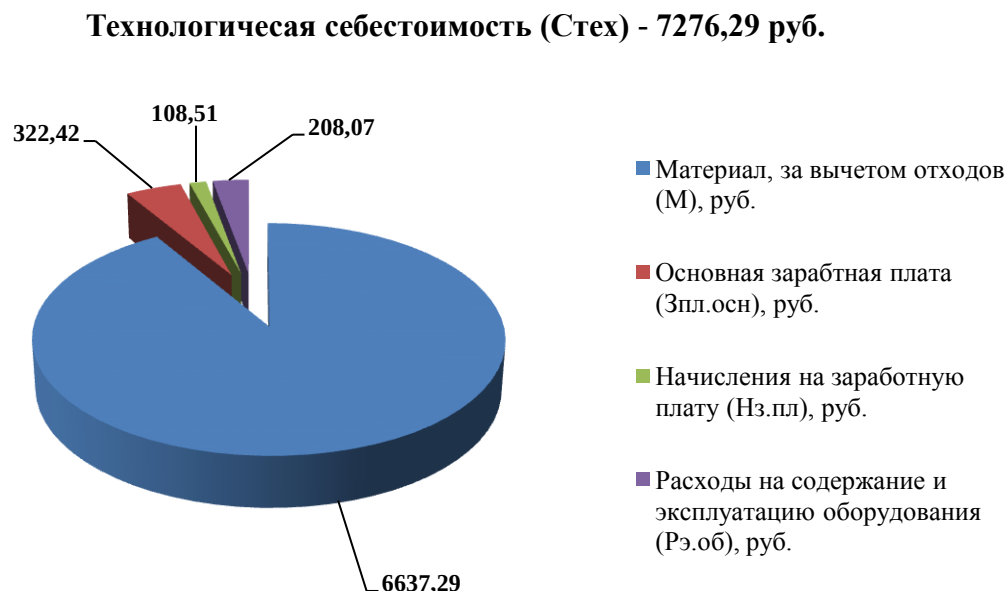


Рисунок 11 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется

Из рисунка 11 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от расходов на материалы, которые составляют 91,4 % от общего объема. При этом, технологическая себестоимость практически не зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет всего 1,4 %.

После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [13]. По причине того, что технологический процесс является

новым, масштаб инвестиций будет основываться на полном перечне затрат. Это будут: «затраты на оборудование, доставку и транспорт ( $K_{ОБ}$ ), затраты на проектирование ( $K_{ПР}$ ), оснастку и инструмент ( $K_{ОИ}$ ), площадь ( $K_{ПЛ}$ ) и программное обеспечение ( $K_{П.ОБ}$ )» [13]. На рисунке 12 представлены данные экономических показателей и общий объем инвестиций.

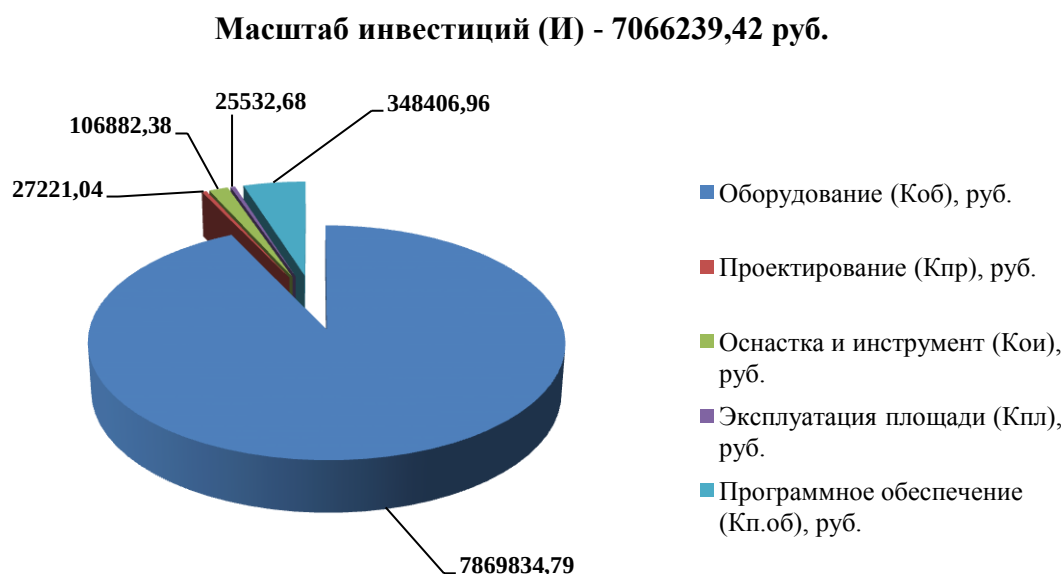


Рисунок 12 – Цифровые данные экономических показателей и общий масштаб инвестиций

Анализ данных рисунка 12 показывает, что подавляющая часть инвестиций (91,9%) приходится на технологическое оснащение. В то же время, затраты на производственные площади составляют лишь 0,5%, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта [13]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [13]. Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 13.

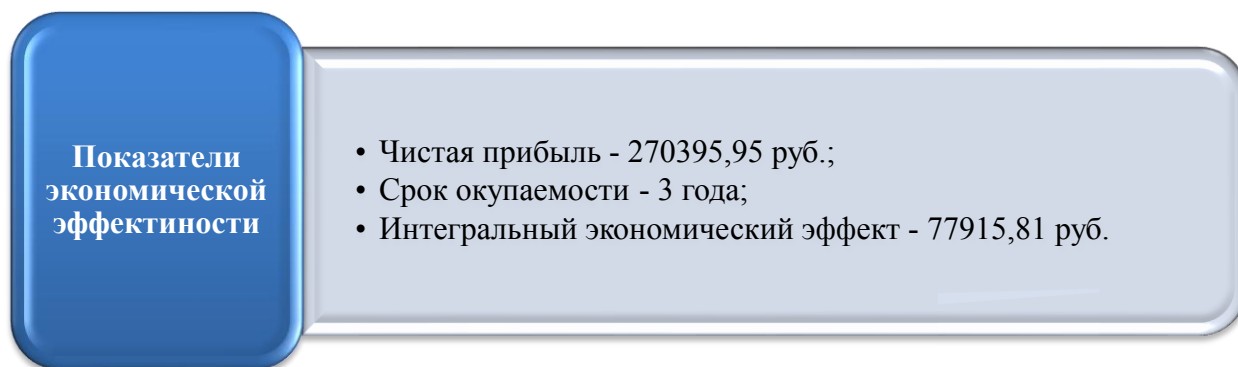


Рисунок 13 – Параметры экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 77915,81 рублей.

В результате выполнения данного раздела выполнены экономические расчёты, которые подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 14% и уменьшение затрат на материалы за счёт рациональной обработки заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых изделий.

## Заключение

В результате проведения выпускной квалификационной работы нами спроектирован современный техпроцесс изготовления шкива ленточного конвейера, оснащенный актуальными технологическими средствами.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является деталь «шкив ленточного конвейера», выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрано литье. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для базирования и закрепления заготовки на токарной окончательной операции нами спроектировано станочное приспособление – токарный патрон, имеющий механизированный привод. За счет механизации действия приспособления сокращается вспомогательное время, затрачиваемое на зажим-разжим заготовки в приспособлении, что сокращает, соответственно, и штучное время на этой операции. Это принесло экономическую выгоду.

Для протяжной операции технологического процесса разработана шпоночная протяжка, которой обрабатывают шпоночный паз шкива. Этот инструмент специализированный и поэтому проектируется для каждой партии деталей. Инструмент является сварным, он имеет режущую часть из быстрорежущей стали и хвостовые части из конструкционной стали.

Расчет экономической эффективности показал экономическую выгоду.

## Список используемой литературы

1. Алексеев А.Г. Технология конструкционных материалов. Производство заготовок : учебник / А. Г. Алексеев, Ю. М. Барон, М. Т. Коротких [и др.] ; под. ред. М. М. Радкевича. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 516 с.
2. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. - 4-е изд., стер. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. - 432 с.
3. Васильев В.И. Резание материалов: в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие / В.И. Васильев, А.В. Негодин. - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. - 236 с.
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. - 41 с.
5. ГОСТ 1415-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. - 7 с.
6. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. - 45 с.
7. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. - 19 с.
8. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. - 50 с.
9. Забирова Г.Р. Технология машиностроения: методическое пособие по выполнению практических работ / Г.Р. Забирова. - Ульяновск : УлГУ, 2022. - 272 с.
10. Зеньков И.В. Менеджмент высоких технологий : учеб. пособие / И.В. Зеньков ; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. - Красноярск, 2017. - 216 с.

11. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. - Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.

12. Краско А.С. Проектирование станочных приспособлений в машиностроении: учебно-методическое пособие / А.С. Краско, Л.В. Ибаева, К.А. Сухоруков. – М. : МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. - 78 с.

13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. - Тольятти. : ТГУ, 2014. - 183 с.

14. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 340 с.

15. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : учебное пособие для вузов / Э.М. Люманов, Н.Г. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2025. - 224 с.

16. Охрана труда : учебное пособие / сост. С.Н. Румянцев. - Караваево : Костромская ГСХА, 2024. - 228 с.

17. Погонин А. А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. - 3-е изд., доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 530 с.

18. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. - 384 с.

19. Промышленная безопасность машиностроительных производств : учебное пособие / С.К. Петров, Т.Н. Патрушева, В.П. Матвеев [и др.]; под ред. С.К. Петрова. - СПб. : Изд-во БГТУ «Военмех», 2022. - 297 с.

20. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. - М.: НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

21. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учебное пособие / Л.А. Резников. - Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 192 с.
22. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты : учебное пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 415 с.
23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. - М. : Инновационное машиностроение, 2023. - 756 с.
24. Тюняев А.В. Основы конструирования деталей машин : учебно-методическое пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. - 192 с.
25. Фролов Ю.М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. - 448 с.
26. Шаламов В.Г. Режущий инструмент в машиностроении : учебное пособие / В. Г. Шаламов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 132 с.
27. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. - 288 с.

# Технологическая документация

### Таблица А.1 – Технологическая документация

[illegible]

Лист 2

| А    |  | Цех                                                                                                                                                                                                                      | Уч            | РМ                 | Опер           | Код наименования операции |                | Код наименования оборудования |        | СМ | проф. | Р   | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт | Тпоэ | Тшт |  |
|------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|---------------------------|----------------|-------------------------------|--------|----|-------|-----|----|----|------|----|----|-----|------|-----|--|
| Б    |  | Обозначение документа                                                                                                                                                                                                    |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| А 19 |  | XX XX XX 015 4112 Токарная полущистовая ИОТ ИЗ7.101.7001-93.                                                                                                                                                             |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Б 20 |  | 381.111                                                                                                                                                                                                                  | XXXX          | 16516T1C1          | 2              | 18225                     | 422            | 1P                            | 1      | 1  | 1     | 100 | 1  | 8  | 344  |    |    |     |      |     |  |
| О 21 |  | Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 147_{+0,05}^{+0,10}$ , $75 \pm 0,37$ ; $80 \pm 0,37$ ; $\varnothing 36,15_{+0,05}^{+0,10}$ , расточить                                                               |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| О 22 |  | внутреннее отверстие насквозь, выдерживая размер $\varnothing 24_{+0,05}^{+0,10}$ , выполнить фаску $1 \times 45^\circ$ .                                                                                                |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 23 |  | 396110                                                                                                                                                                                                                   | XXXX          | Патрон самоцентр.  | XXXXXX.XXXX    | Упор откидной.            | 392104.XXXX(2) | Резец механич.                | 15K10. |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 24 |  | 393111.XXXX                                                                                                                                                                                                              | ШЦ-И-350-0,1. | 393120.XXXX        | Калибр-продка. |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| 25   |  |                                                                                                                                                                                                                          |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| А 26 |  | XX XX XX 020 4112 Токарная полущистовая ИОТ ИЗ7.101.7001-93.                                                                                                                                                             |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Б 27 |  | 381.111                                                                                                                                                                                                                  | XXXX          | 16516T1C1          | 2              | 18225                     | 422            | 1P                            | 1      | 1  | 1     | 100 | 1  | 8  | 429  |    |    |     |      |     |  |
| О 28 |  | Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 60_{+0,05}^{+0,10}$ ; $4 \times 45^\circ$ ; $80 \pm 0,37$ ; $76 \pm 0,37$ ; $12,5 \pm 0,1$ ; $23 \pm 0,4$ ; $17,4_{+0,05}^{+0,10}$ ; $36 \pm 1,16_{+0,05}^{+0,10}$ . |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 29 |  | 396110                                                                                                                                                                                                                   | XXXX          | Патрон клиноплунж. | XXXXXX.XXXX    | Упор откидной.            | 392104.XXXX(2) | Резец механич.                | 15K10. |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 30 |  | 393111.XXXX                                                                                                                                                                                                              | ШЦ-И-350-0,1. | 393120.XXXX(2)     | Калибр-скоба.  |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| 31   |  |                                                                                                                                                                                                                          |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| А 32 |  | XX XX XX 025 4112 Токарная чистовая ИОТ ИЗ7.101.7001-93.                                                                                                                                                                 |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Б 33 |  | 381.111                                                                                                                                                                                                                  | XXXX          | 16516T1C1          | 2              | 18225                     | 422            | 1P                            | 1      | 1  | 1     | 100 | 1  | 8  | 344  |    |    |     |      |     |  |
| О 34 |  | Точить поверхность, выдерживая размеры $75 \pm 0,37$ ; $80 \pm 0,37$ ; $\varnothing 36,15_{+0,05}^{+0,10}$ , выполнить фаску $1 \times 45^\circ$ .                                                                       |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 35 |  | 396110                                                                                                                                                                                                                   | XXXX          | Патрон самоцентр.  | XXXXXX.XXXX    | Упор откидной.            | 392104.XXXX(2) | Резец механич.                | 15K10. |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| Т 36 |  | 393111.XXXX                                                                                                                                                                                                              | ШЦ-И-350-0,1. | 393120.XXXX        | Калибр-продка. |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| 37   |  |                                                                                                                                                                                                                          |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| 38   |  | XX XX XX 030 4112 Токарная полущистовая ИОТ ИЗ7.101.7001-93.                                                                                                                                                             |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| А 39 |  | 381.111                                                                                                                                                                                                                  | XXXX          | 16516T1C1          | 2              | 18225                     | 422            | 1P                            | 1      | 1  | 1     | 100 | 1  | 8  | 148  |    |    |     |      |     |  |
| Б 40 |  | Точить поверхность, выдерживая размеры $80 \pm 0,37$ ; $76 \pm 0,37$ .                                                                                                                                                   |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| О 41 |  | 396110                                                                                                                                                                                                                   | XXXX          | Патрон клиноплунж. | XXXXXX.XXXX    | Упор откидной.            | 392104.XXXX    | Резец механич.                | 15K10. |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |
| МК   |  |                                                                                                                                                                                                                          |               |                    |                |                           |                |                               |        |    |       |     |    |    |      |    |    |     |      |     |  |

Продолжение таблицы А.1

Лист 3

| А    | Цех                                                                                                                                                                    | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОМД | Обозначение документа |    |      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|-----------------------|----|------|
|      |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      | ЕН                    | ОП | Титл |
| Б    | 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0,1                                                                                                                                               |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 42 |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 43   |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| А 44 | ХХ ХХ ХХ 035 4121 Сверлильная ИОТ ИЗ7.101.7015-00.                                                                                                                     |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Б 45 | 381213 ХХХХ 2Р135Ф2-1 Вертик-сверл. 2 322 1Р1 1 1 100 1 5 3,09                                                                                                         |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 0 46 | Сверлить отверстие $\varnothing 14^{+0,2}_{-0,1}$ ; сверлить отверстие $\varnothing 9^{+0,2}_{-0,1}$ ; цековать отверстие $\varnothing 14^{+0,2}_{-0,1}$ на глубину 25 |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 0 47 | с выполнением фаски 16x45°, нарезать резьбу М10.                                                                                                                       |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 48 | 396181.ХХХХ Приспособление самоцентра.; ХХХХХХ.ХХХХ(2) Сменные призмы; 391267.ХХХХ(2) Сверла                                                                           |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 49 | спиральное Р6М5; 391267.ХХХХ Цековка Р6М5; ХХХХХХ.ХХХХ Метчик М10 Р6М5;                                                                                                |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 50 | 393111(2) Калибр-продак; 393111 Калибр резьбовой.                                                                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 51   |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| А 52 | ХХ ХХ ХХ 040 4121 Сверлильная ИОТ ИЗ7.101.7015-00.                                                                                                                     |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Б 53 | 381213 ХХХХ 2Р135Ф2-1 Вертик-сверл. 2 322 1Р1 1 1 100 1 5 4,07                                                                                                         |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 0 54 | Сверлить 4 отверстия $\varnothing 7^{+0,2}_{-0,1}$ ; зеркеровать 4 фаски 16x45°, нарезать резьбу М8 на 4 отверстиях.                                                   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 55 | 396181.ХХХХ Приспособление самоцентра.; ХХХХХХ.ХХХХ(2) Сменные призмы; 391267.ХХХХ(2) Сверла                                                                           |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 56 | спиральное Р6М5; 391267.ХХХХ Зенкер Р6М5; ХХХХХХ.ХХХХ Метчик М8 Р6М5;                                                                                                  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 57 | 393111(2) Калибр-продак; 393111 Калибр резьбовой.                                                                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 58   |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| А 59 | ХХ ХХ ХХ 045 4280 Протяжная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Б 60 | 381631 ХХХХ 7 Верт. протяжной $\varnothing 24,9^{+0,033}_{-0,033}$ 2 18632 322 1Р 1 1 1 100 116 157                                                                    |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 0 61 | Протянуть посадочное отверстие $\varnothing 24,9^{+0,033}_{-0,033}$ , протянуть шпоночный паз шириной 8 на глубину 28,1                                                |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 62 | 396181.ХХХХ приспособление спец. с плавающей головкой.; ХХХХХХ.ХХ патрон; 391822.ХХХХ(2) Протяжка;                                                                     |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| Т 63 | 393111.ХХХХ ШЦ-И-100-0,05; 393120.ХХХХ(2) Калибр-продак.                                                                                                               |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| 64   |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |
| МК   |                                                                                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |      |

Продолжение таблицы А.1

| Лист 4 |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-------|--------------------|-----|----|------|------|----|-----|------|-----|
| А      | Цех                                                                                     | Уч   | РМ      | Опер                | Код наименования операции  |                     | Обозначение документа |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
|        |                                                                                         |      |         |                     | Код наименования обработки |                     | СМ                    | проф. | Р                  | УТ  | КР | КОИД | ЕН   | ОП | Кшт | Тпоз | Тшт |
| Б      |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| А 69   | XX XX XX                                                                                | XX   | 050     | Термическая (отжиг) | ИОТ                        | ИЗ7.101.70.15-07.   |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| 70     |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| А 71   | XX XX XX                                                                                | XX   | 055     | Шлифовальная        | ИОТ                        | ИЗ7.101.74.19.1-00. |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Б 72   | 38131X                                                                                  | XXXX | ЗК228А  | Внутришлифов.       | 2                          | 18873               | 322 1Р                | 1     | 1                  | 100 | 1  | 10   | 2,50 |    |     |      |     |
| О 73   | Шлифовать посадочную поверхность, выдерживая размер $\phi 25^{+0,033}_{-0,033}$ .       |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 74   | 39611X                                                                                  | XXXX | Патрон  | пободкавыч.         | 3                          | XXXXXX              | XXXX                  | Упор  | откидной.          |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 75   | 398110                                                                                  | XXXX | Головка | шлифовальная        | 20x10x20                   | 14AF24K5L7          | 30                    | м/с   | ГОСТ Р 52781-2007. |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 76   | 393120                                                                                  | XXXX | 12      | скода индикаторная  | 393410                     | XXXX                | Калибр-продка.        |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| 77     |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| А 78   | XX XX XX                                                                                | XX   | 060     | Шлифовальная        | ИОТ                        | ИЗ7.101.74.19.1-00. |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Б 79   | 38131X                                                                                  | XXXX | ЗМ196   | Круглошлифов.       | 2                          | 18873               | 322 1Р                | 1     | 1                  | 100 | 1  | 10   | 1,96 |    |     |      |     |
| О 80   | Шлифовать поверхность, выдерживая размер $\phi 36,05^{+0,039}_{-0,039}$ .               |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 81   | 39611X                                                                                  | XXXX | Патрон  | пободкавыч.         | 3                          | XXXXXX              | XXXX                  | Упор  | откидной.          |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 82   | 398110                                                                                  | XXXX | Круг    | шлифовальный        | 1600x16x305                | 14AF24K5L7          | 30                    | м/с   | ГОСТ Р 52781-2007. |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 83   | 393120                                                                                  | XXXX | 12      | скода индикаторная  | 393410                     | XXXX                | Калибр-скода.         |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| 84     |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| А 85   | XX XX XX                                                                                | XX   | 065     | Шлифовальная        | ИОТ                        | ИЗ7.101.74.19.1-00. |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Б 86   | 38131X                                                                                  | XXXX | ЗМ196   | Круглошлифов.       | 2                          | 18873               | 322 1Р                | 1     | 1                  | 100 | 1  | 10   | 2,75 |    |     |      |     |
| О 87   | Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 14,0 \pm 0,031$ $36 \pm 1,17 \pm 0,2$ . |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 88   | 39611X                                                                                  | XXXX | Патрон  | пободкавыч.         | 3                          | XXXXXX              | XXXX                  | Упор  | откидной.          |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 89   | 398110                                                                                  | XXXX | Круг    | шлифовальный        | 1600x16x305                | 14AF24K5L7          | 30                    | м/с   | ГОСТ Р 52781-2007. |     |    |      |      |    |     |      |     |
| Т 90   | 393120                                                                                  | XXXX | 12      | скода индикаторная  | 393410                     | XXXX                | Калибр-скода.         |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| 91     |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |
| МК     |                                                                                         |      |         |                     |                            |                     |                       |       |                    |     |    |      |      |    |     |      |     |

Продолжение таблицы А.1

| Лист 5 |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|---------------------------|---------------------------|----|-------|---|----|----|-----------------------|----|----|--|-----|------|-----|
| А      | Цех                                                                             | Уч | РМ | Опер | Код наименования операции |                           | СМ | проф. | Р | УТ | КР | Обозначение документа |    |    |  | Кшт | Тпоэ | Тшт |
|        |                                                                                 |    |    |      | Код                       | наименование оборудования |    |       |   |    |    | КОИД                  | ЕН | ОП |  |     |      |     |
| Б      | XX XX XX 060 Шлифовальная ИОТ ИЗ37.101.74.19.1-00.                              |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| А 94   | 38131X XXXX 3M196 Круглошлифов. 2 18873 322 1P 1 1 1 100 1 10 1,75              |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| Б 95   | Шлифовать поверхность, выдерживая размер $\phi 36_{-0.016}^{+0.016}$ .          |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| О 96   | 39611X XXXX Патрон пободковы; 3: XXXXXX.XXXX Упор откидной.;                    |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| Т 97   | 398110 XXXX Круг шлифовальный 1600x16x305 14AF24K5L7 30 м/с 10CT P 52781-2007.; |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| Т 98   | 393120.XXXX(2) скода индикаторная; 393410.XXXX Калибр-скода.                    |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| Т 99   |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| 100    |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| А 101  | XX XX XX 080 Маячная ИОТ ИЗ37.101.XXXX                                          |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| 102    |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
| А 103  | XX XX XX 085 Контрольная ИОТ ИЗ37.101.XXXX                                      |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |
|        |                                                                                 |    |    |      |                           |                           |    |       |   |    |    |                       |    |    |  |     |      |     |