

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления тормозного барабана подъемного крана.

Автор: Карташов Денис Алексеевич.

В бакалаврской работе рассмотрен вопрос изготовления тормозного барабана подъемного крана. Спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описан подъемный кран мостового типа, в состав которого входит деталь – барабан, проанализирована конструкция детали и выполнен вывод о довольно высокой технологичности конструкции, также проведен анализ материала, из которого изготавливается деталь.

Исходя из материалов, полученных на преддипломной практике, выполнен выбор типа машиностроительного производства, а также описаны характеристики выбранного типа производства. Исходя из конструкции детали и типа машиностроительного производства, проведен технико-экономический расчет наиболее выгодного метода получения заготовки, а также выбраны методы обработки каждой поверхности детали.

В работе проведен расчет припусков на самую точную поверхность. Также рассчитаны режимы резания на те операции, которые были модернизированы в базовом технологическом процессе.

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление.

В работе спроектирован режущий инструмент, применяемый в разработанном технологическом процессе.

Также работа содержит разделы по анализу безопасности и экологичности технического объекта и по экономическому расчету.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	6
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	13
2.5 Расчёт припусков.....	15
2.6 Расчет режимов резания.....	17
3 Проектирование станочного приспособления.....	24
3.1 Общие сведения.....	24
3.2 Исходные данные.....	25
3.3 Силовой расчет станочного приспособления	26
4 Проектирование режущего инструмента.....	29
4.1 Особенности операции зубодолбления	29
4.2 Проектирование зуборезного долбяка	30
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
6 Экономическая эффективность работы.....	39
Заключение.....	44
Список используемой литературы.....	45
Приложение А Технологическая документация.....	48

Введение

Машиностроение является важной отраслью современной промышленности Российской Федерации. Машиностроение направлено на создание предметов, которые способствуют производительности труда человечества.

Важной составляющей машиностроительных производств являются грузоподъемные машины. С их помощью перемещают внутри цехов, а также между цехами различное оборудование, производственную тару с деталями и заготовками, а также со средствами технологического оснащения. Грузоподъемные машины широко используются также для перемещения объектов производств на заводах тяжелого машиностроения, ведь такие производства выпускают огромные турбины, корпуса цементных машин, которые могут иметь очень большую массу.

Грузоподъемные машины широко используют и на складах машиностроительных заводов, так как эти составляющие машиностроительных предприятий располагаются на как можно меньших площадях, экономя производственное пространство, и поэтому стеллажи выполняют высокими, многоуровневыми.

Грузоподъемные машины выполняют в виде мостовых кранов, подвесных кранов-балок, козловых кранов и так далее.

Тормозной барабан подъемного крана служит для обеспечения намотки троса, на котором перемещают грузы, для осуществления назначения всего подъемного механизма. Тормозной барабан является ответственным звеном всего механизма. От качества его изготовления зависит работоспособность всей подъемной машины.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления тормозного барабана подъемного крана заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Одним из наиболее распространенных средств погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на железнодорожном транспорте и т. д. являются грузоподъемные краны, обеспечивающие подъем груза, перемещение его на незначительное расстояние и опускание с помощью грузозахватного устройства». [19]

«По конструктивному исполнению грузоподъемные краны разделяют на краны: мостового типа, к которым относятся мостовые и козловые перегружатели, кабельные и мосто-кабельные; стрелового типа, к которым относятся башенные, порталные и консольные; самоходные краны, включающие гусеничные, железнодорожные, пневмоколесные, плавучие, шагающие». [19]

«Мостовой (рисунок 1) и козловый краны относят к кранам с несущими пролетными конструкциями, которые имеют мост, перемещающийся вдоль цеха или склада по рельсам, установленным сверху на колоннах (у мостовых кранов) или внизу на земле (у козловых кранов)». [19]

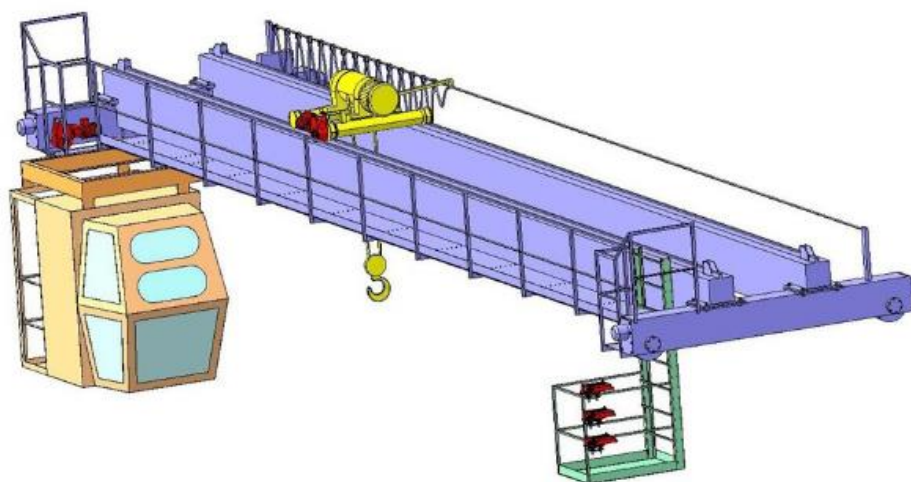


Рисунок 1 – Мостовой кран

«Вдоль моста по рельсам, уложенным на балках моста или по низу несущей балки (монорельсу), передвигается тележка с механизмом подъема. Обслуживаемая краном площадь имеет форму прямоугольника. Краны мостового типа предназначены для обслуживания в основном площадок прямоугольной формы. Мостовые краны в зависимости от назначения можно разделить на следующие основные группы: общего назначения, специального назначения (с поворотной тележкой, с выдвижной поворотной и неповоротной стрелой и др.), металлургические (литейные, ковочные, колодцевые, с гибким подвесом траверсы, с подхватами, магнитные, грейферные и др.)». [19]

Наша деталь – барабан является частью привода внутрицевого мостового крана.

1.2 Назначение и условия работы детали

Тормозной барабан подъемного крана служит для обеспечения намотки троса, на котором перемещают грузы, для осуществления назначения всего подъемного механизма. Тормозной барабан является ответственным звеном всего механизма. От качества его изготовления зависит работоспособность всей подъемной машины.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности барабана тормозного и представим это на рисунке 2.

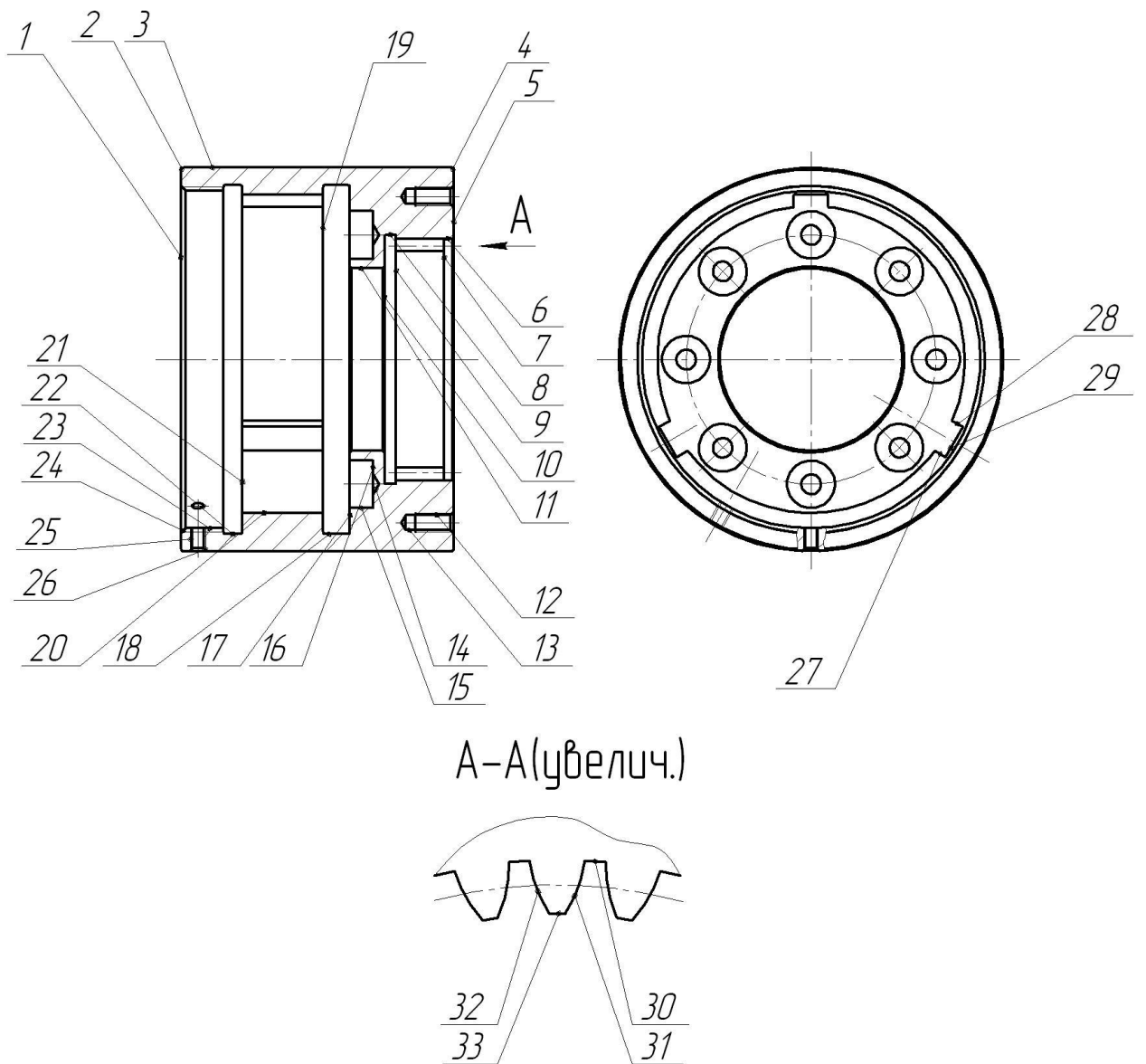


Рисунок 2 - Нумерация поверхностей

Исполнительными поверхностями тормозного барабана являются боковые стенки пазов 27, 28, от которых барабан получает вращательное движение, а также эвольвентные поверхности внутренних зубьев барабана 31, 32.

Основными конструкторскими базами барабана являются поверхность внутреннего центрального отверстия 11, а также торцовая поверхность 1.

Вспомогательными конструкторскими базами барабана являются резьбовые поверхности 12, 23, 25, а также внутренняя цилиндрическая поверхность 15.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Барабан тормозной выполнен из конструкционной стали 40Х ГОСТ 4543-2016 [5], которая содержит кроме железа (Fe) около 0,4% углерода (С) и около 1% хрома.

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Свойства стали 40Х

НВ	σ_B	σ_T
не более	МПа	МПа
197	530	275

«Легированные конструкционные стали марок 40Х, 40ХН, 30ХГСА и 40ХГТ подвергают термическому улучшению – закалке и высокому отпуску. В некоторых случаях их используют в состоянии поставки (в отожженном или нормализованном состояниях). Сталь 40Х – конструкционная улучшаемая машиностроительная сталь, легированная хромом. Введение хрома способствует уменьшению критической скорости закалки, а следовательно, улучшению прокаливаемости. Из-за большой прокаливаемости и меньшей критической скорости закалки замена углеродистой стали легированной позволяет производить закалку деталей в менее резких охладителях (масле, воздухе), что уменьшает деформацию изделий и опасность образования трещин. При охлаждении в масле сталь 40Х позволяет получить сквозную прокаливаемость до диаметра 20 мм (сталь 40 – до 10 мм). Применяется сталь 40Х для изготовления средненагруженных машиностроительных деталей небольших сечений (валов, штоков, шатунов и т. п.)». [15]

«Сталь 40Х для улучшения обрабатываемости подвергают нормализации при температуре 900 °С. В результате такой обработки

структура стали будет состоять из крупнопластинчатого перлита и сетки феррита (рисунок 3)». [15]



а



б

Рисунок 3 - Структура стали 40X

«Термическая обработка стали 40X заключается в улучшении: закалка до температуры 860 °С с охлаждением в масле и высокий отпуск при температуре 400-600 °С с охлаждением в воде, а для мелких деталей в масле. Сталь склонная к отпускной хрупкости II рода, устранение которой требует быстрого охлаждения с температуры высокого отпуска. В термически обработанной стали структура состоит из продукта распада мартенсита – сорбита. Улучшение обеспечивает высокий комплекс механических свойств». [15]

Конструкция барабана тормозного довольно технологична. В конструкции имеются канавки для выхода различного рода инструмента. По форме барабан тормозной довольно прост. Поверхности детали открыты - имеются возможности обработки и измерения всех поверхностей.

Выполнив анализ исходных данных, переходим к технологической части работы.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Разрабатываемый технологический процесс и выбор оборудования для проектируемого машиностроительного производства во многом зависит от типа производства, которое бывает: единичное; серийное, которое подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное; массовое». [2]

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. В общем объеме мирового производства 75-80% занимает среднесерийное производство». [2]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 14,4$ кг и годовая программа $N = 3000$ деталей. Исходя из этих параметров [9], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Условной границей между разновидностями серийного производства является величина закрепления операций: (для мелкосерийного производства $k_{з.о.} = 20...40$; для среднесерийного $k_{з.о.} = 10...20$; для крупносерийного $k_{з.о.} = 1...10$)». [23]

«В серийном производстве технологический процесс дифференцирован. Отдельные операции закреплены за определенными станками. Используются универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные и агрегатные станки. По окончании изготовления одной серии деталей станки переналаживаются на изготовление деталей другой серии». [23]

«Серийное производство экономичнее единичного, так как лучше используется технологическое оборудование, выше специализация рабочего, ниже себестоимость продукции». [23]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Метод получения той или иной заготовки зависит от служебного назначения детали и требований, предъявляемых к ней, а также от ее конфигурации и размеров, марки материала, типа производства и других факторов. Наиболее сложные по конфигурации заготовки можно изготавливать методом литья, изделия, получаемые методом обработки давлением, должны быть более простыми по форме. Изготовление в поковках отверстий и полостей объемной штамповкой в ряде случаев затруднено, а использование напусков резко увеличивает объем последующей механической обработки». [9]

«Размеры заготовок, получаемых методами литья и обработки давлением, практически не ограничиваются. Нередко определяющим параметром в этом случае являются минимальные размеры (например, минимальная толщина стенок отливки, минимальная масса поковки). Объемной штамповкой и большинством специальных способов литья получают заготовки массой до нескольких десятков или сотен килограммов. Форма и размеры заготовок, получаемых методами порошковой металлургии, ограничены как максимальными, так и минимальными размерами. При этом площадь поперечного сечения изделий, получаемых холодным формированием порошков с последующим спеканием, может быть от 50 мм² до 6000 мм², высота от 2 до 60 мм, а масса заготовок, как правило, не превышает 10 кг». [9]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат.

При штамповке масса заготовки будет равна 27,0 кг, а при прокате 38,6 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг).

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где $C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085$. [11]

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578.$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.).

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_m = 1,0; k_n = 1,0$. [11]

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.).

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{ум}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{ум}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{ум}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{ум}} = 27,0; q = 14,4$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. [11]$$

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 27,0 + 0,6578(27,0 - 14,4) - (27,0 - 14,4)0,0144 = 15,44 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.).

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{пр}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{пр}} - q), \quad (4)$$

где $Q_{\text{пр}} = 38,6; q = 14,4$;

$$C_{отх} = 0,0144. [11]$$

$$C_{ин} = 0,1219 \cdot 38,6 + 0,6578(38,6 - 14,4) - 0,0144(38,6 - 14,4) = 20,28 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_3}. \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{14,4}{27,0} = 0,53.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Каждая деталь может быть представлена в виде сочетания элементарных поверхностей, каких как плоскости, цилиндры, конусы, торы, а также более сложных фигурных поверхностей, например винтовых, шлицевых, зубчатых и пр. В результате многолетней практики установлены наиболее рациональные типовые способы механической обработки для каждой элементарной поверхности. Выбор того или иного способа определяется комплексом факторов, среди которых учитывают: конфигурацию, габаритные размеры, материал и массу деталей, объем выпуска, принятый тип и форму организации производства; оборудование и оснастку, имеющиеся в распоряжении и др. К главным факторам также относят точность, производительность и рентабельность каждого способа».

[24]

В результате анализа формы поверхностей 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для их

изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновая и чистовая токарная обработка.

В результате анализа формы поверхностей 3, 11, их точности (IT 8) и шероховатости (Ra 1,25) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновая и чистовая токарная обработка, шлифование.

В результате анализа формы поверхностей 12, 25, их точности (IT 10) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление и резьбонарезание.

В результате анализа формы поверхностей 13, 14, 15, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление.

В результате анализа формы поверхности 16, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление и цекование.

В результате анализа формы поверхности 26, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление и зенкование.

В результате анализа формы поверхностей 27, 28, их точности (IT 10) и шероховатости (Ra 2,5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: долбление.

В результате анализа формы поверхности 29, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: долбление.

В результате анализа формы поверхности 30, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубодолбление.

В результате анализа формы поверхностей 31, 32, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 2,5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубодолбление.

В результате анализа формы поверхности 33, ее точности (IT 9) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновая и чистовая токарная обработка.

2.5 Расчет припусков

«Для вычисления операционных припусков необходимо знать весь состав переходов, параметры качества поверхностного слоя по переходам: среднеарифметическая высота профиля микронеровностей, толщина дефектного слоя, погрешность формы и расположения заготовки в переходах и погрешности установки заготовки в переходах». [12]

«Перед началом расчета припусков необходимо выполнить эскиз заготовки с указанием схемы ее установки на станке или в приспособлении с выделением поверхностей, для которых рассчитываются или назначаются по таблице припуски на обработку. В конце расчета выполняется эскиз заготовки с назначенными нормативными размерами, предельными отклонениями, припусками и допусками. Строится схема расположения припусков и допусков». [12]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 3, параметрами которой $\varnothing 200h8(-0,072)$, $L = 140$ мм, $Ra = 1,25$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,46 = 0,115 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,115 = 0,029 .$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,185 = 0,046.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,072 = 0,018.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \cdot [3] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \cdot [3] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,026.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,115^2 + 0} = 0,315.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,046^2 + 0^2} = 0,146.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,026 + 0,5(2,500 + 0,460) = 2,506.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,315 + 0,5(0,460 + 0,115) = 0,603.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,146 + 0,5(0,115 + 0,072) = 0,240.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{3\min} = 199,928.$$

$$d_{3\max} = 200,000.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 200,000 + 2 \cdot 0,146 = 200,292.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 200,292 + 0,185 = 200,477.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 200,477 \cdot 0,999 = 200,277.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 200,277 + 0,115 = 200,392.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 200,392 + 2 \cdot 0,315 = 201,022.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 201,022 + 0,460 = 201,482.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 201,482 + 2 \cdot 1,026 = 203,534.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 203,534 + 2,500 = 206,034.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(206,034 + 203,534) = 204,784 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(201,482 + 201,0212) = 201,252 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(200,392 + 200,277) = 200,335 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(200,477 + 200,292) = 200,385 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(200,000 + 199,928) = 199,964 .$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} . \quad (10)$$

$$2Z_{\min} = 203,534 - 200,000 = 3,534 .$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 . \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 3,534 + 2,500 + 0,072 = 6,106 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) . \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,534 + 6,106) = 4,820 .$$

2.6 Расчет режимов резания

«При различных видах обработки и условиях эксплуатации инструмента на первый план могут выступать различные показатели обрабатываемости.

Например, при окончательных операциях (чистовое точение, протягивание, развертывание и т. д.) большое значение имеют шероховатость и качество обработанной поверхности, а при нарезании резьб в глухих отверстиях – вид стружки и легкость ее отвода. В условиях автоматизированного производства особенно важны размерная стойкость инструмента и стабильность качества обработанных деталей. Но во всех случаях, независимо от особенностей технологического процесса и требований к качеству обработанных поверхностей, производительность и стоимость обработки определяется целесообразными скоростями резания. Чем большую скорость резания при прочих равных условиях допускает режущий инструмент при обработке данного материала, тем лучше обрабатываемость этого материала». [10]

«При точении, фрезеровании, сверлении и протягивании деталей, особенно из труднообрабатываемых материалов, обработку рекомендуется проводить на оптимальных режимах резания, которые обеспечивают высокую точность и качество обработанной поверхности. Под оптимальным режимом резания понимают такой, который обеспечивает минимум интенсивности износа инструмента при оптимальной температуре резания, инвариантной к изменению элементов сечения срезаемого слоя, геометрии инструментов, СОТС и ряду других технологических факторов. Работа на оптимальной скорости резания обеспечивает также максимум длины пути резания, более высокое качество обработанной поверхности». [10]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 015.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,35$. [20]

Подача $S = 0,3$. [20]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 190$. [20]

$$V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} . \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 200,6} = 302 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} . \quad (15)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 200,6 \cdot 250}{1000} = 157 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n . \quad (16)$$

$$S = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} . \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{120}{75} = 1,60 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,35$. [20]

Подача $s = 0,3$. [20]

Скорость резания

$$V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 91,6} = 626 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 112,5 \cdot 500}{1000} = 177 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{56}{150} = 0,37 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 8,75$. [20]

Подача $s = 0,3$. [20]

Скорость резания

$$V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 130} = 465 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 400}{1000} = 163 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{6 \cdot 2}{120} = 0,10 \text{ мин.}$$

Итоговое время операции

$$T_0 = 1,60 + 0,37 + 0,10 = 2,07, \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Глубина резания $t = 4,5$. [20]

Подача $S = 0,2$. [20]

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, \quad (18)$$

где $D = 9,0; C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25$. [20]

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (19)$$

где $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0$.

$$K_v = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 9^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 4,5^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 13,7 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 13,7}{3,14 \cdot 9} = 485 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 400}{1000} = 11,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S}, \quad (20)$$

где $n_{отв} = 6$; $L_{px} = 28$.

$$T_0 = \frac{6 \cdot 28}{80} = 2,10 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 1,6$. [20]

Подача $S = 0,2$. [20]

$$D = 11,2; C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25. [20]$$

Скорость резания

$$V = \frac{7,0 \cdot 11,2^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,6^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 14,9 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 14,9}{3,14 \cdot 11,2} = 424 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11,2 \cdot 400}{1000} = 14,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{6 \cdot 2}{80} = 0,15 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 0,5$. [20]

Подача $S = 0,5$. [20]

$D = 10; C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25$. [20]

Скорость резания

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,5^0 \cdot 0,50^{0,7}} \cdot 0,5 = 7,5 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 10} = 239 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 200}{1000} = 6,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{6 \cdot 20}{40} = 3,00 \text{ мин.}$$

Итоговое время операции

$$T_0 = 2,10 + 0,15 + 3,00 = 5,25 \text{ мин.}$$

Нами определены режимы резания на проектируемые операции технологического процесса изготовления барабана тормозного привода подъемного крана. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А таблица А.1.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения

«Интенсификация производства в машиностроении непрерывно связана с техническим перевооружением и модернизацией средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка производства новых видов продукции машиностроения и модернизация средств производства неизбежно включает процессы проектирования средств технологического оснащения и их изготовление». [1]

В зависимости от типа производства технический уровень и структура приспособлений различны. Для массового, крупно- и среднесерийного производства характерно применение специальных и специализированных приспособлений. Специальные приспособления имеют одноцелевое значение и предназначены для выполнения определенной операции на одной модели станка. Процесс проектирования и изготовления этих приспособлений отличается большой трудоемкостью и высокой стоимостью. В условиях мелкосерийного и единичного производства широкое распространение получили системы переналаживаемой оснастки с различной степенью нормализации и стандартизации их элементов. Они более мобильны при подготовке производства и не требуют больших затрат.

В последнее время в области проектирования приспособлений достигнуты значительные успехи. Разработаны методики расчета точности приспособлений различного назначения, усовершенствованы методики расчета контрольных и сборочных приспособлений.

3.2 Исходные данные

Эскиз операции 020 представлен на рисунке 4.

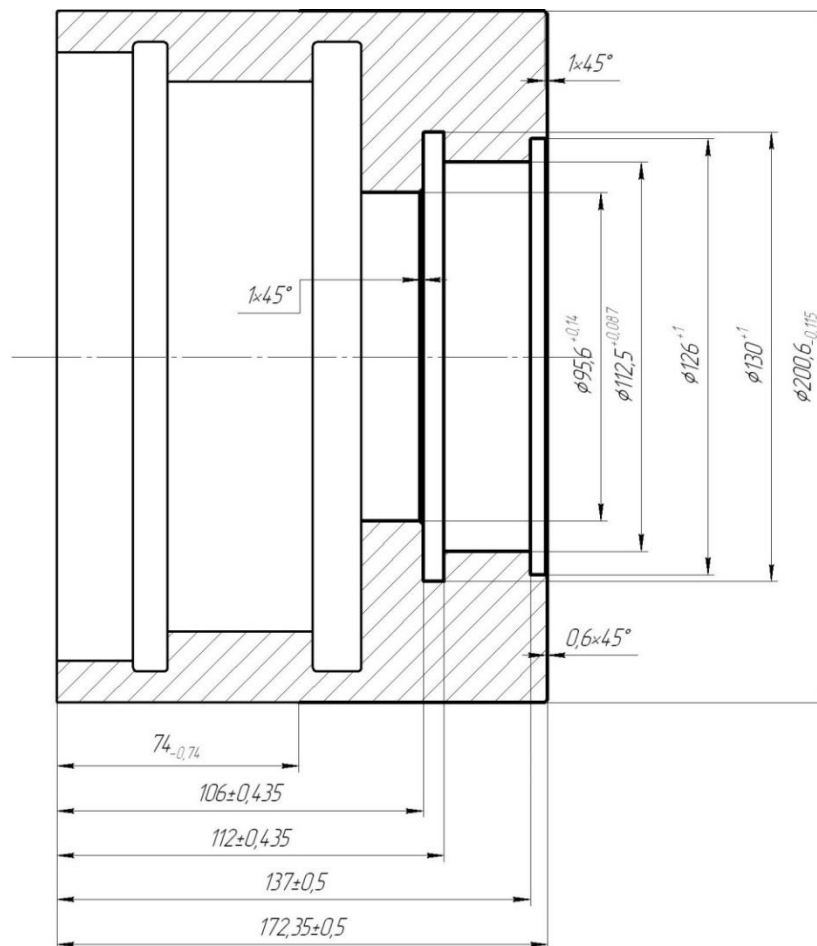


Рисунок 4 – Эскиз операции 015

Режимы резания были рассчитаны ранее, поэтому представим их в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы обработки на операции 015

Глубина резания, t	Скорость резания, V	Подача, S	Частота, n
0,35 мм	157 м/мин	0,3 мм/об	250 мин ⁻¹

3.3 Силовой расчет станочного приспособления

Рассчитаем силы резания

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

где для P_Y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$; [16]

для P_Z : $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [16]

$$K_p = 0,9. [16]$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} = 0,612 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,622 .$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_y} = 0,612 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,845 .$$

$$P_y = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 157^{-0,15} \cdot 0,9 = 91, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 157^{-0,3} \cdot 0,9 = 179, \text{ Н.}$$

На рисунке 5 представлена схема действия сил при закреплении заготовки в приспособлении.

Вращательный момент от составляющей силы резания, которая стремится повернуть заготовку в кулачках, рассчитаем из зависимости

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (22)$$

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{179 \cdot 200,6}{2} = 17953,7, \text{ Н.}$$

Рассчитаем момент силы зажима, который будет препятствовать вышеуказанному моменту

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}, \quad (23)$$

где W – суммарное усилие кулачков;
 f – коэффициент трения.

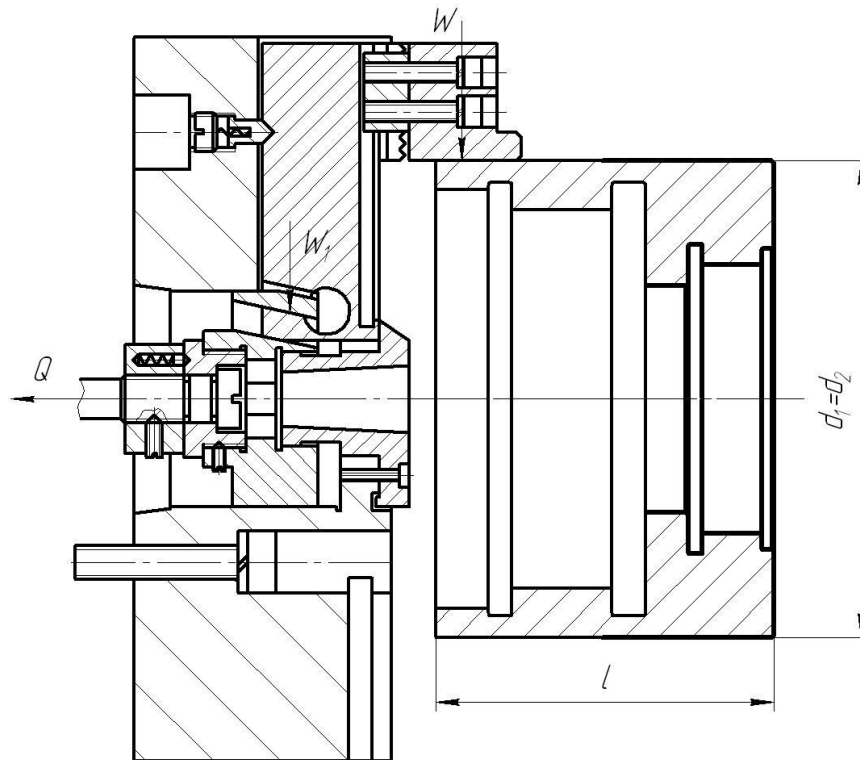


Рисунок 5 - Схема действия сил при закреплении заготовки в приспособлении

Найдем коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (24)$$

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

$$K_{p_y} = 2,52 ;$$

$$f = 0,3.$$

$$W_z^1 = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 91 \cdot 200,6}{0,3 \cdot 200,6} = 1092, \text{ Н.}$$

Рассчитаем момент от силы зажима

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (25)$$

Усилие W_1 , прикладываемое к кулачкам

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\lambda_k}{M_k} \cdot f_1 \right)}. \quad (26)$$

$$W_1 = \frac{1597}{1 - \left(\frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1 \right)} = 2081, \text{ Н.}$$

Конструкция токарного трехкулачкового патрона такова, что силовой привод, воздействуя на механизм, приводит в движение рабочие сменные кулачки, которые зажимают заготовку с усилием Q . В клиновом патроне усилие, приходящее от привода, усиливается. Это увеличение зависит от угла скоса клина α .

$$Q = \frac{W_1}{i}, \quad (27)$$

где i – передаточное отношение.

$$i = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1}. \quad (28)$$

$$i = \frac{1}{\text{tg}(15 + 5^{\circ}50') + \text{tg}5^{\circ}50'} = 2,1.$$

$$Q = \frac{2081}{2,1} = 991 \text{ Н.}$$

Спроектированный токарный патрон представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Особенности операции зубодолбления

«Зубодолбление применяют для черновой и чистовой обработки зубчатых колес с внутренним и внешним зубьями, многовенцовых зубчатых колес, закрытых зубчатых венцов с внешним зацеплением, если малый зазор для выхода инструмента не позволяет применять другие методы обработки зубчатых реек, шевронных колес без канавки. Однако в большинстве случаев зубодолбление уступает зубофрезерованию червячными фрезами по производительности и точности, но в ряде случаев зубодолбление имеет явные преимущества по сравнению с зубофрезерованием. Основное преимущество зубодолбления по сравнению с обработкой червячной фрезой – меньшая огранка эвольвентного профиля малозубых колес. Кроме того, зубодолбление значительно экономичнее зубофрезерования при нарезании зубчатых колес малой ширины, у которых длина врезания фрезы больше ширины нарезаемого зубчатого венца, а также при обработке зубчатых секторов из-за потерь времени холостого хода. Во всех случаях, когда нельзя применить зубофрезерование, нарезание долбьяками успешно используется как в поточно-автоматизированном, так и в единичном производстве зубчатых колес». [17]

«При зубодолблении происходит зацепление производящего колеса-долбняка и нарезаемого колеса. Зуборезный долбьяк представляет собой по форме зубчатое колесо с прямыми или косыми зубьями. В процессе резания долбьяк совершает прямолинейное (для прямозубых колес) или винтовое (для косозубых колес) возвратно-поступательное движение от копира и вращается вокруг своей оси. При врезании долбьяк получает радиальную подачу (рисунок 6)». [17]

В нашем случае у тормозного барабана имеется внутренний тип зубьев, причем размер зубьев довольно небольшой $m = 3$ мм. В конструкции барабана

имеется канавка для выхода инструмента, поэтому обработку этих зубьев будем вести зуборезным долбяком.

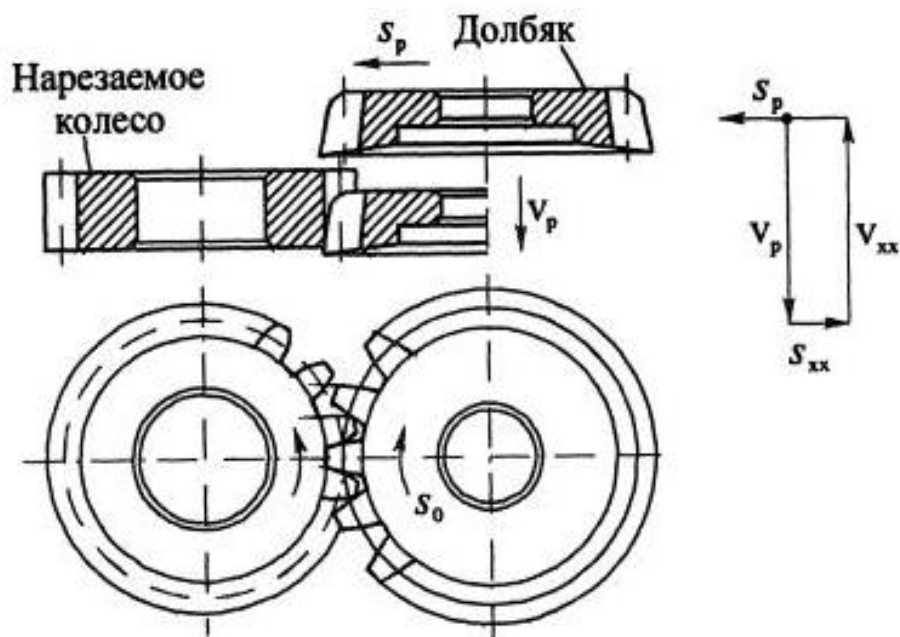


Рисунок 6 – Обработка зубьев долбяком

«Зубодолбление можно производить за один или несколько проходов в зависимости от модуля, твердости материала, точности и шероховатости обрабатываемых зубьев. В зависимости от числа проходов и мощности станка зубодолбление выполняется в одну или две операции – черновое и чистовое долбление». [17]

4.2 Проектирование зуборезного долбяка

Исходными данными для проектирования зуборезного долбяка являются параметры зубьев тормозного барабана: модуль зубьев $m = 3$ мм; число зубьев $z = 40$; угол профиля зубьев $\omega = 0$.

Ориентировочный диаметр делительной окружности долбяка

$$D_0 = m \cdot Z_0 \quad (29)$$

$$D_0 = 3 \cdot 24 = 72 \text{ мм.}$$

По стандартному ряду нормализованных диаметров примем $D_H = 80$ мм.

Число зубьев долбяка

$$Z = \frac{D_H}{m} \quad (30)$$

$$Z = \frac{80}{3} = 27 \text{ мм.}$$

$$D = m \cdot Z = 3 \cdot 27 = 81 \text{ мм.}$$

Основные параметры долбяка представлены на рисунке 7.

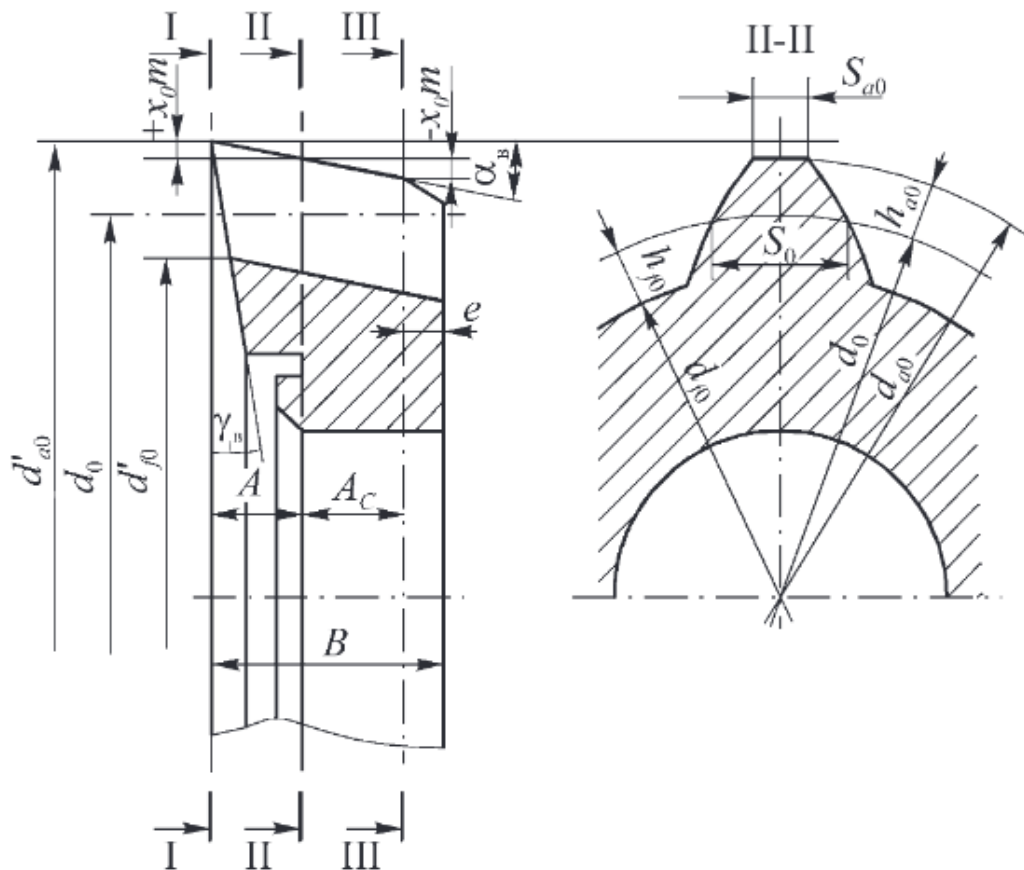


Рисунок 7 – Основные параметры долбяка

Диаметры окружностей выступов и впадин

$$D_{a.уч} = D + 2H_{a.уч} = D + 2,5m \quad (31)$$

$$D_{a.уч} = 81 + 2,5 \cdot 3 = 88,5 \text{ мм.}$$

$$D_{f.уч} = D - 2H_{f.уч} = D - 2,5m \quad (32)$$

$$D_{f.уч} = 81 - 2,5 \cdot 3 = 73,5 \text{ мм.}$$

Толщина зуба

$$S_{уч} = 0,5 \cdot \pi \cdot m + \Delta \quad (33)$$

где $\Delta = 0,14$. [21]

$$S_{уч} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 3 + 0,14 = 4,85 \text{ мм.}$$

Профильный угол долбяка

$$\Omega = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \omega}{1 - \operatorname{tg} \gamma_0 \operatorname{tg} \alpha_0}\right), \quad (34)$$

где $\omega = 20^\circ$; $\gamma_0 = 5^\circ$; $\alpha_0 = 6^\circ$. [21]

$$\Omega = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{1 - \operatorname{tg} 5^\circ \cdot \operatorname{tg} 6^\circ}\right) = 20,171^\circ = 0,352 \text{ рад.}$$

Минимальная толщина выступов

$$S_{a.\min} = 0,51\sqrt{m} \quad (35)$$

$$S_{a.\min} = 0,51\sqrt{3} = 0,883 \text{ мм.}$$

Принимаем два сечения ($A_1 = 2; A_2 = 8$ мм).

Рассчитаем для этих сечений диаметры выступов D_{ai} , углов давления эвольвенты Ω_{ai} , толщину зуба S_{ai} .

$$D_{ai} = D_{a_{исх}} + 2A_i \operatorname{tg} \alpha_o . \quad (36)$$

$$D_{a1} = 88,5 + 2 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 88,920 \text{ мм.}$$

$$D_{a2} = 88,5 + 2 \cdot 8 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 90,182 \text{ мм.}$$

$$\Omega_{ai} = \arccos \left(\frac{D}{D_{ai}} \cos \Omega \right) \quad (37)$$

$$\Omega_{a1} = \arccos \left(\frac{88,5}{88,920} \cos 20,171^\circ \right) = 0,365, \text{ рад}$$

$$\Omega_{a2} = \arccos \left(\frac{88,5}{90,182} \cos 20,171^\circ \right) = 0,400, \text{ рад}$$

$$S_{ai} = D_{ai} \left(\frac{S_{исх}}{D} + \operatorname{inv} \Omega - \operatorname{inv} \Omega_{ai} \right) \quad (38)$$

$$S_{a1} = 88,92 \left(\frac{4,85}{81} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,365 \right) = 5,146 \text{ мм}$$

$$S_{a2} = 90,182 \left(\frac{4,85}{81} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,400 \right) = 4,678 \text{ мм}$$

Спроектированный зуборезный долбяк чашечного типа представлен в графической части данной работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваемым в данном разделе объектом является производственный участок по изготовлению тормозного барабана подъемного крана.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: четыре токарно-винторезных станка с ЧПУ SAMAT-400XS, три вертикально-сверлильных станка модели 2P135Ф2-1, долбежный станок модели 7Д430, зубодолбежный станок модели 5М14, внутришлифовальный станок с ЧПУ модели 3М225ВФ2 и круглошлифовальный станок 3М195.

Модернизации базового технологического процесса подверглись операции 015 токарная и 045 зубодолбежная, поэтому в данном разделе будем рассматривать только эти две операции, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Идентификация опасных и вредных производственных факторов – это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей, вероятности, величины и последствий их появления. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ. Вредным производственным фактором является такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникшие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными». [14]

При проведении токарных работ на рабочего, которым является оператор станка с числовым программным управлением, могут воздействовать следующие опасные производственные факторы. При токарной обработке образуется стружка, которой оператор станка может повредить кожный покров. Во избежание этого, согласно [7], имеется специальный инструмент-крючок, которым оператор токарного станка убирает образовавшуюся стружку из специального лотка-накопителя стружки, имеющимся в комплектации токарного станка SAMAT-400XC (рисунок 8).



Рисунок 8 – Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC

При помощи крючка для сбора стружки оператор токарного станка вынимает образовавшуюся стружку из лотка-накопителя и помещает ее в специальный ящик со стружкой. Далее стружку собирают в большой контейнер и передают на утилизацию на соответствующие предприятия.

Еще одним опасным производственным фактором на токарной операции является попадание стружки в глаз оператора станка. В связи с этим оператор станка при работе должен закрыть рабочую зону специальными ставнями,

которыми оборудован станок САМАТ-400ХС. Таким образом, нежелательного внезапного вылета стружки из зоны обработки не произойдет.

При работе на зубодолбежном станке модели 5М14 (рисунок 9), во избежание попадания в глаза или на кожный покров горячей стружки, станочник должен находиться на рабочем месте при работе станка в специальных защитных очках [4].



Рисунок 9 – Зубодолбежный станок 5М14

Вредным производственным фактором, как при токарной, так и при зубодолбежной обработке является то, что возникают пары смазочно-охлаждающих технических средств, которые применяют при обработке. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочие места оператора и станочника должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [22].

«Электрические установки, приборы и агрегаты широко распространены в различных отраслях техники и в быту. При работе с ними необходимо соблюдать требования электробезопасности, которые представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». [14]

Для электробезопасности работы на токарном и зубодолбежном станках необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущих станков. Заземление даст функцию станку на выключение в случае возникновения скачка напряжения, связанной с той или иной причиной. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

Для электробезопасности оператора токарного станка и оператора зубодолбежного станка, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик [6]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов. Пожары на промышленных предприятиях представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб». [14]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [8]. Для своевременного оповещения о возгорании и задымлении на потолках цеха, где находится участок механической обработки детали, устанавливается пожарная сигнализация. Это минимизирует время, затрачиваемое на определение возгорания на производстве.

Важной частью безопасности на производстве является инструктаж по охране труда и технике безопасности.

«Работники, вновь поступающие в организации, а также работающие в них, проходят инструктаж по охране труда и технике безопасности независимо от стажа, опыта работы и квалификации. В процессе инструктажа производится ознакомление с существующими рисками, необходимыми мерами безопасности, а также действиями, которые нужно предпринимать при возникновении чрезвычайных обстоятельств. Инструктаж и обучение безопасным приемам труда организуют в специально оборудованном кабинете охраны труда, который создается во всех крупных организациях для проведения работы по охране труда, профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний». [18]

На данном машиностроительном предприятии в обязательном порядке проводится инструктаж по технике безопасности и охране труда. Это даст возможность новым работникам предприятия изучить меры по предупреждению производственного травматизма, а действующим работникам напомнить об этих мерах.

Таким образом, в этом разделе предложены меры по минимизации возникновения производственного травматизма, а также по оснащению производственного участка техническими устройствами, способствующими безопасности машиностроительного предприятия.

5 Экономическая эффективность работы

В этом разделе выполним экономический расчет целесообразности предлагаемых технических решений изменения базового технологического процесса изготовления тормозного барабана мостового подъемного крана.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает сокращение вспомогательного времени на токарной чистовой операции 015. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного приспособления. Механизированное приспособление сокращает время на установку заготовки перед обработкой и снятия обработанной заготовки. Это привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованной операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операции - сокращение вспомогательного времени – на 33,5%.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 10 представлены методики, которые позволят грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 10 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [13]

Используя, описанную на рисунке 10, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BB}), которая составила 741565,47 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 9 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 11, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 92,1% в общем объеме инвестиций. Еще одной статьёй затрат стали затраты на проектирование, составляющие 7,9%.

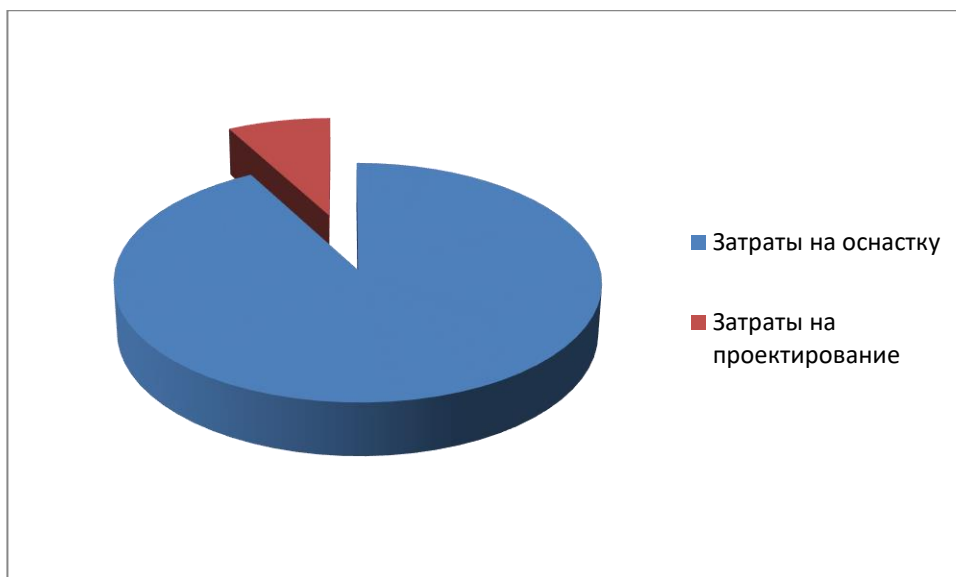


Рисунок 11 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 12.

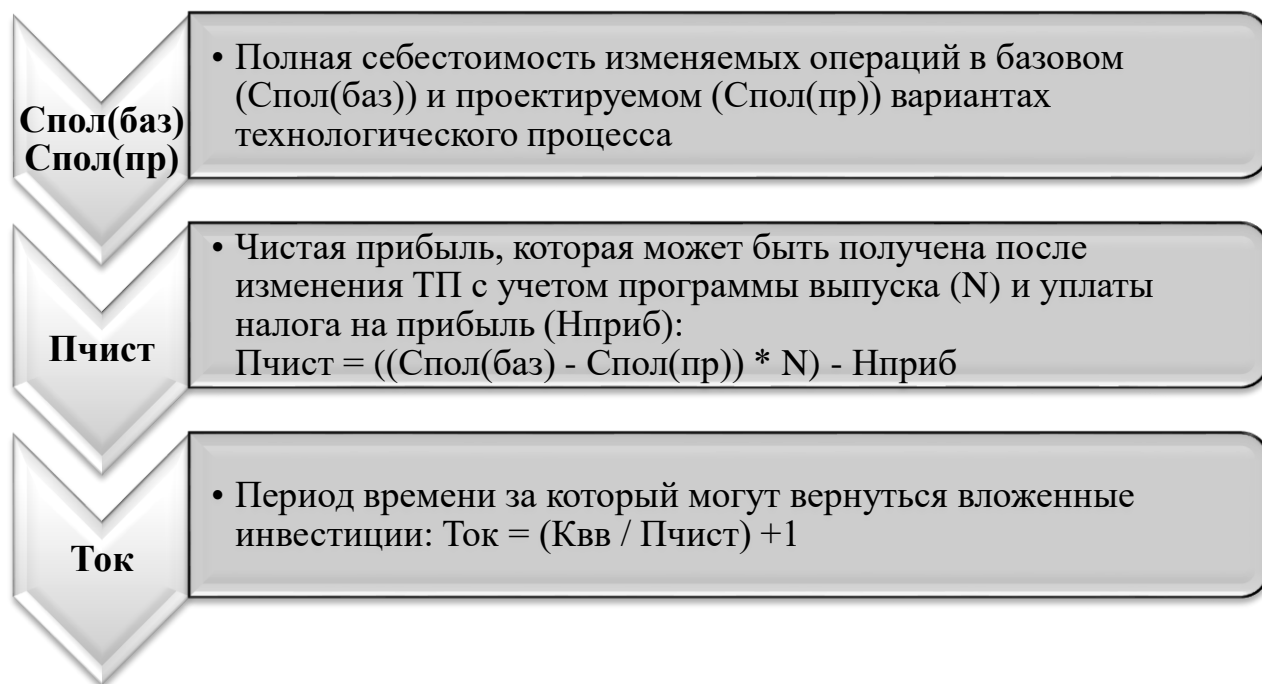


Рисунок 12 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 12, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизится или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{инт}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволяют максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 13 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

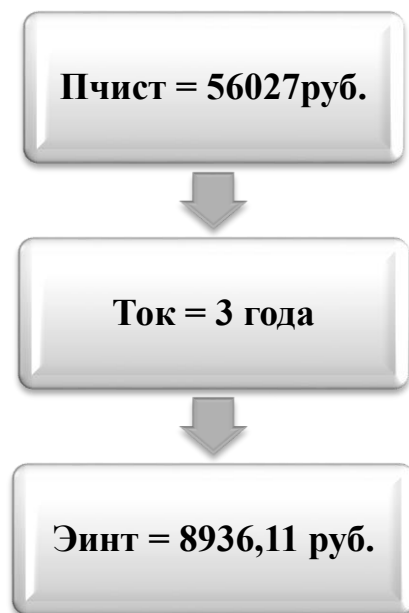


Рисунок 13 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ок}}$) и экономического эффекта (Эинт)

Как показано на рисунке 13, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на токарной чистовой операции 015 технологического процесса изготовления тормозного барабана мостового подъемного крана привели к экономической прибыли, которая окупится за три года.

Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления тормозного барабана мостового подъемного крана.

В первом разделе был описан сам мостовой подъемный кран, а также функции тормозного барабана, которые выполняет эта деталь в узле механизма крана. Также проведен анализ технологичности тормозного барабана, описана конструкция и рассмотрен вопрос о методе получения заготовки, из которой затем изготавливают саму деталь.

Во втором разделе выбран тип производства для тормозного барабана мостового подъемного крана, описаны основные его характеристики. Далее из двух наиболее подходящих методов получения заготовки (штамповки и проката) путем технико-экономического расчета-обоснования выбран наиболее экономически выгодный метод – штамповка на горизонтально-ковочной машине. Затем для изготовления каждой поверхности детали в зависимости от формы, точности и шероховатости выбраны методы обработки. На одну из наиболее точных поверхностей тормозного барабана рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и зубодолбежная) определены режимы обработки.

В третьем разделе для токарной чистовой операции спроектировано станочное приспособление – трехкулачковый токарный патрон. В отличие от приспособления базового варианта, спроектированный патрон имеет механизированный привод, что снижает время, связанное с установкой и снятием заготовки на операции.

В четвертом разделе для зубодолбежной операции спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – зуборезный долбяк.

В работе имеется анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет показал эффективность модернизации техпроцесса.

Список используемой литературы

1. Блюмштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов. – 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 220 с.
2. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 с.
3. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
4. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
5. ГОСТ 4543-2016.Metalloпродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
6. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
7. ГОСТ EN 12840-2011. Безопасность металлообрабатывающих станков. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
8. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
9. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального назначения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М.Иванов, П.П. Серебренецкий; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб. : БГТУ, 2015. – 179 с.
10. Кишуров В.М. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, Н.В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 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. Копылов Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 496 с.
13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
14. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитриенко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.
15. Кузнецов В.Г. Руководство к лабораторным работам по курсу «Новые конструкционные материалы» : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Р.С. Шайхетдинова; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. – 224 с.
16. Мальцев В.Г. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : учеб. пособие / [В.Г. Мальцев и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 134 с.
17. Моргунов А.П. Производство зубчатых колес : учебное пособие / А.А. Моргунов, И.В. Ревина. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 228 с.
18. Нацубидзе С.А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / С.А. Нацуберидзе. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2020. – 231 с.
19. Перепелкин М.А. Подъемно-транспортное оборудование металлургических цехов: учеб. пособие / М.А. Перепелкин, С.С. Пилипенко, Р.В. Мельников, Ю.Г. Серебренников; Норильский гос. индустр. ин-т. – Норильск : НГИИ, 2017. – 169 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 : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 207 с.
22. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
23. Черепяхин А.А. Технологические процессы в машиностроении : учебное пособие / А.А. Черепяхин, В.А. Кузнецов. – 3-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 184 с.
24. Шрубченко И.В. Технология изготовления типовых деталей машин : учеб. Пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А. Погонин [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 358 с.

		Лист 2									
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа					Тип
						СМ	проф.	Р	УЧ	КР	
Б	Код наименования оборудования										
0.17	Точить поверхность 3 выдерживая размеры $\phi 201_{-0,16}^{+0,14}$; поверхность 1 выдерживая размер $142,7 \pm 0,5$;										
0.18	точить поверхность 23 выдерживая размеры $\phi 178_{-0,14}^{+0,14}$; 22 точить поверхность 20 выдерживая размеры $\phi 160,35_{-0,14}^{+0,14}$;										
0.19	точить канавки (поверхности 17, 18) выдерживая размеры $\phi 182_{-0,16}^{+0,16}$; 14 $\pm 0,215$; точить канавку										
0.20	(поверхности 20, 21) выдерживая размеры $\phi 182_{-0,16}^{+0,16}$; 10 $\pm 0,18$.										
T 21	396110 XXXX Патрон самоцентр. XXXXXX.XXXX цпир откидной. 392104.XXXX(2) Резец расточ. Р6М5;										
T 22	392104.XXXX Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-пробка.										
23											
A 24	XX XX XX 015 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX										
Б 25	38.18.25 XXXX SAMAT-400XC 2 18632 4,22 1P 1 1 1 100 1 16 3,07										
0.26	Точить поверхность 3 выдерживая размеры $\phi 200,6_{-0,16}^{+0,16}$; 74 выполнит фаску, выдерживая размер $1x45^0$;										
0.27	точить поверхность 5 выдерживая размер $\phi 142,35 \pm 0,5$; выполнить фаску, выдерживая размер $0,6x45^0$;										
0.28	точить поверхность 33 выдерживая размеры $\phi 112,5_{-0,007}^{+0,007}$; 36 $\pm 0,31$; точить поверхность 11 выдерживая										
0.29	размеры $\phi 95,6_{-0,14}^{+0,14}$; 18 $\pm 0,215$; выполнить фаску, выдерживая размер $1x45^0$; точить канавку (проф. 8,9,10),										
0.30	выдерживая размеры $\phi 130_{-0,10}^{+0,10}$; 6 $\pm 0,15$; точить канавку (пов. 6, 7) выдерживая размеры $\phi 126_{-0,10}^{+0,10}$; 5 $\pm 0,15$.										
T 31	396110 XXXX Патрон самоцентр. XXXXXX.XXXX цпир откидной; 392104.XXXX Резец расточ. Р6М5;										
T 32	392104.XXXX Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-пробка.										
33											
A 34	XX XX XX 020 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX										
Б 35	38.18.25 XXXX SAMAT-400XC 2 18632 4,22 1P 1 1 1 100 1 16 3,36										
0.36	Точить поверхность 3 выдерживая размеры $\phi 200,6_{-0,16}^{+0,16}$; 74 выполнит фаску, выдерживая размер $1x45^0$;										
0.37	точить поверхность 1 выдерживая размер $142 \pm 0,5$; выполнить фаску, выдерживая размер $2,5x45^0$;										
0.38	точить поверхность 20 выдерживая размеры $\phi 160_{-0,10}^{+0,10}$; 4,2 $\pm 0,31$; выполнить фаску, выдерживая										
0.39	размер $1x45^0$; нарезать резьбу М180х3 на поверхности 23.										
МК											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СЧ	проц.	Р	УТ	КР	Обозначение документа			Тип	
											КОМЛ	ЕН	ОП		
Б	Код, наименование обозначения														
T 42	396110	XXXX	Патрон самодетр.	XXXXXX.XXXX	царь откидной; 392104.XXXX Резец резьбовой 15К10;										
T 43	392104	XXXXX(2)	Резец механич. 15К10;	393111.XXXX ШЦ-И-350-01; 393120.XXXX Калибр-пробка.											
44															
A 45	XX XX XX	025	4121	Сверлильная	ИОТ И37.101.XXXX-XX										
Б 46	381631	XXXX	2P135Ф2-1	Верт.-сверильн.	2 18632 322 1P 1 1 1 100 1 16 4,36										
0 47	Сверлить восемь отверстий (поверхности 15), выдерживая размеры $\phi 25^{+0,02}$, $15 \pm 0,25$; цековать восемь отверстий														
0 48	(поверхности 15, 16), выдерживая размеры $\phi 25^{+0,02}$, $12 \pm 0,25$.														
T 49	396181	XXXX	Тиски гидравлические.	XXXXXX.XXXX(2)	Сменные призмы; 391267.XXXX Сверло										
T 50	спиральное Р6М5; 391267.XXXX Цековка Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0,05; 393111 Калибр-пробка.														
51															
A 52	XX XX XX	030	4121	Сверлильная	ИОТ И37.101.XXXX-XX										
Б 53	381631	XXXX	2P135Ф2-1	Верт.-сверильн.	2 18632 322 1P 1 1 1 100 1 16 6,25										
T 54	Сверлить шесть отверстий (поверхности 13), выдерживая размеры $\phi 9^{+0,006}$, $25 \pm 0,26$; выполнить шесть фасок 16x45°;														
T 55	нарезать резьбу М10 на поверхностях 13 на глубину $20 \pm 0,26$.														
T 56	396181	XXXX	Тиски гидравлические;	XXXXXX.XXXX(2)	Сменные призмы; 391267.XXXX Сверло										
T 57	спиральное Р6М5; 391267.XXXX Цековка Р6М5; XXXXX.XXXX Метчик М10 Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0,05; 393111 Калибр-пробка.														
58															
A 59	XX XX XX	035	4121	Сверлильная	ИОТ И37.101.XXXX-XX										
Б 60	381631	XXXX	2P135Ф2-1	Верт.-сверильн.	2 18632 322 1P 1 1 1 100 1 16 1,63										
0 61	Сверлить два отверстия (поверхности 25), выдерживая размеры $\phi 7^{+0,006}$, 30^{+1} ; выполнить две фаски 16x45°;														
0 62	нарезать резьбу М8 в двух отверстиях (поверхности 25).														
0 63	396181	XXXX	Тиски гидравлические;	XXXXXX.XXXX(2)	Сменные призмы; 391267.XXXX Сверло										
0 64	спиральное Р6М5; 391267.XXXX Цековка Р6М5; XXXXX.XXXX Метчик М8 Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0,05; 393111 Калибр-пробка.														
МК															

Лист 3

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 4																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт.	Гвоз	Тшт.
Б	XX XX XX		040	XXXX	Долбежная	ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX										
А 69																
Б 70				XXXX	7Д4.30 Долбежный	2	18632	322	1Р	1	1	1	100	1	16	0.87
0 71	Долбить три паза (поверхности 2.7.28,29), выдерживая размеры 166 ^{+0,25} , 18 ^{+0,07} , 120 ⁰ ±1 ⁰ .															
Т 72				396181.XXXX	Тиски гидравлические; XXXXXX.XXXX(2) Сменные призмы; 391267.XXXX Резец											
Т 73					долбежный Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-продка.											
74																
А 75				XX XX XX	045 XXXX Зубодолбежная	ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX										
Б 76				381631	XXXX 5М14 Зубодолбежный	2	18632	322	1Р	1	1	1	100	1	16	3.67
0 77	Долбить зубчатый венец в размерах m=3, z=40, d=118,5 ^{+0,125} , d.0.036.															
Т 78				XXXXXX.XXXX	Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX Дольяк дисковый чашечный Р6М5;											
Т 79				393111	ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-продка.											
80																
А 81				XX XX XX	050 Термическая (закалка) ИОТ ИЗ7.101.70715-07.											
Б 82					ТВ4											
83																
А 84				XX XX XX	055 Вытиришлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.											
Б 85				381623	XXXX 3М25Ф2 Вытиришлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0.89
0 86	Шлифовать поверхность 11 выдерживая размер $\phi 95^{+0,034}$.															
Т 87				39611X.XXXX	Патрон мембранный; XXXXXX.XXXX Упор откидной;											
Т 88				398110.XXXX	Шлифовальная головка 80x60x80 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007;											
Т 89				3934.10.XXXX	Микрометр.											
90																
91																
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 5														
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа			
											КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б					Код, наименование обработки									
А 94				060	Круглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.			1	1	1	100	1	10	1,15
Б 95				3М195	Круглошлифовальный 2 17001 422 1Р									
О 96					Шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $\phi 200_{-0,072}$.									
Т 97					3961Х.ХХХХ Патрон мембранны; ХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;									
Т 98					398110.ХХХХ Круг шлифовальный 1 350x60x150 14.АГ24К5Л7 30 м/с /ОСТ Р 52781-2007.;									
Т 99					393410 Микрометр; 393120.ХХХХ Калибр-скоба									
100														
А 101				065	Маячная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ									
102														
А 103				070	Контрольная ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ									
104														
105														
106														
107														
108														
109														
110														
111														
112														
113														
114														
115														
116														
														МК