

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»  
Институт механизации и технического сервиса

Направление: Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профиль: Автомобили и автомобильное хозяйство

Кафедра: Общеинженерные дисциплины

**ВЫПУСКНАЯ  
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**На тему:** Проектирование технологического процесса изготовления промежуточного вала раздаточной коробки автомобиля КамАЗ-43144 с разработкой приспособления для нарезания резьбы

**Шифр:** ВКР 23.03.03.034.20

Студент группы Б261-05

  
подпись

Галлямов Ф.Ф.  
Ф.И.О.

Руководитель доцент  
ученое звание

  
подпись

Марданов Р.Х.  
Ф.И.О.

Допущен к защите (протокол заседания кафедры № 13 от 16.06.2020 )

Зав. кафедрой доцент  
ученое звание

  
подпись

Пикмуллин Г.В.  
Ф.И.О.

**Казань – 2020**

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

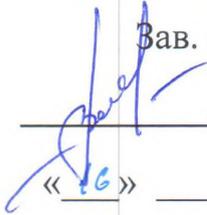
Кафедра Общеинженерные дисциплины

Направление Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профиль Автомобили и автомобильное хозяйство

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой, доцент

 / Пикмуллин Г.В./

«16» мая 2020 г.

## ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Галлямову Флориду Фаритовичу

1. Тема ВКР: Проектирование технологического процесса изготовления промежуточного вала раздаточной коробки автомобиля КамАЗ-43144 с разработкой приспособления для нарезания резьбы

утверждена приказом по вузу № 178 от «22» мая 2020 г.

2. Срок сдачи студентом законченной работы 18.06.20

3. Исходные данные к ВКР: Руководство по ТО и ремонту автомобиля КамАЗ-43144, каталог деталей и сборочных единиц автомобиля КамАЗ-43144, Специальная техническая литература

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

Раздел 1 Характеристика детали

Раздел 2 Разработка технологического процесса изготовления

Раздел 3 Конструирование и расчет контрольного приспособления

5. Перечень графических материалов

Лист 1 Чертеж заготовки, маршрут обработки

Лист 2 Технологическая карта на механическую обработку

Лист 3,4 и 5 Чертежи конструкции приспособления

6. Консультанты по ВКР с указанием соответствующих разделов

Раздел	Консультант
Конструктивная часть	Марданов Р.Х.
Безопасность жизнедеятельности	Гаязиев И.Н.
Экономика	Сафиуллин И.Н.

7. Дата выдачи задания 12.05.20

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов	Срок выполнения	Примечание
1	Раздел 1	до 20.05.2020	
2	Раздел 2	до 27.05.2020	
3	Раздел 3	до 15.06.2020	

Студент



(Галлямов Ф.Ф.)

Руководитель



(Марданов Р.Х.)

## АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе  
Галлямова Флорида Фаритовича на тему:  
«Проектирование технологического  
процесса изготовления промежуточного  
вала раздаточной коробки автомобиля  
КамАЗ-43144 с разработкой  
приспособления для нарезания резьбы»

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 98 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 8 рисунков, 5 таблиц, 1 приложение. Список использованной литературы содержит 46 наименований.

В первом разделе приводятся основные понятия об организации технологии изготовления деталей.

Во втором разделе спроектирован технологический процесс изготовления промежуточного вала раздаточной коробки автомобиля КамАЗ-43144.

В третьем разделе разработана конструкция приспособления. Произведены необходимые конструктивные и технологические расчеты. Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, дано экономическое обоснование применения разработанного приспособления, подсчитан экономический эффект от внедрения и срок окупаемости капитальных вложений.

Записка завершается выводами и предложениями.

**ABSTRACT**

to the final qualifying work of Gallyamov F. F on the theme: "Design of the manufacturing process of the intermediate shaft of the transfer case of the KAMAZ-43144 car with the development of a device for threading"

The final qualifying work consists of an explanatory note on 98 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes 8 figures, 5 tables, 1 Appendix. The list of references contains 46 titles.

The first section provides the basic concepts of the organization of manufacturing technology for parts.

In the second section, the technological process of manufacturing the intermediate shaft of the transfer case of the KAMAZ-43144 car is designed.

In the third section, the design of the device is developed. The necessary design and technological calculations were made. Measures for life safety were developed, the economic justification for the use of the developed device was given, the economic effect of implementation and the payback period for capital investments were calculated.

The note concludes with conclusions and suggestions..

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....</b>	<b>8</b>
<b>2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ-43144 .....</b>	<b>21</b>
2.1 Анализ технологичности конструкции детали .....	21
2.2 Выбор типа производства .....	22
2.3. Анализ существующего технологического процесса .....	23
2.4 Выбор вида заготовки, её конструирование с технико-экономическим обоснованием.....	24
2.5 Разработка технологического маршрута и план обработки .....	30
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	33
2.7 Расчёт режимов резания.....	35
2.8 Расчет технических норм времени.....	50
<b>3. РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ 51</b>	
3.1 Анализ существующих конструкций.....	51
3.1.1 Образования резьбовых поверхностей.....	51
3.1.2 Виды резьб .....	54
3.1.3 Способы нарезания резьбы. ....	57
3.2 Назначение и устройство конструкции приспособления .....	64
3.3 Принцип работы приспособления.....	65
3.4 Расчет пружины на сжатие.....	66
3.5 Расчет силы резания .....	69
3.6 Обеспечение безопасности конструкции .....	70
3.7 Разработка инструкции по безопасности труда при эксплуатации приспособления для нарезания резьбы.....	71
3.8 Производственная гимнастика на рабочем месте.....	78

3.9 Техничo –экономическая оценка конструкции.....	83
3.9.1 Расчет массы и стоимости конструкции.....	83
3.9.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение .....	84
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>89</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ... ..</b>	<b>93</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Влияние конструкции детали на технологию ее изготовления проявляется по-разному. С одной стороны, конструкция детали влияет на технологию ее изготовления через состав поверхностей, их геометрию, размеры, требования к качеству. Этой информации с конструкторского чертежа достаточно для выбора методов обработки, оборудования, инструмента. С другой стороны, такие характеристики конструкции, как относительное положение поверхностей детали, их размерные связи, уровень точности относительного положения влияют на построение технологического процесса через выбор технологических баз, установов, последовательности изготовления поверхностей с последующим объединением их в операции. Для решения последних задач конструкторский чертеж детали не несет необходимой информации.

В результате решения этих задач, связанных с построением эффективных технологических процессов в своей основе, носят творческий характер, во многом зависят от квалификации, опыта технолога и не поддаются полной автоматизации.

Для устранения этих недостатков необходимо определить технологические характеристики конструкции детали, которые устанавливают непосредственные связи между конструкцией детали и технологией ее изготовления.

Установить искомые характеристики конструкции детали можно только на основе анализа непосредственно процесса обработки заготовки. Процесс обработки заготовки состоит из следующих действий, которые назовем элементами процесса обработки (ЭПО): установки (Уз) заготовки на стол станка или в приспособление (или вместе с приспособлением в позицию относительно инструмента), настройки (Н) технологической системы на относительное положение инструмента и заготовки с заданной точностью, преобразования заготовки (технологическое воздействие — Т) для

изготовления поверхности, например, посредством съема припуска или другими воздействиями, снятия (Рз) заготовки со станка или перевода ее вместе с приспособлением в новую позицию.

Технологическое воздействие (Т) представляет собой сумму переходов: подвод инструмента — воздействие — отвод инструмента. Таким образом, количество Уз, Рз, Н, Т определяет содержание технологического процесса, уровень сложности, а их продолжительность — продолжительность технологического процесса.

Для установления характеристик конструкции детали, которые непосредственно определяют необходимость в Уз, Рз, Н, Т, рассмотрим процесс обработки заготовки, приняв для простоты анализа форму заготовки, повторяющую форму детали. Это означает, что заготовка содержит те же поверхности, что и деталь, но больших размеров на величину припуска, снимаемого за один ход, при этом число поверхностей детали соответствуют числу технологических переходов.

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условия работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия "виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы" несколько субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При "спокойном" резании высота таких волн и неровностей ("продольная шероховатость") не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически безвибрационным.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим заведомо вибрационный, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать переходным, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его вибрационности<sup>TM</sup>. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т. д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей

степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые критерии виброустойчивости.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку "неудовлетворительно".

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом "удовлетворительно".

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как "хороший".

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку "отлично".

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один - удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих

различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра

вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменной станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам "отличных" или "хороших", то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\alpha_p = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 2) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 3) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 4) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, "универсальным" критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является уменьшение колеблющихся масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, увеличение сопротивлений колебательному движению, имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует

обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время, виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение вынужденных колебаний достигается прежде всего путем:

- 1) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 2) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 3) регулирования собственной частоты этих звеньев;
- 4) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение автоколебаний основано на ослаблении сил возбуждения или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик

технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

## 2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

1. Во всех случаях следует избегать снятия широких тонких стружек. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

2. Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

3. При установлении геометрии инструмента, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы  $\phi$  в пределах  $70-80^\circ$ ;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций;

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.

Как следует из формулы расчета себестоимости, ее сокращение возможно за счет повышения производительности процесса, снижения расходов на материал, заработную плату, сокращения накладных расходов. Наиболее существенное влияние на снижение себестоимости машины оказывает количество изделий данной модели, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам. Длительность времени выпуска изделия или, другими словами, общее количество изделий, изготавливаемых по неизменяемым чертежам, зависит, как правило, от морального износа изделия.

Под моральным износом понимается потеря изделием возможности экономично выполнять свое служебное назначение по сравнению с новым изделием того же назначения с более высокими технико-экономическими показателями. Действительно, если новое изделие даже при более высокой стоимости обладает настолько большой производительностью, что себестоимость выпускаемой им единицы продукции ниже, чем на ранее изготовленном изделии, эксплуатация последнего становится неэкономичной.

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить

борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условий работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия "виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы" несколько субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При "спокойном" резании высота таких волн и неровностей ("продольная шероховатость") не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически безвибрационным.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим заведомо вибрационный, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать переходным, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его вибрационности<sup>TM</sup>. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т. д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые критерии виброустойчивости.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку "неудовлетворительно".

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом "удовлетворительно".

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как "хороший".

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку "отлично".

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один - удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра

вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменной станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам "отличных" или "хороших", то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\phi = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 2) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 3) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 4) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, "универсальным" критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является уменьшение колеблющихся масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, увеличение сопротивлений колебательному движению, имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время, виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение вынужденных колебаний достигается прежде всего путем:

- 1) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 2) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 3) регулирования собственной частоты этих звеньев;

4) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение автоколебаний основано на ослаблении сил возбуждения или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

## 2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

1. Во всех случаях следует избегать снятия широких тонких стружек. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

2. Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

3. При установлении геометрии инструмента, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с рв пределах 70-80°;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций;

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.

В основе проблемы сокращения разнообразия изделий лежит разрешение противоречия между производителем и потребителем, которое заключается в следующем. Сокращение разнообразия изделий приводит к тому, что для конкретных условий выбранное из ряда стандартных изделий наиболее подходящее полностью не сможет учесть всю совокупность условий эксплуатации, отсюда и эффективность его эксплуатации ниже в отличие от изделия, специально спроектированного. Однако, с другой стороны, сокращение номенклатуры изделий позволит увеличить серийность их выпуска и тем самым снизить себестоимость их изготовления.

В связи с этим возникает необходимость в выборе критерия, по которому следует решать задачу сокращения разнообразия. Таким критерием являются затраты на удовлетворение типоразмерами ряда изделий заданного спроса (потребности); при этом нельзя иметь в виду только затраты на производство. В самом деле, учет интересов только производителей неизбежно приведет к выбору неоправданно малого числа типоразмеров, поскольку благодаря этому можно достичь большей серийности выпуска и, следовательно, осуществить специализацию производства. С другой стороны, учет затрат только в сфере потребления приведет к неоправданно большому числу типоразмеров ряда, поскольку потребителям выгодно иметь достаточно широкое разнообразие

типоразмеров изделий для сокращения потерь из-за несоответствия значений параметров предлагаемых и требуемых типоразмеров изделий.

Противоречие между производителями и потребителями (на общегосударственном уровне) следует разрешать по критерию наименьших суммарных затрат. в условиях рыночной экономики в выбор критерия вносит поправку учет конъюнктуры рынка.

Стандартизация решает задачу сокращения разнообразия А объектов посредством установления параметрических (типоразмерных) рядов объектов. Под параметрическим рядом объектов понимается совокупность типоразмеров, например, изделий некоторого функционального назначения, предназначенных для удовлетворения заданного спроса. стандартизации должна предшествовать типизация и унификация объектов.

Типизация — это выделение из множества объектов такого представителя (типа), который содержит наибольшее число характерных свойств группы объектов этого множества. Унификация — это рациональное сокращение числа объектов одинакового функционального назначения, т.е. приведение различных видов продукции к наименьшему числу типоразмеров, марок, форм, свойств и т.п. Отличие унификации от стандартизации заключается в том, что, во-первых, унифицированные типоразмеры являются рекомендуемыми, а не обязательными и, во-вторых, при стандартизации лишь часть типов и число типоразмеров утверждается стандартом.

Таким образом, все три процесса (стандартизация, типизация и унификация) направлены на сокращение разнообразия объектов. При этом уровень обобщения объектов растет в направлении типизация — унификация — стандартизация. Стандартом утверждаются лишь некоторые унифицированные объекты, а область применения их становится шире. Применяется также и симплификация, под которой понимается сокращение числа типов и других разновидностей объектов до числа, достаточного для удовлетворения существующих в данное время потребностей.

Следует подчеркнуть, что стандартизация, унификация и типизация объекта в виде изделия или технологического процесса далеко не используют всех резервов повышения эффективности производства. как правило, объект, например изделие — это сложная система, состоящая из многочисленных узлов, агрегатов, механизмов, деталей, отличающихся друг от друга и требующих разного технологического обеспечения. Аналогично и технологический процесс также состоит из соответствующих элементов. Отсюда возникает задача типизации, унификации, стандартизации не только изделий или технологических процессов, но и их элементов.

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условия работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия "виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы" несколько субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и

окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При "спокойном" резании высота таких волн и неровностей ("продольная шероховатость") не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически безвибрационным.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим заведомо вибрационный, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать переходным, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его вибрационное™. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т. д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые критерии виброустойчивости.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные

значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку "неудовлетворительно".

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом "удовлетворительно".

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как "хороший".

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку "отлично".

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один - удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра

вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменных станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины

резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам "отличных" или "хороших", то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\phi = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 2) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 3) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 4) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, "универсальным" критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является уменьшение колеблющихся масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, увеличение сопротивлений колебательному движению, имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время, виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение вынужденных колебаний достигается прежде всего путем:

- 1) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 2) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 3) регулирования собственной частоты этих звеньев;
- 4) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение автоколебаний основано на ослаблении сил возбуждения или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

1. Во всех случаях следует избегать снятия широких тонких стружек. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

2. Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

3. При установлении геометрии инструмента, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с рв пределах 70-80°;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций;

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.



## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ-43144

### 2.1 Анализ технологичности конструкции детали

Раздаточный вал коробки передач Камаз изготовлен из стали 38Х2МЮА, которая является конструкционной среднелегированной.

Таблица 2.1-химический состав стали

С	Mn	Si	Cr	Mo	Al
0.35-0.42	0.3-0.6	0.2-0.45	1.35-1.65	0.15-0.25	0.7-1.1

Среднее содержание углерода обеспечивает вязкость сердцевины, что после азотирования позволяет получить высокую твердость поверхности зубьев и обеспечить достаточную прочность всей детали. Добавки марганца повышают твердость и износостойкость стали. Кремний увеличивает прочность, при сохранении вязкости, а также повышает упругость материала. Добавки хрома при незначительном снижении пластичности, повышают прочность и коррозионную стойкость стали. Молибден увеличивает упругость и коррозионную стойкость. Алюминий повышает вязкость и коррозионную стойкость. Также содержание молибдена и алюминия являются обязательными для азотируемости стали. В свою очередь азотирование позволяет значительно увеличить износостойкость и предел выносливости при циклопеременных нагрузках. Конфигурация поверхностей не вызывает значительных трудностей при получении заготовки. При анализе детали был выявлены следующие недостатки:

- Отсутствуют канавок под выход инструмента на шлифуемых шейках.
- Нет допусков на торцевое биение и перпендикулярность упорных торцев подшипников.

В остальном, деталь достаточно технологична.

Одним из показателей технологичности детали является коэффициент использования материала. Коэффициент использования материала[1]:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{m_{\text{и}}}{m_{\text{з}}}, \quad (2.1)$$

где  $m_{\text{и}}$  - масса детали (изделия);

$m_{\text{з}}$  - масса заготовки.

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{8,65}{13,12} = 0,66$$

## 2.2 Выбор типа производства

Определим предварительно тип производства, используя годовой объём выпуска и массу детали (8,65кг. и 10 штук в год). [2,с.24,таблица3.1]

Из таблицы видно, что производство будет среднесерийным. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объёмом выпуска, чем в единичном производстве. При серийном производстве используют универсальные станки, оснащённые как специализированным, так и универсальным оборудованием. В серийном производстве технологический процесс изготовления преимущественно дифференцирован, то есть, расчленён на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определённых станках.

Таблица 2. 2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Показатель технологичности процесса	Серийное производство
1. Форма организации технологического процесса	Переменнопоточная
2. Повторяемость выпуска изделий	Периодически повторяются
3. Унификация технологического	Разработан единичный

процесса	технологический процесс
4. Заготовка	Профильный прокат
5. Припуски	По таблицам

### 2.3. Анализ существующего технологического процесса

Анализ существующего технологического процесса должен быть проведён с точки зрения обеспечения качества продукции. При этом следует выяснить, правильно ли он составлен для выполнения требований чертежа и соблюдаются ли все требования технологического процесса.

Данные заводского (базового) технологического процесса по обработке зубчатого конического колеса сведём в таблицу 2.3.

Таблица 2.3-Данные заводского технологического процесса обработки

№ оп.	Название операции	Содержание операции
005	Заготовительная	Резка проката $\varnothing 85$ $l=300$ мм
010	Токарная	Торцевать, проточить наружный диаметр до $\varnothing 82$ мм.
015	Термическая	Высокий отпуск для понижения твердости и снятия напряжений.
020	Токарная	Точить с припуском 0,3мм $\varnothing 75$ ; с припуском 0,8мм $\varnothing 73$ ; с припуском 1мм $\varnothing 65$ , $\varnothing 39$ ;центровать.
025	Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 75$ , $\varnothing 65$ , $\varnothing 39$
030	Шлицефрезерная	Фрезеровать шлицы с припуском 0,8мм
035	Зубофрезерная	Нарезать зубья согласно чертежу.
040	Слесарная	Зачистить заусенцы.
045	Резьбонарезная	Нарезать резьбу согласно чертежу.

050	Химикотермическая	Азотировать (HV850...1050)
055	Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 75$ , $\varnothing 65$ , $\varnothing 73$ , $\varnothing 39$ сняв слой азотации.
060	Шлицешлифовальная	Шлифовать шлицы сняв слой азотации.
065	Контрольная	
070	Маркировочная	Маркировать
075	Консервация	

Представленный технологический процесс позволяет выполнить все требования чертежа, но трудоемок.

Можно исключить шлицешлифовальную операцию, выполнив шлицы после снятия слоя азотации (чернового шлифования). Также считаю всю механическую обработку следует вести после отпуска заготовки.

#### **2.4 Выбор вида заготовки, её конструирование с технико-экономическим обоснованием**

Произведём технико-экономический расчёт двух вариантов изготовления заготовок: прокат и штамповка на ГКМ. Годовой объём выпуска 10 шт. Масса детали 8,65 кг. Рабочий чертёж детали (лист 1), материал – сталь 38Х2МЮА. Тип производства – среднесерийный.

Вариант 1:

За основу расчёта промежуточных припусков принимаем наружный диаметр детали  $\varnothing 82$  мм. (лист 1).

Устанавливаем предварительный маршрут технологического процесса обработки поверхности детали  $\varnothing 82$  мм.

Обработку поверхности  $\varnothing 82$  мм. Производят в жёстких центрах, на токарно-винторезном станке.

Технологический маршрут обработки данной поверхности:

Операция 10 Токарная черновая

## 20 Токарная чистовая

Определяем припуск на механическую обработку[6]:

$$D_p = D_n + 2z, \quad (2.2)$$

где  $D_n$  - номинальный диаметр обрабатываемой поверхности;

$z$  - припуск на обработку;

$D_p$  - расчётный диаметр с учётом припуска на обработку.

$$D_{p.20} = 82 + 2 \cdot 1,5 = 85 \text{ мм.}$$

По расчётным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатанного проката обычной точности по ГОСТ 2590-88.

$$\text{Круг } \frac{85 - B - \text{ГОСТ}2590 - 88}{38X2\text{МЮА} - \text{ГОСТ} - 2590 - 2006}$$

Нормальная длина проката при данном диаметре 4...7 м. Отклонения для  $\varnothing 85$  мм. равны  $(\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -1,3 \end{smallmatrix})$  мм.

Определим общую длину заготовок[6]:

$$L_3 = L_d + 2z_{\text{подр.}}, \quad (2.3)$$

где  $L_3$  - номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм;

$z_{\text{подр.}}$  - припуск на подрезку торцевых поверхностей.

$$L_3 = 290 + 2 \cdot 1.2 = 292,4 \text{ мм}$$

Принимаем длину заготовки  $L_3 = 293 \pm 2$  мм.

Определим объём заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_{3.п}^2}{4} \cdot L_3, \quad (2.4)$$

где  $L_3$  - длина стержня (заготовки) с плюсовым допуском, см;

$D_{3.п}$  - диаметр заготовки по плюсовым допускам, см.

$$V_3 = \frac{3.14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 26,3 = 1491,64 \text{ см}^3.$$

Определим массу заготовки:

$$G_3 = \gamma \cdot V_3, \quad (2.5)$$

где  $\gamma$  - плотность материала.

$$\gamma = 7,71 \cdot 10^{-3} \text{ кг/см}^3;$$

$$G_3 = 7,71 \cdot 10^{-3} \cdot 1491,64 = 13,12 \text{ кг.}$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовки.  
Потери на зажим заготовки  $l_{\text{з.ж.}}=80$  мм.

Заготовку отрезают на ножницах, Это самый производительный и дешёвый способ.

Длину торцевого обреза проката определяем из соотношения:

$$l_{\text{об.}} = (0,3 \dots 0,5)d, \quad (2.6)$$

где  $d$  - диаметр сечения заготовки,

$d=85$  мм.

$$l_{\text{об.}} = 0,3 \cdot 85 = 25,5 \text{ мм}$$

Число заготовок, исходя из принятой длины проката по стандартам, определяется по формуле:

$$X = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{з.ж.}} - l_{\text{о.м}}}{L_3 + l_{\text{пр}}}, \quad (2.7)$$

где  $L_{\text{пр}}$  - длина выбранного проката.

При длине проката 4 м.:

$$X_4 = \frac{4000 - 80 - 25,5}{295} = 13,29 \text{ шт}$$

Получаем 13 заготовок.

При длине проката 7 м.:

$$X_7 = \frac{7000 - 80 - 25,5}{295} = 23,54 \text{ шт.}$$

Получаем 23 заготовок.

Остаток длины (некратность) определяется в зависимости от принятой длины проката.

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - l_{\text{о.м}} - l_{\text{з.ж.}} - (l_3 \cdot X) \quad (2.8)$$

или

$$P_{HK} = \frac{(L_{HK} \cdot 100)}{L_{np}}; \quad (2.9)$$

Из проката длиной 4 м.:

$$L_{HK4} = 4000 - 25,5 - 80 - (295 \cdot 13) = 87 \text{ мм.}$$

или

$$P_{HK4} = \frac{(87 \cdot 100)}{4000} = 2,18 \text{ \%}.$$

Из проката длиной 7 м.:

$$L_{HK7} = 7000 - 24 - 80 - (293 \cdot 23) = 157 \text{ мм.}$$

или

$$P_{HK7} = \frac{(157 \cdot 100)}{7000} = 2,24 \text{ \%}.$$

Из расчётов на некрапность следует, что прокат длиной 4 м. для изготовления заготовок экономичнее, чем прокат длиной 7 м.

Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят:

$$P_{зж} = \frac{(l_{зж} \cdot 100)}{L_{np}}; \quad (2.10)$$

$$P_{зж} = \frac{(80 \cdot 100)}{4000} = 2 \text{ \%}.$$

Потери материала на длину торцевого обреза проката в процентном отношении к длине проката составят:

$$P_{o.m} = \frac{(l_{o.m} \cdot 100)}{L_{np}}; \quad (2.11)$$

$$P_{o.m} = \frac{(24 \cdot 100)}{4000} = 0,6 \text{ \%}.$$

Общие потери к длине выбранного проката:

$$P_{по} = P_{HK} + P_{o.m} + P_{зж}; \quad (2.12)$$

$$P_{по} = 2,18 + 0,6 + 2 = 4,78 \text{ \%}.$$

Расход материала на одну деталь с учётом всех технологических неизбежных потерь определяем по формуле:

$$G_{зп} = \frac{G_з \cdot (100 + П_{по})}{100}; \quad (2.13)$$

$$G_{зп} = \frac{13,12 \cdot (100 + 4,78)}{100} = 13,75 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала:

$$K_{и.м} = \frac{G_а}{G_{зп}}; \quad (2.14)$$

$$K_{и.м} = \frac{8,65}{13,75} = 0,63.$$

Вариант 2:

Заготовка изготовлена методом горячей объёмной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Степень сложности С1. Точность изготовления поковки - класс 1. Группа стали М1. Объем заготовки определяем исходя согласно размерам определенным при ее конструировании, для этого надо условно разбить фигуру заготовки на отдельные простые элементы и проставить на них размеры с учётом плюсовых допусков. (рисунок 3)

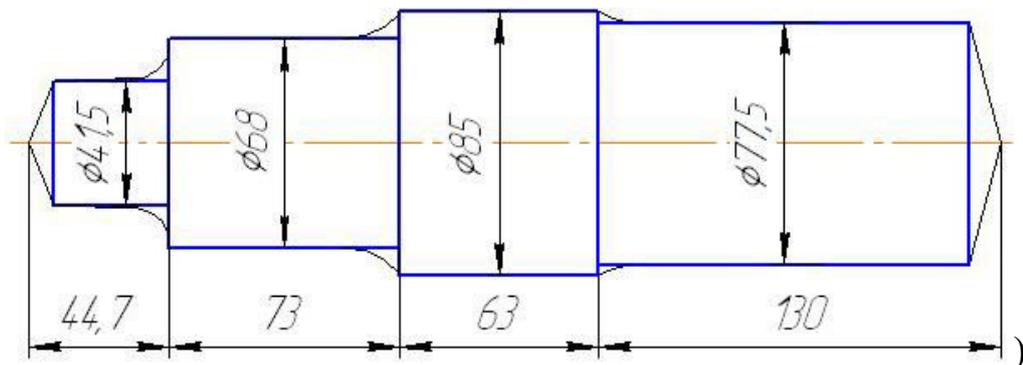


Рисунок 2.1- Упрощенная заготовка.

Определим объём отдельных элементов заготовки[6]:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L, \quad (2.15)$$

где  $D$  – диаметр сечения выбранного участка заготовки с учётом верхнего отклонения;

$L$  – длина выбранного участка заготовки с учётом верхнего отклонения.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 4,15^2}{4} \cdot 4,47 = 60,43 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 6,8^2}{4} \cdot 7,3 = 264,98 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 6,3 = 357,31 \text{ см}^3;$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot 7,75^2}{4} \cdot 13 = 612,94 \text{ см}^3$$

Общий объём заготовки:

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4; \quad (2.16)$$

$$V_0 = 60,43 + 264,98 + 357,31 + 612,94 = 1295,66 \text{ см}^3;$$

Масса штампованной заготовки:

$$G_{з.ш.} = \gamma \cdot V_0; \quad (2.17)$$

$$G_{з.ш.} = 7,71 \cdot 10^{-3} \cdot 1295,66 = 9,99 \text{ кг}.$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и так далее) при горячей объёмной штамповке равными 10%, определим расход материала на 1 деталь:

$$G_{з.п.} = \frac{G_{з.ш.} \cdot (100 + \Pi_{ш.})}{100};$$

$$G_{з.п.} = \frac{9,99 \cdot (100 + 10)}{100} = 10,99 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала на штампованную заготовку:

$$K_{и.м.} = \frac{G_{з.п.}}{G_{з.ш.}};$$

$$K_{и.м.} = \frac{8,65}{10,99} = 0,79.$$

Таблица 2.4 – Экономические показатели,

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
------------	-----------	-----------

К <sub>и.м.</sub>	0,63	0,79
-------------------	------	------

Техно - экономические расчёты показывают, что заготовка полученная методом горячей объёмной штамповки на ГКМ, более экономична по использованию материала, но существенно дороже чем заготовка из проката на основании чего применение ее считаю не целесообразным.

## 2.5 Разработка технологического маршрута и план обработки

Разработку технологического маршрута начинаем с заполнения карты исходных данных в таблицу 2.2

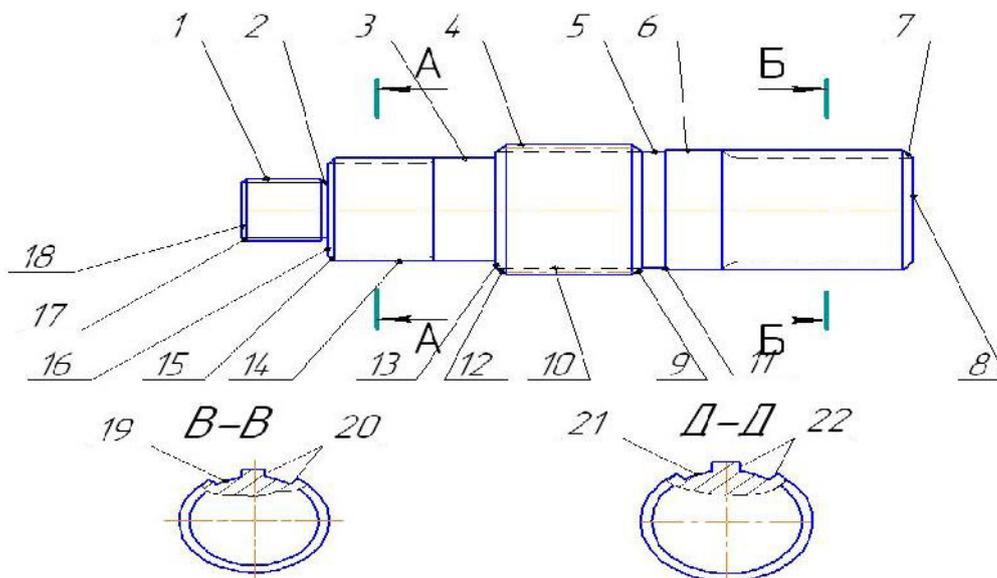


Рисунок 2.2-Нумерация поверхностей детали.

Выбор оборудования производим исходя из технологических возможностей станков и их технических характеристик.

Так для токарной обработки применим токарвинторезный станок 16К20Ф3. Применение станка на токарной чистовой операции при контурной обработке позволят одновременно проточить диаметры, обработать торцы и получить фаски.

Зубонарезание произведем на станке 5К301П. Для нарезания шлицев применим станок 5350А. На фрезерной операции используем станок 6Т104. На шлифовальной операции круглошлифовальный станок 3М153.

Таблица 2.5 Технические характеристики выбранных станков

п\п	Модель оборудования	Диапазон частот вращения $n \text{ мин}^{-1}$	Диапазон подачи $S_0 \text{ мм/мин}$	Мощность кВт	Габариты станка мм	Масса станка кг
1	16К20Ф3	12,5-2000 22 скорости	3-1200 1,5-600 Бесступенчато	10	1710×1750	4000
2	5350А	80-250	0,63-5	6,5	2585×1550	4100
3	6Д91	500-4000	20-1200	2,2	1320×1380	920
4	6Т104	63-2800	11,2-500	2,2	1250×1205	830
5	3М153	50-1000	0,05-5	7,5	2540×1950	4000

Таблица 2.6- Технологический маршрут обработки детали

№ опер	Название операции	№ обработанных поверхностей	Квалитет IT	Шероховатость $R_a$ , мкм	Модель Станка
1	2	3	4	5	6
005	Заготовительная		16	40	82АС400
010	Контрольная				
015	Токарная черновая	1,3,4	12	20	16К20Ф3
020	Токарная чистовая	1,3,4,12,13,15,16,17,18	10	12,5	16К20Ф3

025	Токарная черновая	6	12	20	16К20Ф3
030	Токарная чистовая	6,7,8,9,11	10	12,5	16К20Ф3
035	Токарная	2,5	8	3,2	16К20Ф3
040	Контрольная				
045	Зубофрезерная	10	8-в	6,3	5К301П
050	Слесарная				
055	Резьбонарезная	1	6	3,2	16К20Ф3
060	Слесарная				
065	Термическая				
070	Круглошлифо- вальная	2,5	8	2,5	3М153
075	Шлицефрезерная	14,23	7	3,2	5350А
080	Слесарная				
085	Шлицешлифоваль- ная	14,23	8	2,5	3М153
090	Круглошлифо- вальная	3,6,7,9,12, 15,17	6	1,6	3М153
095	Слесарная				
100	Моечная				
105	Контрольная				

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Таблица 2.7-выбор средств технологического оснащения

№ оп.	Название операции	Наименование приспособления	Наименование и модель оборудования	Наименование инструмента	Наименование контрольно-измерительного инструмента
1	2	3	4	5	6
005	Заготовительная	Тиски механические с регулировкой положения	Станок абразивно-отрезной 82АС400	Круг отрезной ГОСТ 21963-82	Калибр -скоба ГОСТ 4224-81
015 025	Токарная Черновая	Центр ГОСТ13214-67 Зажимной задний центр КМ-5 Патрон поводковый	Токарный станок 16К20Ф3	Ромбическая пластина Т15К6 ГОСТ 18877-73	Жесткий калибр скоба
020 030	Токарная чистовая	Центр ГОСТ13214-67 Зажимной задний центр КМ-5 Патрон поводковый	Токарный 16К20Ф3	Треугольная пластина Т5К10 ГОСТ 19057-80	Жесткий калибр скоба ШЦ2
035	Токарная	Центр ГОСТ13214-67 Зажимной задний центр КМ-5 Патрон поводковый	Токарный станок 16К20Ф3	Пластина канавочная Т5К10 ГОСТ 18884-73	Жесткий калибр скоба

№ оп.	Название операции	Наименование приспособления	Наименование и модель оборудования	Наименование инструмента	Наименование контрольно-измерительного инструмента
045	Зубофрезерная	Задний центр ГОСТ 18260-72 Центр ГОСТ 13214-79 Поводок раздвижной ГОСТ 16211-70 Оправка для червячной фрезы	Зубофрезерный станок 5К301П	2х заходная червячная фреза Ø90 ГОСТ 19265-85 Р9К10	Эталон для контроля зубьев, стенд с индикатором.
060	Резьбо-нарезная	Центр ГОСТ13214-67 Зажимной задний центр КМ-5 Патрон поводковый	Токарный станок 16К20Ф3	Пластина канавочная Р6М5 ГОСТ 19265 - 73	Резьбовой калибр
070 090	Круглошлифовальная	Поводок ГОСТ 16213-70 Центр ГОСТ 13214-79 Подвижный центр ГОСТ 18260-72	Круглошлифовальный станок 3М153	Круг шлифовальный П2500×40×127 24А25СМ18К ГОСТ 2424-83	Калибр скоба
075	Шлицефрезерная	Задний центр ГОСТ 18260-72 Центр ГОСТ 13214-79 Поводок раздвижной ГОСТ 16211-70 Оправка для червячной	Шлицефрезерный станок 5350А	Однозаходная червячная фреза Ø114 ГОСТ 9324-80 Р6М5Ф3-МП	

№ оп.	Название операции	Наименование приспособления	Наименование и модель оборудования	Наименование инструмента	Наименование контрольно-измерительного инструмента
		фрезы			
050 085 105	Слесарная	Тиски ГОСТ 12246-66	Стол	Напильник	
095	Шлицешлифовальная	Поводок ГОСТ 16213-70 Центр ГОСТ 13214-79 Подвижный центр ГОСТ 18260-72	Шлицешлифовальный станок Модель 345А	Круг шлифовальный П2500×40×127 24А25СМ18К ГОСТ 2424-83	
110	Круглошлифовальная	Поводок ГОСТ 16213-70 Центр ГОСТ 13214-79 Подвижный центр ГОСТ 18260-72	Круглошлифовальный станок 3М153	Круг шлифовальный ПП500×40×127 24А25СМ18К ГОСТ 2424-83	Калибр скоба

## 2.7 Расчёт режимов резания

### 2.7.1 Расчет режимов резания на токарную операцию

Исходные данные

Деталь - вал-шестерня

Материал - сталь 38Х2МЮА ( $\delta_B = 1060$  МПа НВ=270)

Заготовка - прокат

Обработка - токарная чистовая

Тип производства - серийное

Приспособление - патрон поводковый с центром

Смена детали - ручная

Точить поверхности, выдержать размеры:  $\varnothing 82$ ;  $\varnothing 75$ ;  $\varnothing 73$ ;  $\varnothing 65$ ;  $\varnothing 39$

Выбор режущего инструмента

Резец токарный проходной сборный с механическим креплением  
твердосплавных пластин.  $h=20$   $b=20$   $L=140$

Пластина 3х гранная, Т15К6

$\varphi=92^\circ$ ,  $\varphi_1=8^\circ$ ,  $\lambda=0$   $\alpha=11^\circ$

Данные оборудования

Модель-16К20Ф3

Мощность 10 кВт

Число скоростей шпинделя 22

Частота вращения шпинделя 12,5-2000 об/мин

Подача суппорта:

Продольная 3-1200 мм/мин

Поперечная 1,5-600 мм/мин

Число ступеней подач: б/с

Расчет режимов резания

Глубина резания  $t=0.3$  мм.

Подача  $S=0.25$  мм/об [1].

Расчётная скорость резания [1]:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.18)$$

где  $C_U$  - поправочный коэффициент;  $C_U = 420$  [1];

$T$  - стойкость, мин;  $T=90$  мин

$t$  - глубина резания, мм;

$m, x, y$  - показатели степени;  $m=0.2$ ,  $x=0.15$ ,  $y=0.2$ ;;

$K_U$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ} , \quad (2.19)$$

где  $K_{MU}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [1];

$K_{ПУ}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;  
 $K_{ПУ} = 1.0$  ;

$K_{ИУ}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента;  $K_{ИУ} = 1.0$

$$K_{MU} = K_G \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_U} , \quad (2.20)$$

где  $K_G$  - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;  $K_G = 1.0$

$\sigma_b$  - предел прочности;  $n_U$  - показатель степени;  $n_U = 1,0$

Тогда:

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{1060}\right)^{1,0} = 0,71.$$

Тогда:

$$K_U = 0,71 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0,71.$$

Тогда:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,71 = 207.8 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} , \quad (2.21)$$

где  $V$  – расчётная скорость резания, м/мин;

Тогда:

Переход 1: точение  $\varnothing 39$ ;

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 207.8}{3.14 \cdot 39} = 1696 \text{ мин}^{-1}$$

Переход 2: точение  $\varnothing 65$ ;

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 207.8}{3.14 \cdot 65} = 1018 \text{ мин}^{-1}$$

Переход 3: точение  $\varnothing 73$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 207.8}{3.14 \cdot 73} = 906 \text{ мин}^{-1}$$

Переход 4: точение  $\varnothing 75$ ;

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 207.8}{3.14 \cdot 75} = 882 \text{ мин}^{-1}$$

Переход 5: точение  $\varnothing 82$ ;

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 207.8}{3.14 \cdot 82} = 808 \text{ мин}^{-1}$$

Корректировка режимов резания по паспортным данным станка:

фактическая частота вращения шпинделя

Переход 1:  $n = 2000$  об/мин;

Переход 2:  $n = 1800$  об/мин;

Переход 3:  $n = 1600$  об/мин;

Переход 4:  $n = 1400$  об/мин;

Переход 5:  $n = 1200$  об/мин;

тогда фактическая скорость резания:

Переход 1:

$$V = \frac{3.14 \cdot 39 \cdot 2000}{1000} = 245 \text{ м/мин}$$

Переход 2:

$$V = \frac{3.14 \cdot 65 \cdot 1800}{1000} = 367 \text{ м/мин}$$

Переход 3:

$$V = \frac{3.14 \cdot 73 \cdot 1600}{1000} = 367 \text{ м/мин}$$

Переход 4:

$$V = \frac{3.14 \cdot 75 \cdot 1400}{1000} = 330 \text{ м/мин}$$

Переход 5:

$$V = \frac{3.14 \cdot 82 \cdot 1200}{1000} = 310 \text{ м/мин}$$

Расчёт сил резания

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.22)$$

где  $C_p$  - поправочный коэффициент;  $C_p = 300$

;  $x, y, n$  - показатели степени;  $x = 1.0, y = 0.75, n = -0.15$ ;

$K_p$  - поправочный коэффициент

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}$

$K_{MP}$  - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (2.23)$$

где  $\sigma_B$  - предел прочности;

$n$  - показатель степени;  $n = 0.75$ ;

Тогда:

$$K_{MP} = \left( \frac{1060}{750} \right)^{0.75} = 1.29$$

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\Gamma p}$  - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания

$K_{\varphi p} = 0.89, K_{\gamma p} = 1.0, K_{\lambda p} = 1.0, K_{\Gamma p} = 1.0$ ;

Тогда:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 370^{-0,15} \cdot 1,29 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 492 \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{492 \cdot 367}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка:

$$N_{шп} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}; \quad 2,9 < 7,5$$

Вывод: Обработка возможна.

## 2.7.2 Расчет режимов резания на шлифовальную операцию

Исходные данные:

Деталь- вал-шестерня

Материал- сталь 38Х2МЮА  $\delta_B = 1060 \text{ МПа}$   $HV = 780$

Заготовка- прокат

Обработка- круглошлифовальная

Шлифкруг- ПП500×40×127 24А25СМ18К

Тип производства- серийное

Приспособление- патрон поводковый с центром

Смена детали- ручная

Жесткость станка - средняя

Структура операций (последовательность переходов)

Оп 30 Шлифовальная

Шлифовать поверхности, сняв слой азотации, выдерживая размеры:

$\varnothing 82$ ;  $\varnothing 75$ ;  $\varnothing 73$ ;  $\varnothing 65$ ;  $\varnothing 39$ ;

Расчет элементов режимов обработки

Глубина резания  $t = 0,4$  мм.

Расчет скорости шлифовального круга[1]:

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

где:  $D$  – диаметр круга;

$n_{\text{кр}}$  - частота вращения круга;

$$V = \frac{3.14 \cdot 500 \cdot 1900}{1000 \cdot 60} = 50 \text{ м/мин}$$

Скорость вращения детали

$$n = \frac{1000 \cdot 50}{3.14 \cdot 50} = 318 \text{ мин}^{-1}$$

Уточняем скорость вращения детали по паспорту станка

$$n = 320 \text{ мин}^{-1}$$

Действительная скорость резания

$$n = \frac{3.14 \cdot 320 \cdot 50}{1000} = 50.26 \text{ мин}^{-1}$$

Предварительная обработка

$$S_m = S_{m \text{ пр}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.25)$$

Окончательная обработка

$$S_{M.ок} = S_{M.ок} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.26)$$

Где -  $S_{M.пр}$ ,  $S_{M.ок}$  - минутные подачи по таблице, мм/мин

$K_1$  - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга

$K_2$  – коэффициент, зависящий от припуска и точности;

$K_3$ - коэффициент, зависящий от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности

$S_M = 2$  мм/мин

$$S_{M.пр} = 2 \cdot 1.1 \cdot 0.9 \cdot 1 = 1,98 \text{ мм/мин}$$

$$S_{M.ок} = 2 \cdot 1.1 \cdot 0.55 \cdot 1 = 1,21 \text{ мм/мин}$$

Определение времени выхаживания  $t_{ВЫХ} = 0.09$  мин

Определение величины слоя, снимаемого при выхаживании  $a_{ВЫХ} = 0.03$  мм

Расчет машинного времени [1]:

$$t_M = \frac{1.3 a_{ПР}}{S_{M.ПР}} + \frac{a_{ОК}}{S_{M.ОК}} + t_{ВЫХ} \quad (2.27)$$

где:  $a_{ПР}$  - величина слоя снимаемого при предварительной обработке;

$a_{ОК}$ - величина слоя снимаемого при окончательной обработке;

$S_{ПР}$  – подача на этапе предварительной обработки;

$S_{ОК}$  – подача на этапе окончательной обработки;

$$a_{ОК} = a - (a_{ПР} + a_{ВЫХ}) \quad (2.28)$$

$$a_{ОК} = 0.4 - (0.17 + 0.03) = 0.2 \text{ мм}$$

$$t_M = \frac{1.3 \cdot 0.2}{1.98} + \frac{0.2}{1.21} + 0.03 = 0.33 \text{ мин}$$

### 2.7.3 Расчет режимов резания на фрезерной операции

Исходные данные:

Деталь-вал-шестерня

Материал- сталь 38Х2МЮА  $\delta_B = 1060$  МПа НВ=270

Заготовка- прокат

Обработка- фрезерная

Инструмент-фреза концевая  $\phi 12$  с напаянными пластинами Т15К6

Тип производства- серийное

Приспособление- патрон поводковый с центром, делительная головка

Смена детали- ручная

Жесткость станка - средняя

Выбор подачи  $S_Z = 0,06$

Расчет скорости резания.

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B^U \cdot Z^P} K_V \quad (2.29)$$

где  $C_V$  – табличная скорость резания;

$D$  – диаметр фрезы;

$T$  – стойкость инструмента;

$t$  – припуск;

$S_Z$  – подача на зуб;

$B$  – ширина снимаемого слоя;

$Z$  – число зубьев фрезы;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{UV} \quad (2.30)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент учитывающий свойства материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент учитывающий качество поверхности;

$K_{UV}$  – коэффициент учитывающий материал инструмента;

$$K_{MV} = 0.95, K_{ПV} = 1, K_{UV} = 1$$

$$K_V = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 = 0.95$$

$$q=0.44, x=0.24, y=0.26, u=0.1, p=0.13, m=0.37;$$

$$V = \frac{234 \cdot 12^{0.44}}{80^{0.37} \cdot 3^{0.24} \cdot 0.06^{0.26} \cdot 10^{0.1} \cdot 4^{0.13}} \cdot 0.95 = 138.85 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения фрезы.

$$n = \frac{1000 \cdot 138.85}{3.14 \cdot 12} = 3600 \text{ мин}^{-1}$$

Уточним частоту вращения фрезы по паспорту станка.

$$n=2200 \text{ мин}^{-1}$$

Рассчитаем силу резания.

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP} \quad (2.31)$$

$$C_P=12.5, X=0.85, Y=0.75, U=1, q=0.73, W=-0.13, K_{MP}=1;$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12.5 \cdot 3^{0.85} \cdot 0.06^{0.75} \cdot 10^0 \cdot 4}{12^{0.73} \cdot 2200^{-0.13}} \cdot 1 = 17.1 \text{ кВт}$$

$$N_{PE3} = \frac{P_Z \cdot D}{1020 \cdot 60} \quad (2.32)$$

$$N_{PE3} = \frac{17.1 \cdot 12}{1020 \cdot 60} = 0.04 \text{ кВт}$$

Определим мощность на шпинделе станка.

$$N_{CT} = N_{д} \cdot \eta \quad (2.33)$$

где  $N_{CT}$  - мощность станка;

$N_{д}$  - мощность двигателя станка;

$\eta$  - коэффициент полезного действия станка;

$$N_{CT} = 2.2 \cdot 0.75 = 1.65 \text{ кВт}$$

Вывод: Обработка возможна.

#### 2.7.4 Расчет режимов резания на зубофрезерной операции

Исходные данные:

Деталь - вал-шестерня

Материал- сталь 38Х2МЮА  $\delta_B = 1060$  мпа НВ=270

Заготовка- прокат

Обработка - зубофрезерная

Инструмент-2х заходная червячная фреза,  $\varnothing 90$  ГОСТ 19265-85

Материал инструмента – Р9К10

Тип производства - серийное

Приспособление- патрон поводковый с центром, делительная головка

Смена детали - ручная

Жесткость станка - средняя

Рассчитаем длину рабочего хода фрезы.

$$L_{P.X.} = L_{PE3} + Y + L_{ДОП}, \quad (2.34)$$

где  $L_{P.X.}$  - длина рабочего хода фрезы;

$Y$  – длина перебега и врезания;

$L_{ДОП}$  – длина дополнительного хода;

$$L_{PE3} = \frac{b}{\cos \beta} \quad (2.35)$$

где  $b$  – ширина венца;

$\beta$  - угол наклона зубьев;

$$L_{PE3} = \frac{63}{\cos 8^{\circ} 6' 34''} = 63 \text{ мм}$$

$$L_{P.X.} = 63 + 2 = 65 \text{ мм}$$

Определим подачу и скорость резания.

$$S_0 = S_{ТАБ} \cdot K_S \cdot \cos \beta \quad (2.36)$$

где  $S_{ТАБ}$  – табличная подача фрезы за один оборот заготовки;

$S_0$  - подача фрезы за один оборот заготовки;

$K_S$  – коэффициент учитывающий свойства материала;

$$V = V_{ТАБ} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (2.37)$$

где  $K_1$  – коэффициент учитывающий свойства материала;

$K_2$  - коэффициент учитывающий свойства материала инструмента;

$S_{ТАБ} = 1.8 \text{ мм/об}$ ,  $V_{ТАБ} = 60 \text{ м/мин}$ ,  $K_1 = 1.5$ ,  $K_2 = 1.2$ ,  $K_S = 1.5$

$$S_0 = 1.8 \cdot 1.5 \cdot \cos 8^{\circ} 6' 34'' = 3 \text{ мм/об}$$

$$V_0 = 60 \cdot 1.5 \cdot 1.2 = 110 \text{ м/мин}$$

Найдем частоту вращения фрезы.

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3.14 \cdot 114} = 307 \text{ мин}^{-1}$$

Уточним найденную частоту по паспорту станка.

$$n = 300 \text{ мин}^{-1}$$

Найдем действительную скорость резания.

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 114 \cdot 300}{1000} = 107.4 \text{ м/мин}$$

Найдем время обработки.

$$t_M = \frac{L_{p.x.} \cdot Z}{S_0 \cdot n \cdot \varepsilon \cdot q}, \quad (2.38)$$

где  $Z$  – число зубьев шестерни;

$\varepsilon$  – число заходов фрезы;

$q$  – количество одновременно обрабатываемых деталей;

$$t_M = \frac{62.4 \cdot 31}{3 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 1} = 2.15 \text{ мин}$$

### 2.7.5 Расчёт режимов резания на резьбонарезной операции

Скорость резания, м/мин, при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (2.39)$$

$$V = \frac{30 \cdot 39^{0,24}}{80^{0,08} \cdot 3^{0,25}} \cdot 0,95 = 37,2 \text{ м / мин}$$

где  $D$  – номинальный диаметр резьбы, мм .

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{Cv}, \quad (2.40)$$

где:  $K_{Mv}$  — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала  $K_{uv}$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента  $K_{Cv}$  - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы (принимают равным 1,0, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами; и 0,75, если резьба нарезается одним чистовым резцом).

$$K_v = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 = 0.95$$

По расчётной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя. Затем, по принятой паспортной частоте вращения корректируется фактическая скорость резания, которая и участвует в дальнейших расчётах.

Силовые зависимости.

Тангенциальная составляющая силы резания  $P_z$ , Н, при нарезании резьбы резцами

$$P_z = \frac{10 C_p P^{\lambda}}{i^n} K_p, \quad (2.41)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{0,85}}{1,4^3} \cdot 0,9 = 980 \text{ Н}$$

Мощность, кВт, при нарезании резьбы резцами:

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60}, \quad (2.42)$$

$$N = \frac{980 \cdot 37,2}{1020 \cdot 60} = 0,6$$

Вывод: Обработка возможна.

Таблица 2.8– сводная таблица режимов резания.

№ опер.	Операция/ переход	Припуск t, мм	Подача S <sub>0</sub> , мм/об	Скорость резания V, м/мин	Скорость главного движения n, мин <sup>-1</sup>	Подача минутная S <sub>м</sub> , мм/мин
015 025	Токарная черновая					
	Ø39	5	0.5	245	750	260
	Ø65	3	0.5	367	600	210
	Ø75	5	0.5	330	500	175
	Ø82	0,3	0.5	310	400	140
020 030	Токарная чистовая					
	Ø39	2	0.25	207	1800	450
	Ø65	0.6	0.25	207	1600	400
	Ø75	1.5	0.25	207	1200	300
	Ø82	0,5	0.25	207	2000	500
045	Зубофрезерная	2.25	3	110	300	900
95	Шлицефрезерная					
	Ø65	9	2,5	30	250	200
	Ø75	10	3	30	200	200
060	Резьбонарезная	1,5	0,25	125	450	400

№ опер.	Операция/ переход	Припуск t, мм	Подача S <sub>0</sub> , мм/об	Скорость резания V, м/мин	Скорость главного движения n, мин <sup>-1</sup>	Подача минутная S <sub>м</sub> , мм/мин
75	Шлифовальная черн. Ø65	0.2	0.003	50	400	1.2
	Ø73	0.4	0.003	50	350	1.2
	Ø75	0.4	0.003	50	320	1.2
	Ø82	0.4	0.004	50	350	1.2
	Шлифовальная чист. Ø65	0.05	0.001	500	40	0.5
110	Ø73	0.1	0.001	300	40	0.5
	Ø75	0.1	0.001	300	40	0.5

## 2.8 Расчет технических норм времени

### 2.8.1 Расчет время обработки на все операции

$$t_0 = \frac{L_{р.х.}}{S_m} \quad (2.43)$$

где  $L_{р.х.}$  – длина рабочего хода:

$S_m$  – минутная подача режущего инструмента;

Операция 015 (токарная черновая левого конца) :

$$\text{Ø82 } t_0 = \frac{173}{140} = 1.3 \text{ мин,}$$

$$\text{Ø65 } t_0 = \frac{110}{175} = 0.8 \text{ мин,}$$

$$\varnothing 39 \quad t_0 = \frac{37}{210} = 0.2 \text{ мин},$$

$$t_0^{015} = 1.3 + 0.8 + 0.2 = 2,3 \text{ мин}$$

Операция 025 ( токарная черновая правого конца ) :

$$\varnothing 75 \quad t_0 = \frac{117}{175} = 0.7 \text{ мин}$$

$$\varnothing 73 \quad t_0 = \frac{10}{210} = 0.05 \text{ мин}$$

$$t_0^{025} = 0.7 + 0.05 = 0,75 \text{ мин}$$

Операция 020 (токарная чистовая левого конца ) :

$$\varnothing 39 \quad L_{P.X.} = 32,3 + 2 + 2,7 = 37 \text{ мм}$$

$$t_4 = \frac{37}{450} = 0.08 \text{ мин}$$

$$\varnothing 65 \quad L_{P.X.} = 69,5 + 3.5 = 73 \text{ мм}$$

$$t_5 = \frac{73}{400} = 0.2 \text{ мин}$$

$$\varnothing 82 \quad L_{P.X.} = 63 \text{ мм}$$

$$t_6 = \frac{63}{500} = 0.13 \text{ мин}$$

$$t_0^{020} = 0.08 + 0.2 + 0.13 = 0.31 \text{ мин}$$

Операция 030 (токарная чистовая правого конца):

$$\varnothing 73 \quad t_1 = \frac{10}{350} = 0.03 \text{ мин}$$

$$\varnothing 75 \quad L_{P.X.} = 102 + 5 = 107 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{107}{300} = 0.36 \text{ мин}$$

$$t_0^{030} = 0.03 + 0.36 = 0.39 \text{ мин}$$

Операция 035 (токарная).

$$L_{P.X.}^{035} = 2 \cdot 5 + 2 = 12 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{12}{160} = 0.07 \text{ мин}$$

Определи время затрачиваемое на холостые ходы (ускоренная подача  $S_M=4800$  мм/мин ) .

$$L_{X.X.}^{015} = 173 + 110 + 37 = 320 \text{ мм}$$

$$t_{X.X.}^{015} = \frac{320}{4800} = 0.07 \text{ мин}$$

$$L_{X.X.}^{025} = 117 + 10 = 127 \text{ мм}$$

$$t_{X.X.}^{025} = \frac{127}{4800} = 0.03 \text{ мин}$$

$$L_{X.X.}^{020} = 170 \text{ мм}$$

$$t_{X.X.}^{020} = \frac{170}{4800} = 0.035 \text{ мин}$$

$$L_{X.X.}^{030} = 37 + 63 + 73 = \text{ мм}$$

$$t_{X.X.}^{030} = \frac{285}{4800} = 0.06 \text{ мин}$$

$$L_{X.X.}^{035} = 255 \text{ мм}$$

$$t_{X.X.}^{035} = \frac{255}{4800} = 0.05 \text{ мин}$$

Определим машинное время на операциях, по формуле:

$$t_M = t_0 + t_{X.X.} \quad (2.44)$$

$$t_M^{015} = 2,3 + 0,07 = 2,37 \text{ мин}$$

$$t_M^{020} = 0,31 + 0,035 = 0,365 \text{ мин}$$

$$t_M^{025} = 0,75 + 0,03 = 0,78 \text{ мин}$$

$$t_M^{030} = 0,39 + 0,06 = 0,45 \text{ мин}$$

$$t_M^{035} = 0,07 + 0,05 = 0,12 \text{ мин}$$

Операция 075 (кругошлифовальная ).

$$t_0 = \frac{L}{S_{M.П}} + t \quad (2.45)$$

где  $L$  – длина шлифуемой шейки;

$t$  – время обработки одного участка;

$S_{M.П.}$  – продольная минутная подача;

$$\text{Ø}65 \quad t_0 = \frac{73}{50} + 0,3 = 1,86 \text{ мин}$$

$$\text{Ø}75 \quad t_0 = \frac{107}{50} + 0,3 = 2,44 \text{ мин}$$

$$\text{Ø}73 \quad t_0 = \frac{10}{50} + 0,3 = 0,5 \text{ мин}$$

$$t_0^{075} = 1,86 + 2,44 + 0,5 = 4,8 \text{ мин}$$

Операция 080 (шлифовальная ):

$$t_0^{080} = \frac{0.4}{1.2} = 0.33 \text{ мин}$$

Операция 060 (фрезерная).

$$t_0^{060} = 4 \cdot \frac{22}{530} = 0.17 \text{ мин}$$

Операция 110 (резьбонарезная).

$$t_0^{120} = 4 \cdot \frac{25}{220} = 0.45 \text{ мин}$$

### 2.8.2 Операция 025 - токарная черновая

$$T_{шт} = t_o + t_{всп} + t_{ТО} + t_{ОТ} \quad (2.46)$$

$t_o$  - основное время обработки поверхности

$t_{всп}$  - вспомогательное время

$t_{ТО}$  - время на техническое обслуживание

$t_{ОТ}$  - время перерывов и отдыха

$$t_o = 3.7 \text{ мин}$$

$$t_{всп} = t_{уС} + t_{зО} + t_{уП} + t_{ИЗМ}, \text{ мин} \quad (2.47)$$

$t_{уС}$  - время на установку и снятие детали

$t_{зО}$  - время на закрепление и открепление детали

$t_{уП}$  - время на приемы управления

$t_{ИЗМ}$  - время на измерение детали

$$t_{уС} + t_{зО} = 0.27 \text{ мин}$$

$$t_{уП} = 0.05 \text{ мин}$$

$$t_{ИЗМ} = 0.09 \text{ мин}$$

$$t_{всп} = 0.27 + 0.05 + 0.09 = 0.41 \text{ мин}$$

$$t_{ТО} = 0.002 \text{ мин}$$

$$t_{OT} = 0.03 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 3.7 + 0.41 + 0.002 + 0.006 + 0.03 = 4.15 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \text{ мин} \quad (2.48)$$

$T_{п-з}$  - подготовительно-заключительное время

$n$  - объем партии.

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} \quad (2.49)$$

где  $N$  – годовая программа;

$a$  – периодичность запуска;

$\Phi$  – годовой фонд времени;

$$n = \frac{10 \cdot 6}{254} = 236 \quad (2.50)$$

$$T_{п-з} = 10 \text{ мин [6, с. 215 табл. 6.3]}$$

$$T_{шт.к.} = \frac{10}{236} + 4.15 = 4.2 \text{ мин}$$

Вычисления на следующие операции производится аналогично: по тем же источникам и формулам.

### 2.8.3 Операция 070 - кругло-шлифовальная

$$T_{шт} = t_o + t_{всп} + t_{ТО} + t_{ОО} + t_{OT} \quad (2.51)$$

$$t_o = 5.64 \text{ мин}$$

$$t_{всп} = t_{уС} + t_{ЗО} + t_{уП} + t_{ИЗМ} \quad (2.52)$$

$$t_{уС} = 0.03 \text{ мин}$$

$$t_{ЗО} = 0.24 \text{ мин}$$

$$t_{уП} = 0.03 \text{ мин}$$

$$t_{ИЗМ} = 0.06 \text{ мин}$$

$$t_{\text{всп}} = 0.03 + 0.24 + 0.03 + 0.06 = 0.36 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ТО}} = 0.039 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ОО}} = 0.017 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ОТ}} = 0.07 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 5.64 + 0.36 + 0.039 + 0.017 + 0.07 = 6.126 \text{ мин}$$

$$T_{\text{п-з}} = 11 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{11}{236} + 6.126 = 6.173 \text{ мин}$$

#### 2.8.4 Операция 075- шлицефрезерная

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{ОО}} + t_{\text{ОТ}}, \quad (2.53)$$

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{УС}} + t_{\text{ЗО}} + t_{\text{УП}} + t_{\text{ИЗМ}} \quad (2.54)$$

$$t_{\text{УС}} = 0.02 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ЗО}} = 0.06 \text{ мин}$$

$$t_{\text{УП}} = 0.06 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ИЗМ}} = 0.07 \text{ мин}$$

$$t_{\text{всп}} = 0.02 + 0.06 + 0.06 + 0.07 = 0.21 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ТО}} = 0.042 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ОО}} = 0.019 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ОТ}} = 0.06 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0.17 + 0.21 + 0.042 + 0.019 + 0.06 = 0.5 \text{ мин}$$

$$T_{\text{п-з}} = 16 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{16}{236} + 0.5 = 0.57 \text{ мин}$$

#### 2.8.5 Операция 045 – зубофрезерная

$$T_{шт} = t_o + t_{всп} + t_{ТО} + t_{ОО} + t_{ОТ} \quad (2.55)$$

$$t_o = 2.5 \text{ мин}$$

$$t_{всп} = t_{УС} + t_{ЗО} + t_{УП} + t_{ИЗМ} \quad (2.56)$$

$$t_{всп} = 0.05 + 0.06 + 0.27 = 0.38 \text{ мин}$$

$$t_{ТО} = 0.15 \text{ мин}$$

$$t_{ОО} = 0.074 \text{ мин}$$

$$t_{ОТ} = 0.28 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 2.5 + 0.38 + 0.15 + 0.074 + 0.28 = 3.484 \text{ мин}$$

$$T_{п-з} = 28 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = \frac{28}{236} + 3,484 = 3.6 \text{ мин}$$

Данные сведем в таблицу 2.9

Таблица 2.9 - сводная таблица штучного времени.

№ опер	Название операции	$T_o$ , мин	$T_{в}$ , мин	$T_{об}$ , мин	$T_{шт}$ , мин	$T_{п-з}$ , мин	$T_{шт-к}$ , мин
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Заготовительная	0.2	0.06	0.01	0.42	17	0.45
010	Контрольная						0.03
015	Токарная черновая	3.7	0.41	0.002	4.15	10	4.2
020	Токарная чистовая	0.585	0.41	0.002	1.03	10	1.08
025	Токарная черновая	0.95	0.41	0.002	1.4	10	1.45
030	Токарная чистовая	0.054	0.41	0.002	0.504	10	0.554
035	Токарная	0.12	0.41	0.002	0.507	10	0.62
040	Контрольная						0.03
045	Зубофрезерная	2.5	0.38	0.234	3.484	28	3.6
050	Слесарная	0.2					0.2
055	Резьбонарезная	0.45	0.21	0.061	0.71	16	0.78
060	Слесарная	0.2					0.2

№ опер	Название операции	T <sub>О</sub> , мин	T <sub>В</sub> , мин	T <sub>Об</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин	T <sub>п-з</sub> , мин	T <sub>шт-к</sub> , мин
065	Термическая						80
070	Круглошлифовальная	0.33	0.36	0.056	0.816	11	0.863
075	Шлицефрезерная	5.64	0.36	0.056	6.126	11	6.173
080	Слесарная						0.02
085	Шлицешлифовальная	1.08	0.38	0.234	2.18	28	2.42
090	Круглошлифовальная	0.5	0.36	0.056	0.986	11	1.033
095	Слесарная						0.2
100	Моечная						0,06
105	Контрольная						0.02

### 3. РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

#### 3.1 Анализ существующих конструкций

##### 3.1.1 Образование резьбовых поверхностей

При образовании резьбовых поверхностей образующая линия воспроизводится либо по методу копирования режущей кромки, либо по методу огибания, а винтовая направляющая линия - по методу копирования, геометрического и кинематического профилирования. Применение того или иного метода профилирования, как образующей, так и направляющей линий обуславливается формой обрабатываемой винтовой поверхности.

Формы винтовых поверхностей.

Выделим две наиболее распространенные формы винтовых поверхностей:

1. Архимедова винтовая поверхность (закрытая винтовая поверхность);
2. Эвольвентная винтовая поверхность (открытая винтовая поверхность).

Архимедова винтовая поверхность образуется прямой линией (рис.3.1 а), расположенной под углом  $\alpha$  в осевой плоскости, проходящей через ось вращения  $OO_1$ .

При вращении вокруг оси  $OO_1$  и одновременном перемещении с равномерной скоростью вдоль оси линия 1 образует винтовую поверхность 2 с шагом  $t$ . В сечении плоскостью, перпендикулярной к оси, винтовая поверхность дает след 3, представляющий собой спираль Архимеда.

<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.ПЗ</i>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.		Галлямов Ф.Ф.	<i>[Подпись]</i>	08.02	
Провер.		Марданов Р.Х.	<i>[Подпись]</i>	08.02	
Н. Контр.		Марданов Р.Х.	<i>[Подпись]</i>	08.02	
Утвердил		Пикмцллин Г.В.	<i>[Подпись]</i>	08.02	
<i>Приспособление для нарезания резьбы</i>					
			Лит.	Лист	Листов
				1	16
<i>Казанский ГАУ каф. ОИД Группа Б261-05</i>					

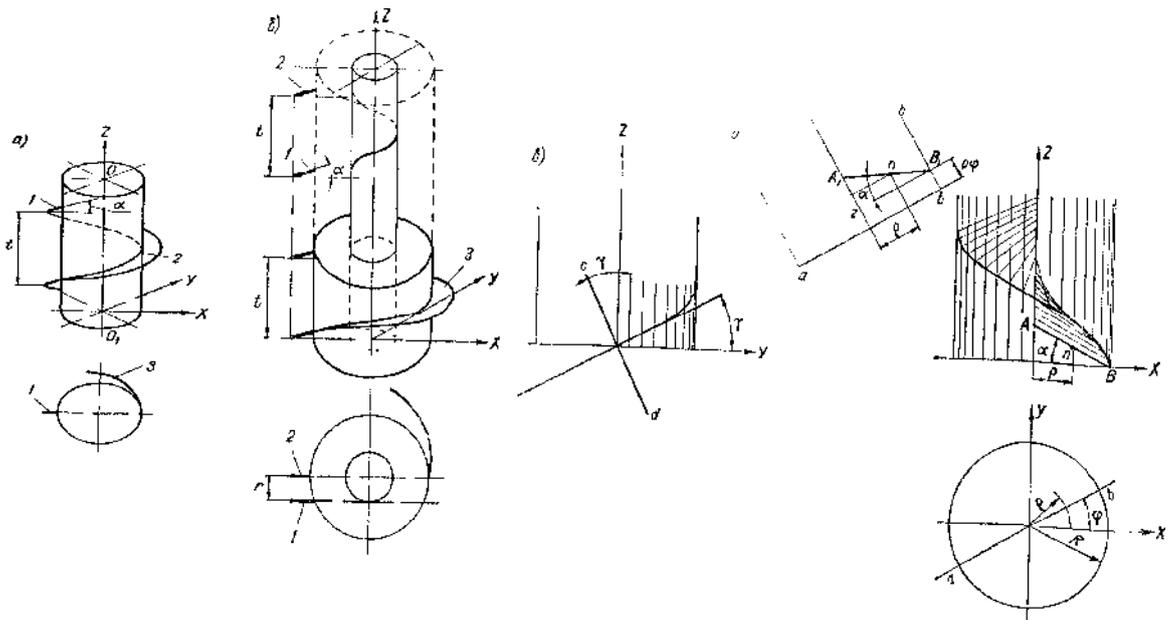


Рисунок 3.1- Винтовые поверхности

Линия 1 является образующей линией архимедовой винтовой поверхностью; так как эта линия прямая, то ее легко произвести по методу копирования режущей кромки инструмента. Однако по условиям процесса резания я режущую кромку нередко приходится располагать в плоскости, перпендикулярной к винтовой линии, расположенной на цилиндре, диаметр которого равен среднему диаметру резьбы. След с-d рассматриваемой плоскости (рис.3.1. в) на плоскости YZ образует с осью Z угол  $\gamma$ , равный углу подъема винтовой линии.

Кривая, которая получается в сечении архимедовой винтовой поверхности плоскостью, расположенной под углом  $\gamma$ , и которая является производящей линией имеет криволинейную форму. Величина отклонения производящей образующей линии зависит от величины угла  $\gamma$ , параметра  $p$  и других факторов. При малом угле  $\gamma$  и параметре  $p$  отклонение от прямой столь мало, что инструмент может быть выполнен с прямолинейной режущей кромкой. С увеличением  $\gamma$  и  $p$  отклонения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ

Лист

2

возрастают, что вызывает необходимость применения инструмента с криволинейной режущей кромкой, стоимость которого значительно возрастает. Указанные обстоятельства необходимо учитывать при выборе методов профилирования.

Эвольвентная винтовая поверхность (рис.3.1.б) образуется как след движения прямой 1, расположенной в плоскости, проходящей параллельно осевой линии на расстоянии  $r$ . При вращении прямой плоскость, в которой расположена образующая, остается все время касательной к цилиндру радиуса  $r$ . Этот цилиндр называется основным цилиндром. Эвольвентная винтовая поверхность получается в том случае, когда угол наклона образующей  $\alpha$  равен углу подъема винтовой линии на основном цилиндре.

В сечении осевой плоскостью Эвольвентная винтовая поверхность оставляет след в виде кривой линии 2.

Эвольвентная винтовая поверхность называется открытой, так как в пределах основного цилиндра винтовая поверхность не образуется.

Существенное различие между архимедовой и эвольвентой винтовой поверхностями заключается в том, что к архимедовой винтовой поверхности нельзя провести касательную плоскость, а к эвольвентой винтовой поверхности можно. Поэтому архимедову винтовую поверхность нельзя обрабатывать инструментом, который контактирует с ней плоскостью, а эвольвентную винтовую поверхность можно обрабатывать подобным инструментом. Благодаря указанному обстоятельству оказывается возможным шлифовать эвольвентную винтовую поверхность торцом тарельчатого круга.

Архимедову винтовую поверхность имеют резьбы крепежных деталей, ходовых винтов, червяков червячных передач; резьбы многозаходных червяков обычно выполняют с эвольвентной винтовой поверхностью.

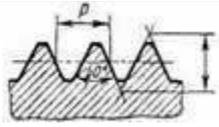
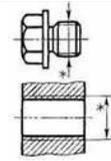
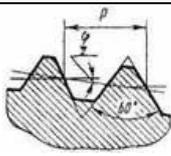
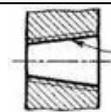
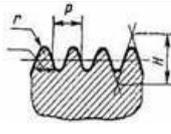
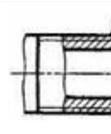
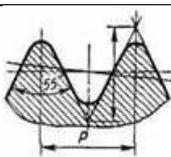
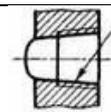
					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

В ряде случаев применяют резьбы с переменным шагом, например винтовые поверхности подающих шнеков и другие, более сложные виды винтовых поверхностей.

### 3.1.2 Виды резьб

**Метрическая резьба** является основным типом крепежной резьбы. Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150–81 и представляет собой равносторонний треугольник с углом профиля  $\alpha = 60^\circ$ . Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии величиной притупления его вершин и впадин. Основными параметрами метрической резьбы являются: номинальный диаметр –  $d(D)$  и шаг резьбы –  $P$ , устанавливаемые ГОСТ 8724–81.

Таблица 3.1-Виды резьб

Тип резьбы	Профиль резьбы (некоторые параметры)	Условное изображение резьбы	Стандарт	Примеры обозначения	Примеры обозначения резьбового соединения
Метрическая			Профиль по ГОСТ 9150–81 (СТ СЭВ 180–75) Основные размеры по ГОСТ 24705–81 (СТ СЭВ 182–75) Диаметр и шаг по ГОСТ 8724–81 (СТ СЭВ 181–75)	M 12 – 6g (наружная резьба) M 12 LH – 6H (внутренняя резьба) LH – обозначение левой резьбы	M 12 – 6H/6g
Метрическая коническая			ГОСТ 25229–82 (СТ СЭВ 304–76) Устанавливает профиль, диаметры, шаг, основные размеры и допуски	MK 20 × 1,5 MK 20 × 1,5 LH	1. Коническое резьбовое соединение MK 20 × 1,5 2. Внутренняя цилиндрическая с наружной конической M / MK 20 × 1,5 ГОСТ 25229–82
Трубная цилиндрическая			ГОСТ 6357–81 (СТ СЭВ 1157–78)	G 1 1/2 – A G 1 1/2 – B A и B – классы точности G 1 1/2 LH – B – 40 длина свивчивания	G 1 – A (разный класс точности) G 1 – B (один класс A точности) Внутренняя трубная цилиндрическая резьба с наружной трубной конической по ГОСТ 6211–81 G/R 1 1/2 – A
Трубная коническая			ГОСТ 6211–81 (СТ СЭВ 1159–78)	1. Наружная коническая резьба R 1 1/2 2. Внутренняя коническая резьба Rc 1 1/2	1. Трубная коническая резьба Rc/A 1 1/2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Коническая дюймовая			ГОСТ 6111-5	K 1/2" ГОСТ 6111-52	
Трапецеидальная			ГОСТ 24737-81 (СТ СЭВ 838-76) Однозаходная резьба Профиль по ГОСТ 9481-81	Tz 32 * 3LH - 7h Tz 32 * LH - 7H Многозаходная Tz 20 * 4 (P4) LH - 8H ход / шаг / левая резьба	Tz 32 * 3LH - 8H/7h Многозаходная Tz 20 * 4 (P2) - 8H/8h
Упорная			ГОСТ 10177-82 (СТ СЭВ 1781-79)	S80 * 10 - 7h S80 * 10LH - 7H Многозаходная S80 * 10 (P10) LH - 7H ход / шаг	S80 * 10 8H/7h
Круглая			ГОСТ 13536-88	Kp 12 * 2,54 ГОСТ (Предусмотрен только этот размер) По СТ СЭВ 307-76 Rd 16 Rd 40LH	Kp 12 * 2,54 ГОСТ Rd 16 Rd 40LH

По ГОСТ 8724–81 каждому номинальному размеру резьбы с крупным шагом соответствует несколько мелких шагов. Резьбы с мелким шагом применяются в тонкостенных соединениях для увеличения их герметичности, для осуществления регулировки в приборах точной механики и оптики, с целью увеличения сопротивляемости деталей самоотвинчиванию. В случае, если диаметры и шаги резьб не могут удовлетворить функциональным и конструктивным требованиям, введен СТ СЭВ 183–75 "Резьба метрическая для приборостроения". Если одному диаметру соответствует несколько значений шагов, то в первую очередь применяются большие шаги. Диаметры и шаги резьб, указанные в скобках, по возможности не применяются.

**Дюймовая резьба.** В настоящее время не существует стандарт, регламентирующий основные размеры дюймовой резьбы. Ранее существовавший ОСТ НКТП 1260 отменен, и применение дюймовой резьбы в новых разработках не допускается.

Дюймовая резьба применяется при ремонте оборудования, поскольку в эксплуатации находятся детали с дюймовой резьбой. Основные параметры дюймовой резьбы: наружный диаметр, выраженный в дюймах, и число шагов на дюйм длины нарезанной части детали.

					ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

**Трубная цилиндрическая резьба.** В соответствии с ГОСТ 6367–81 трубная цилиндрическая резьба имеет профиль дюймовой резьбы, т. е. равнобедренный треугольник с углом при вершине, равным  $55^\circ$  (см. табл.3.1).

Резьба стандартизована для диаметров от  $1/16$  " до 6" при числе шагов от 28 до 11. Номинальный размер резьбы условно отнесен к внутреннему диаметру трубы (к величине условного прохода). Так, резьба с номинальным диаметром 1 мм имеет диаметр условного прохода 25 мм, а наружный диаметр 33,249 мм.

Трубную резьбу применяют для соединения труб, а также тонкостенных деталей цилиндрической формы. Такого рода профиль ( $55^\circ$ ) рекомендуют при повышенных требованиях к плотности (непроницаемости) трубных соединений. Применяют трубную резьбу при соединении цилиндрической резьбы муфты с конической резьбой труб, так как в этом случае отпадает необходимость в различных уплотнениях.

**Трубная коническая резьба.** Параметры и размеры трубной конической резьбы определены ГОСТ 6211–81, в соответствии с которым профиль резьбы соответствует профилю дюймовой резьбы (см. табл.3.1). Резьба стандартизована для диаметров от  $1/16$ " до 6" (в основной плоскости размеры резьбы соответствуют размерам трубной цилиндрической резьбы).

Нарезаются резьбы на конусе с углом конусности  $j/2 = 1^\circ 47' 24''$  (как и для метрической конической резьбы), что соответствует конусности 1:16.

Применяется резьба для резьбовых соединений топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков.

**Трапецеидальная резьба.** Трапецеидальная резьба имеет форму равнобокой трапеции с углом между боковыми сторонами, равным  $30^\circ$  (см. табл.3.1). Основные размеры диаметров и шагов трапецеидальной однозаходной резьбы для диаметров от 10 до 640 мм устанавливают ГОСТ 9481–81. Трапецеидальная резьба применяется для преобразования вращательного движения в поступательное при значительных нагрузках и

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

может быть одно- и многозаходной (ГОСТ 24738–81 и 24739–81), а также правой и левой.

**Упорная резьба**, стандартизованная ГОСТ 24737–81, имеет профиль неравнобокой трапеции, одна из сторон которой наклонена к вертикали под углом  $3^\circ$ , т. е. рабочая сторона профиля, а другая – под углом  $30^\circ$  (см. табл.3.1). Форма профиля и значение диаметров шагов для упорной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 10177–82. Резьба стандартизована для диаметром от 10 до 600 мм с шагом от 2 до 24 мм и применяется при больших односторонних усилиях, действующих в осевом направлении.

### 3.1.3 Способы нарезания резьбы.

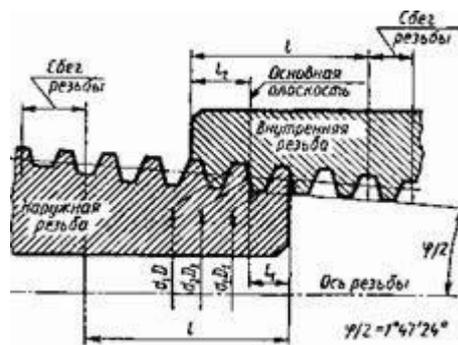


Рисунок 3.2-Резьбовое соединение.

Соединение внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической (рис.3.2) обозначается дробью М/МК, номинальным диаметром, шагом и номером стандарта: М/МК 20×1,5LH ГОСТ 25229–82. При отсутствии особых требований к плотности соединений такого рода или при применении уплотнений для достижения герметичности таких соединений номер стандарта в обозначении соединений опускается, например: М/МК 20×1,5 LH.

Поле допуска среднего диаметра внутренней цилиндрической резьбы должно соответствовать 6H по ГОСТ 16093–81, а предельное отклонение внутреннего диаметра и среза впадин внутренней цилиндрической резьбы

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

принимается в пределах: верхнее предельное отклонение (+0,12) -г- (+0,15), а нижнее предельное отклонение равняется 0.

На токарных станках наиболее широко применяется метод нарезания наружной и внутренней резьбы резцами. Резьбонарезные резцы бывают стержневые, призматические и круглые; их геометрические параметры не отличаются от геометрических параметров фасонных резцов. Наружную резьбу нарезают прямыми или отогнутыми резцами, внутреннюю - изогнутым резцом (в отверстиях малого диаметра) и прямым резцом, установленным в оправку (в отверстиях большого диаметра). Расположение режущих кромок резца должно соответствовать профилю обрабатываемой резьбы. Резьбы треугольного профиля нарезают резцами с углом в плане при вершине  $\epsilon=60$  градусов  $\pm 10'$  для метрической резьбы и  $\epsilon=55$  градусов  $\pm 10'$  для дюймовой резьбы. Учитывая погрешности перемещения суппорта, которые могут привести к увеличению угла резьбы, иногда применяют резцы с  $\epsilon=59$  градусов  $30'$ . Вершина резца может быть скругленной или с фаской в соответствии с формой впадины нарезаемой резьбы. Боковые задние углы резца с правой и левой сторон обычно делают одинаковыми и равными 3-5 градусов (для нарезания резьбы с углом подъема до 4 градусов) или 6-8 градусов (при нарезании резьбы с углом подъема свыше 4 градусов). Величина боковых задних углов выбирается исходя из того, чтобы при нарезании резьбы исключить трение боковых поверхностей резца о винтовую поверхность резьбы. При нарезании метрической резьбы задний угол резца  $\alpha=10-15$  градусов при обработке незакаленных стальных деталей и  $\alpha=6$  градусов при обработке закаленных стальных деталей. При нарезании внутренних резьб треугольного профиля в отверстиях диаметром до 50 мм увеличивают до 18 градусов. Передний угол резьбонарезных резцов  $\gamma=0-25$  градусов в зависимости от обрабатываемого материала. Для твердых и хрупких материалов выбирают меньшие значения  $\gamma$ , для вязких и цветных - большие значения  $\gamma$ . При нарезании резьбы на деталях из высоколегированных жаропрочных сталей  $\gamma=5-10$  градусов для черновых и

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чистовых резцов. При нарезании резьбы чистовыми резцами на деталях из конструкционных сталей принимают  $g=0$ . Правильность заточки резцов проверяют шаблоном.

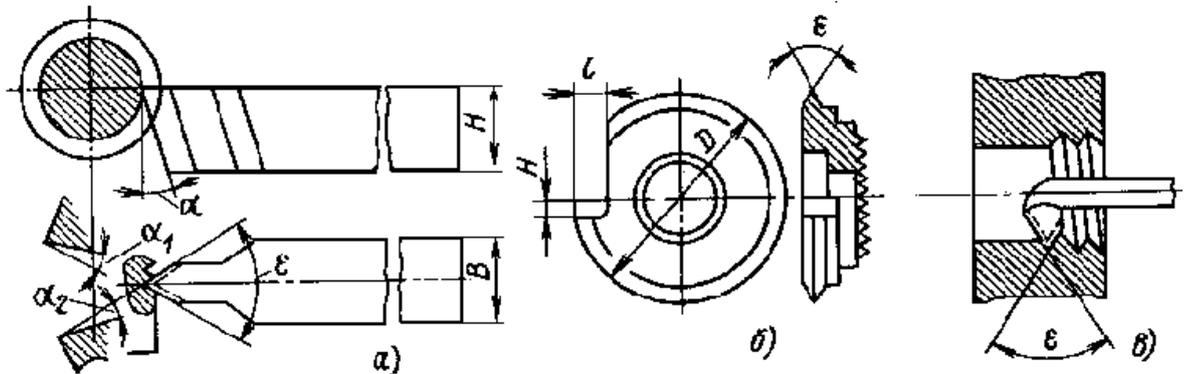


Рисунок 3.3-Резьбонарезные резцы: а - прямой, б - круглый, в – изогнутый

Резьбонарезные резцы оснащают пластинами из быстрорежущей стали и твердых сплавов. При обработке стальных деталей применяют резцы с пластинами из твердых сплавов марок Т15К6 и Т14К8 (на предварительных операциях), Т30К4 и Т15К6 (на окончательных операциях). При обработке чугунных деталей применяют резцы с пластинами из твердых сплавов марок ВК6М, ВК3М, В2К или ВК4.

Предварительно деталь обтачивают таким образом, чтобы ее наружный диаметр был меньше наружного диаметра нарезаемой резьбы. Для метрической резьбы диаметром до 30 мм эта разница ориентировочно составляет 0,14- 0,28 мм; диаметром до 48 мм - 0,17-0,34 мм; диаметром до 80 мм - 0,2-0,4 мм. Уменьшение диаметра заготовки обусловлено тем, что при нарезании резьбы материал заготовки деформируется, и в результате этого наружный диаметр резьбы увеличивается.

Нарезание резьбы в отверстии производят или сразу после сверления (если к точности резьбы не предъявляют высоких требований) или после его растачивания (для точных резьб). Диаметр отверстия под резьбу  $D_{отв}=d-P$ , где  $D_{отв}$  - диаметр отверстия,  $d$  - наружный диаметр резьбы,  $P$  - шаг резьбы

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

(все размеры в мм). Диаметр отверстия под резьбу должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы, так как в процессе нарезания резьбы металл деформируется и в результате этого диаметр отверстия уменьшается. Поэтому результат, полученный по приведенной выше формуле, увеличивают на 0,2-0,4 мм при нарезании резьбы в вязких материалах (стали, латуни и др.) и на 0,1-0,02 мм при нарезании резьбы в хрупких материалах (чугуне, бронзе и др.).

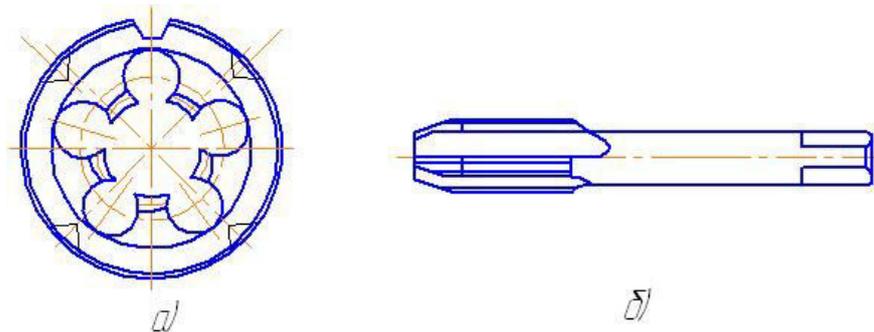


Рисунок 3.4.-а) плашка; б) метчик.

Наружную резьбу нарезают плашкой. Плашка - инструмент для нанесения резьбы на болтах, винтах, шпильках и т.п. деталях. Различают плашки для накатки резьбы путем пластического деформирования металла заготовки (накатные) и для нарезания резьбы (нарезные). Накатные плашки представляют собой комплект из двух прямоугольных призм или двух роликов, рабочие части которых имеют чисто обработанный профиль, противоположный профилю накатываемой резьбы. Закрепляются в специальных держателях. Нарезные плашки бывают цельные круглые (лерки) разрезные (круглые, квадратные, шестигранные), трубчатые и др. Плашки для ручного нарезания используют в клуппах, плашкодержателях.

Плашку зажимают в воротке винтами, расположенными по его контуру. На торце стержня, на котором необходимо нарезать резьбу, на заточном станке снимают фаску под углом 60° до диаметра, равного 80% диаметра резьбы. Затем плашку смазывают животным жиром (салом) или

					ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

растительным маслом - машинное масло лучше не использовать, так как оно портит резьбу. На конец прочно зажатого в тисках стержня с фаской в виде усеченного конуса устанавливают точно в горизонтальной плоскости вороток с плашкой и вращают обеими руками вороток по часовой стрелке (глядя сверху), если резьба правая, с небольшим нажимом на плашку. Иногда рекомендуется плавно вращать вороток по часовой стрелке, иногда - после каждого полуоборота немножко повернуть его обратно, чтобы сломать стружку. Главное хорошо смазать все рабочие лезвия, чтобы резьба не рвалась, а плашка не тупилась.

Внутреннюю резьбу нарезают с помощью метчиков. Метчик - металлорежущий инструмент для нарезания внутренней резьбы в предварительно просверленных отверстиях. Бывают ручные (вращаются при помощи воротка) и станочные, гаечные и инструментальные (маточные и плашечные).

При нарезании глубокой резьбы обычно применяют комплект из трех метчиков: первый метчик (обозначение - одна риска) - предварительный, второй (две риски) нарезает резьбу и третий (три риски или без них) ее калибрует. Гаечные метчики пригодны для нарезания короткой резьбы (как в гайке) и имеют последовательно расположенные режущие кромки; после прохождения всей длины получают полную резьбу.

Большое значение имеет правильный выбор диаметров отверстия. Если диаметр больше, чем следует, то внутренняя резьба не будет иметь полного профиля и получится непрочное соединение. При меньшем диаметре отверстия вход метчика в него затруднителен, что ведет к срыву первых витков резьбы или к заклиниванию и поломке метчика.

Диаметр отверстия под метрическую резьбу можно приблизительно определить, умножив размер резьбы на 0,8 (например, для резьбы М2 сверло должно иметь диаметр 1,6 мм, для М3 - 2,4-2,5 мм и т.д.). Необходимо смазать режущую часть метчика маслом и вставить в отверстие. Затем необходимо внимательно следить за тем, чтобы метчик шел точно по оси

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

отверстия во избежание поломки. После нарезки 4-5 витков, метчик извлекается из отверстия и очищается от стружки. После этого его еще раз смазывают маслом и вновь ввертывают в отверстие, нарезают еще 4-5 витков, продолжая операцию до упора (при глухом отверстии или до выхода метчика (при сквозном отверстии)).

Улучшения конструкции станка способствуют не только уменьшению вспомогательного времени, но и снижают затраты мускульной энергии рабочего. Это уменьшает утомляемость токаря, что положительно влияет на повышение производительности его труда.

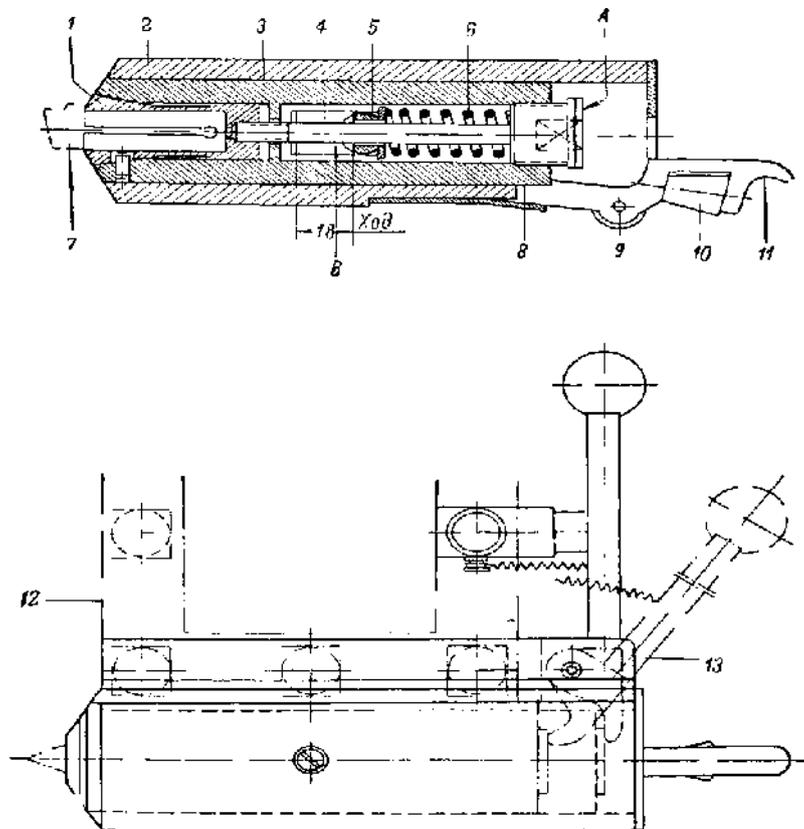


рисунок. 3.5- Приспособление для быстрого отвода резца при нарезании резьбы, предложенное Б. И. Трутневым

На рис. 3.5 показано приспособление для автоматического отвода резца от обрабатываемой детали при нарезании на ней резьбы. Корпус 2 выступом, имеющимся на одной из его боковых сторон, закрепляется в резцовой головке 12 станка В отверстии корпуса расположен ползун 3, в котором посредством цанги У закрепляется резец 7 со стержнем круглого сечения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ

Лист

12

Это дает возможность устанавливать резец в различных положениях, с учетом угла подъема нарезаемой резьбы. Необходимое для закрепления резца втягивание цанги I в ползун 3 осуществляется при вращении тяги 4, левый резьбовой конец которой ввертывается в цангу I, а правый, утолщенный, также резьбовой, - в ползун 3. Резьбы на концах тяги 4 имеют разный шаг, поэтому даже при небольшом усилии, приложенном к ключу для вращения тяги 4, закрепление резца получается достаточно прочным. Рабочий конец используемого при этом ключа вставляется в квадратное гнездо, имеющееся в торце А утолщенной части тяги 4.

Пружина 6 расположена в отверстии ползуна между упором 5 и утолщенной частью тяги. Упор закреплен в корпусе 2 и проходит через продолговатое окно В в ползуне 3. Поэтому под действием пружины 6 ползун стремится переместиться вправо, но его удерживает в рабочем положении (указано на рис. 3.5) уступ левого конца рычага 11, вращающегося на оси 9.

На станине станка, слева от суппорта, устанавливается упор (на рис. 3.5 не показан). При движении суппорта влево, когда резец доходит до конца резьбы, ролик 10 соприкасается с упором, вследствие чего правый конец рычага 11 поднимается, а левый опускается. Одновременно с этим под действием пружины 6 ползун 3 быстро отходит вправо, к токарю, и резец выходит из резьбовой канавки. После перемещения суппорта в начальное положение поворотом рукоятки 13 или второго упора, установленного на станке, ползун приводится в рабочее положение. В этом положении ползун фиксируется рычагом 11, поднимающимся под действием плоской пружины 8. После этого вращением маховичка поперечной подачи осуществляется перемещение резца для следующего рабочего прохода.

Применение такого приспособления не только уменьшает время на управление станком, но позволяет увеличить скорость резания в 3-5 раз против обычной, а это соответственно повышает производительность

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

процесса нарезания резьбы и одновременно улучшает чистоту поверхности нарезаемой резьбы.

### 3.2 Назначение и устройство конструкции приспособления

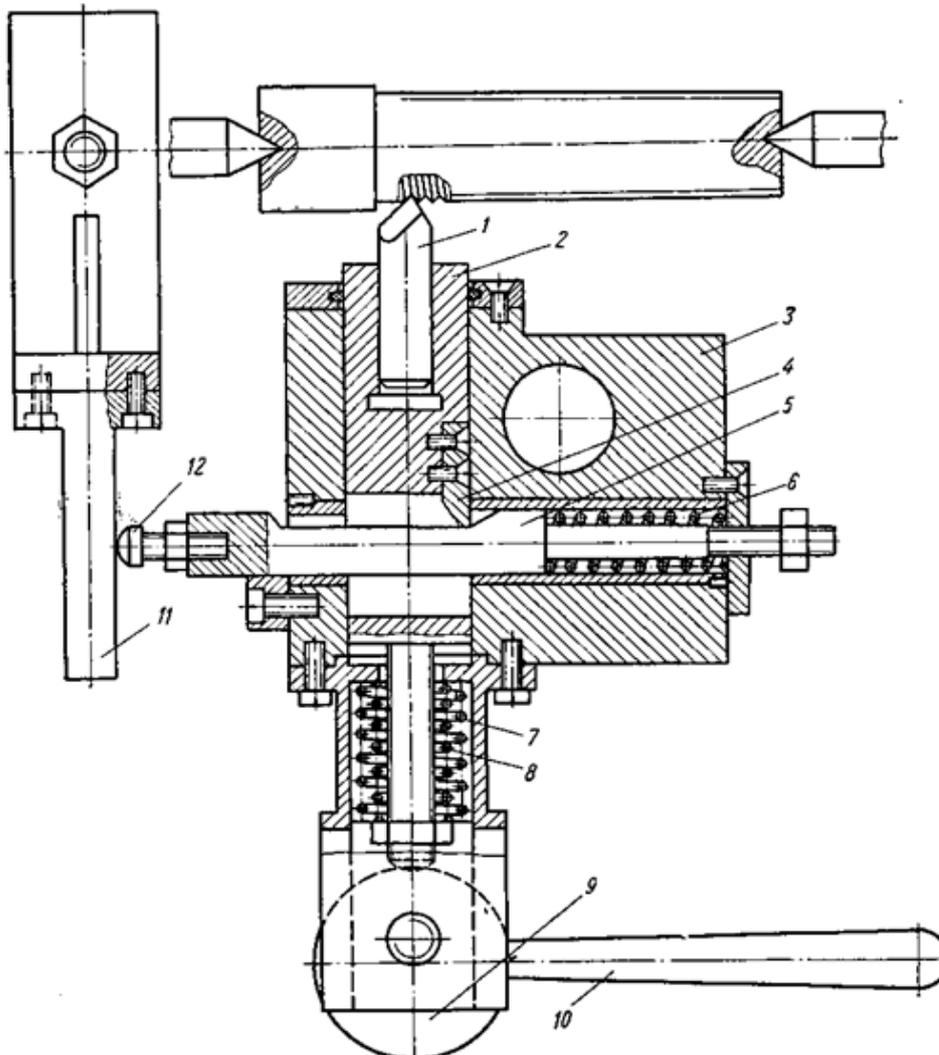


Рис. 3.6 Приспособление для нарезания резьбы

Резьба переднего выходного вала раздаточной коробки имеет шаг 2, относится к классу прочности 5.6, коэффициент запаса прочности  $[S_T]=3,3-5$ . При нарезании резьбы на деталях, в которых по конструктивным соображениям не допускается изготовление канавки для выхода резьбового резца, работа на высоких скоростях неизбежно приводит к поломке резцов. В указанных случаях целесообразно применять специальное приспособление (рис. 3.6) для скоростного нарезания резьбы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ

Лист

14

В корпусе 3 приспособления, устанавливаемого на место резцедержательной головки, находится пиноль 2 с закрепленным на ней сухарем 4. В корпусе монтируют копирный валик 5. Под действием пружин 7 и 8 сухарь 4 постоянно находится в контакте с валиком 5. Перед началом нарезания резьбы сухарь 4 опирается на верхнюю плоскость валика 5, удерживаемого пружиной 6 в крайнем левом положении.

### 3.3 Принцип работы приспособления

В процессе нарезания резьбы, когда суппорт вместе с приспособлением быстро движется по направлению к передней бабке, торец валика 5, с закрепленным в нем регулировочным винтом 12, встречает на своем пути упор 11, который, останавливая валик, тем самым заставляет его перемещаться в корпусе приспособления в направлении, обратном направлению движения суппорта, и сжимать пружину 6 с сухарем 4. Резьбовой резец 1, закрепленный в пиноли 2, плавно начнет выходить из резьбы. На выход резца из резьбы требуется 0,02-0,05 с при продольной подаче суппорта в направлении к передней бабке 40-100 мм/с.

После выхода резца из резьбы выключают маточную гайку (если число ниток нарезаемой резьбы равно числу ниток ходового винта) или переключают фрикцион на обратный ход и, не прикасаясь к лимбу поперечного суппорта, возвращают приспособление в исходное положение. Затем с помощью рукоятки 10 поворачивают эксцентрик 9, который подает пиноль 2 вперед до тех пор, пока сухарь 4 не перестанет касаться валика 5. В этот момент, характеризующийся легким щелчком, пружина 6 возвращает валик 5 в начальное положение. После этого возвращают в исходное положение эксцентрик 9. Когда резец автоматически занял положение, в котором он находился при предыдущем проходе, при помощи рукоятки для поперечной подачи суппорта подают резец на величину глубины резания очередного прохода, после чего проход повторяют.

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

В результате применения приспособления обеспечивается плавный выход резца из резьбы в одной и той же точке детали и уменьшается утомляемость рабочего (так как он не должен улавливать момент начала отвода резца от детали), улучшается качество резьбы и в несколько раз повышается производительность труда.

### 3.4 Расчет пружины на сжатие

Материалы упругих элементов должны обладать высокими упругими свойствами, высокой прочностью при переменных нагрузках. Пружину изготавливают из высокоуглеродистой пружинной 60С2 стали.

Пружины сжатия изготавливают с зазором между витками. Крайние витки пружины всегда поджимают к соседним виткам и шлифуют по плоскости, перпендикулярной продольной оси. Это обеспечивает легкую установку пружины на опорной плоскости и центральное, т.е. строго по оси пружины, направление сжимающей нагрузки. Чтобы предотвратить возможную потерю устойчивости (выпучивание) пружины при соотношениях размеров  $H/D > 3$ , ее рекомендуют устанавливать в направляющем стакане или на стержне. Цилиндрические винтовые пружины сжатия получили наибольшее распространение, так как их форма сочетается с формой валиков, стаканов и других тел вращения.

Пружины сжатия малочувствительны к перегрузкам. Витки пружины при перегрузке полностью сжимаются, и пружина принимает вид жесткого цилиндра.

Расчет цилиндрических винтовых пружин растяжения–сжатия выполняют по условиям прочности витков на кручение. Сортамент, механические свойства стальных углеродистых проволок, используемых для изготовления пружин, приведены в справочниках. Величину допускаемого напряжения материала при сдвиге (кручении) принимают ориентировочно при статической и пульсирующей нагрузке соответственно

$$\tau_{adm} = 0,4\sigma_{ut}; \quad (3.1)$$

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

где  $\sigma_{ut}$  – предел прочности проволоки при растяжении, кгс/мм<sup>2</sup>.

$$\tau_{adm} = 0,4\sigma_{ut} = 0,4 \times 420 = 168 \text{ кгс/мм}^2,$$

Условие прочности в поперечных сечениях витков пружины

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{8F_{max} D_{cp} K_k}{\pi d^3} \leq \tau_{adm}, \quad (3.2)$$

где  $T = (F_{max} \times D_{cp}) / 2$  – крутящий момент;

$F_{max}$  – максимальная нагрузка на пружину;

$W_p = \pi d^3 / 16$  – полярный момент сопротивления поперечного сечения витка;

$K_k = \frac{4c+2}{4c-3}$  – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений

на поверхности витка и зависящий от величины индекса пружины  $c$  ( $c = D_{cp} / d$ );

$d$ ,  $D_{cp}$  – соответственно диаметр проволоки и средний диаметр пружины.

$$\tau = \frac{8 \cdot 150 \cdot 16 \cdot 1,4}{3,14 \cdot 4^3} = 133,7 \leq \tau_{adm}$$

Диаметр проволоки пружины равен:

$$d = \sqrt{\frac{8F_{max} c K_k}{\pi \tau_{adm}}} \quad (3.3)$$

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 150 \cdot 4 \cdot 1,4}{3,14 \cdot 133,7}} = \sqrt{16,01} = 4 \text{ мм}$$

Исходными данными при расчете пружины являются начальная  $F_0$  и максимальная  $F_{max}$  нагрузки, рабочая деформация  $f_p$  и характеристики проволоки: модуль упругости  $G$  и допускаемое напряжение  $\tau_{adm}$  при сдвиге.

Расчет осуществляется в следующем порядке:

1. Выбирают индекс пружины в пределах  $c = 4 \dots 16$ .
2. Определяют диаметр проволоки. Значение  $d$  принимают ближайшее большее по сортаменту, принимаем  $d=4$  мм. Средний и

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

наружный диаметры пружины равны  $D_{cp} = c \cdot d = 4 \cdot 4 = 16 \text{ мм}$ ;

$$D = D_{cp} + d = 16 + 4 = 20 \text{ мм}.$$

3. Вычисляют коэффициент жесткости пружины:

$$k = (F_{max} - F_0) / f_p. \quad (3.4)$$

$$k = (150 - 10) / 30 = 4,6$$

4. Определяют предварительную деформацию пружины:

$$f_0 = F_0 / k. \quad (3.5)$$

$$f_0 = 10 / 4,6 = 2,1 \text{ мм}$$

5. Число витков пружины рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{Gd}{8K_k c^3} \quad (3.6)$$

где  $G$ -модуль сдвига  $\text{кгс/мм}^2$ ;

$d$  - диаметр проволоки, мм;

$C$  - индекс пружины

$$i = \frac{2000 \cdot 4}{8 \cdot 1,4 \cdot 4^3} = 11,1 = 11$$

6. Определяют в недеформированном состоянии длину пружины:

$$H = i(d + e) + h_k + f_{max}, \quad (3.7)$$

$$H = 11(4 + 0,5) + 8 + 32,1 = 89,6 \text{ мм}$$

где  $e = 0,5$  мм – гарантированный зазор между витками пружины сжатия при максимальной деформации;  $h_k = (2 \dots 3) d$  – суммарная толщина нерабочих торцовых витков пружины;  $f_{max} = f_0 + f_p$ .

7. Угол подъема витков пружины равен:

$$\text{пружины сжатия} \quad \text{tg} \alpha = \frac{H - h_k}{\pi D_{cp} i}, \quad (3.8)$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{89,6 - 8}{3,14 \cdot 16 \cdot 11} = 0,147$$

$$\alpha = 8^\circ$$

Этот угол не должен превышать  $\alpha = 11 \dots 12^\circ$ .

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

8. Определяют длину проволоки развернутой пружины:

$$L = \frac{\pi D_{cp}}{\cos \alpha} (i + 2), \quad (3.9)$$

$$L = \frac{3,14 \cdot 16}{\cos 8^{\circ}} (11 + 2) = 63,8 \text{ мм}$$

### 3.5 Расчет силы резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Скорость резания, м/мин, при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v, \quad (3.10)$$

$$V = \frac{30 \cdot 39^{0,24}}{80^{0,08} \cdot 3^{0,25}} \cdot 0,95 = 37,2 \text{ м / мин}$$

где  $D$  – номинальный диаметр резьбы, мм .

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{cv}, \quad (3.11)$$

где:  $K_{Mv}$  — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала  
 $K_{uv}$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента  
 $K_{cv}$  - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

(принимают равным 1,0, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами; и 0,75, если резьба нарезается одним чистовым резцом).

$$K_v = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 = 0.95$$

По расчётной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя. Затем, по принятой паспортной частоте вращения корректируется фактическая скорость резания, которая и участвует в дальнейших расчётах.

Тангенциальная составляющая силы резания  $P_z$ , Н, при нарезании резьбы резцами:

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p, \quad (3.12)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{0.85}}{1,4^3} \cdot 0,9 = 980 \text{ Н}$$

Мощность, кВт, при нарезании резьбы резцами:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \quad (3.13)$$

$$N = \frac{980 \cdot 37,2}{1020 \cdot 60} = 0,6$$

### 3.6 Обеспечение безопасности конструкции

При конструировании нужно обеспечить удобство, безопасность и эстетический вид. [13]

При проектировании были приняты соответствующие технические решения, для выполнения требований обеспечивающих безопасность. В конструктивной части дипломного проекта были произведены расчеты подтверждающие не только работоспособность конструкции, но и безопасность ее использования. Были проведены расчеты деталей на

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

прочность, которые подтвердили что твердость материалов, сопротивления на срез, усилие резания удовлетворяют требованиям.

В процессе разработки конструктивной части были использованы нормативные документы, соответствующие ГОСТы, учебные пособия и другие источники по безопасности. Так же были использованы единые требования безопасности и производственной санитарии к конструкции ремонтно – технологического оборудования, оснастке и технологическим процессам ремонта техники применяемой в сельском хозяйстве.

При работе с приспособлением могут иметь место вредные и опасные производственные факторы, в том числе:

- острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхностях заготовок, оборудования, отходов;
- осколки металла, отлетающие от обрабатываемой детали;
- неисправный инструмент
- недостаточная освещенность рабочей зоны.
- патроны станка с выступающими деталями.
- обрабатываемый предмет.

### **3.7 Разработка инструкции по безопасности труда при эксплуатации приспособления для нарезания резьбы**

#### **ИНСТРУКЦИЯ**

по безопасности труда слесаря при эксплуатации приспособления для нарезания резьбы

#### **Общие требования безопасности**

К выполнению работ с приспособлением для нарезания резьбы (далее – приспособление) допускаются лица, прошедшие инструктаж по вопросам охраны труда (далее – работники).

Работник обязан:

- соблюдать требования настоящей инструкции;

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

-выполнять только ту работу, которая ему поручена, безопасные способы выполнения которой ему известны. При необходимости следует обратиться к руководителю работ за разъяснением;

-не допускать на рабочее место посторонних лиц;

-правильно применять необходимые специальную одежду, специальную обувь и другие средства индивидуальной защиты, а в случае их отсутствия или неисправности немедленно уведомить об этом руководителя работ;

-соблюдать правила поведения, режим труда и отдыха, трудовую дисциплину (отдыхать и курить допускается только в специально оборудованных для этого местах).

Не допускается производить работы, находясь в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном употреблением наркотических средств, психотропных или токсичных веществ, а также распивать спиртные напитки, употреблять наркотические средства, психотропные или токсические вещества на рабочем месте или в рабочее время;

-выполнять требования охраны труда и пожарной безопасности, знать сигналы оповещения о пожаре, порядок действий при пожаре, места расположения средств пожаротушения и уметь пользоваться ими;

-знать приемы оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве;

-знать место расположения аптечки первой медицинской помощи и уметь применять содержащиеся в ней лекарственные средства и изделия медицинского назначения;

-извещать своего руководителя работ о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, замеченных неисправностях оборудования, инструмента и средств защиты или их отсутствии и до их устранения к работе не приступать, об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого заболевания;

-знать и соблюдать правила личной гигиены;

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

- использовать применяемое приспособление по назначению;
- переносить и перевозить инструмент безопасным способом.

В случае невыполнения положений настоящей инструкции работники могут быть привлечены к дисциплинарной, административной, материальной ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации в зависимости от тяжести последствий.

### **Требования безопасности перед началом работы**

Перед началом работы с применением приспособления работник должен:

- Перед каждым включением станка убедиться, что пуск станка никому не угрожает опасностью.

- Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть или подвязать обшлага рукавов, надеть головной убор; женщины должны убрать волосы под косынку, повязанную без свисающих концов

- Проверить, хорошо ли убраны станок и рабочее место, выявить неполадки в работе станка и принять меры по их устранению.

- О неисправности станка немедленно заявить мастеру; до устранения неисправности к работе не приступать.

- Приготовить крючок для удаления стружки, ключи и другой необходимый инструмент. Не применять крючок с ручкой в виде петли.

- Проверить наличие и исправность:

- а) ограждений зубчатых колес, приводных ремней, валиков, приводов и пр., а также токоведущих частей электрической аппаратуры (пускателей, рубильников, трансформаторов, кнопок);

- б) заземляющих устройств;

- в) предохранительных устройств для защиты от стружки, охлаждающих жидкостей;

- г) устройств для крепления инструмента (отсутствие трещин, надломов, прочность крепления пластинок твердого сплава или керамических пластинок, стружколомающих порогов и пр.);

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

д) режущего, измерительного, крепежного инструмента и приспособлений и разложить их в удобном для пользования порядке.

Работать только исправным инструментом и приспособлениями и применять

их строго по назначению.

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условия работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия «виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы» несколько субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При «спокойном» резании высота таких волн и неровностей («продольная шероховатость») не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически *безвибрационным*.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим *заведомо вибрационный*, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать *переходным*, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его *вибрационное™*. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т. д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые *критерии виброустойчивости*.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность

вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку «неудовлетворительно».

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом «удовлетворительно».

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как «хороший».

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку «отлично».

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один — удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще

возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменных станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам «отличных» или «хороших», то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\phi = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 2) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 3) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 4) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, «универсальным» критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является *уменьшение колеблющихся* масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

*Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций*, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, *увеличение сопротивлений* колебательному движению, имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время, виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не

исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение *вынужденных колебаний* достигается прежде всего путем:

- 1) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 2) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 3) регулирования собственной частоты этих звеньев;
- 4) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение *автоколебаний* основано на ослаблении сил возбуждения или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик

технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

## **2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу**

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

1. Во всех случаях *следует избегать снятия широких тонких стружек*. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

2. *Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон*. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

3. При установлении *геометрии инструмента*, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с рв пределах 70—80°;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее

соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако *малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций;*

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.

- Не допускать разбрызгивания масла и жидкости на пол. Для защиты от брызг устанавливать щитки.

### **Требования безопасности при выполнении работы**

- Выполнять указания по обслуживанию и уходу за станками, изложенные в «Руководстве к станку», а также требования предупредительных таблиц, имеющихся на станке.

- Устанавливать и снимать режущий инструмент только после полного останова станка.

- Не работать без кожуха, прикрывающего сменные шестерни.

- Остерегаться срыва ключа, правильно накладывать ключ на гайку и не поджимать им гайку рывком.

- Во время работы станка не брать и не подавать через работающий станок какие-либо предметы, не подтягивать болты, гайки и другие соединительные детали станка.

- Остерегаться наматывания стружки на обрабатываемый предмет или резец, не направлять выходящую стружку на себя. Пользоваться стружколомателем.

- Не удалять стружку от станка непосредственно руками и инструментом, пользоваться для этого специальными крючками и щетками-сметками.

- Следить за своевременным удалением стружки с рабочего места и станка.

- Остерегаться заусенцев на обрабатываемых деталях.

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

-При возникновении вибрации остановить станок. Принять меры к устранению вибрации: проверить крепление резца и детали.

-Обязательно остановить станок и выключить электродвигатель при:

а) уходе от станка даже на короткое время (если не поручено обслуживание двух или нескольких станков);

б) временном прекращении работы;

в) перерыве в подаче электроэнергии;

г) уборке, смазке, чистке станка;

д) обнаружении неисправности в оборудовании;

е) подтягивании болтов, гаек и других соединительных деталей станка;

ж) установке, измерении и съеме детали;

з) проверке или зачистке режущей кромки резца;

и) снятии и надевании ремней на шкивы станка.

-При обработке деталей применять режимы резания, указанные в операционной карте для данной детали.

-Не увеличивать установленные режимы резания без ведома мастера.

-При закреплении детали в кулачковом патроне или использовании планшайб следует захватывать деталь кулачками на возможно большую величину. Не допускать, чтобы после закрепления детали кулачки выступали из патрона или планшайбы за пределы их наружного диаметра. Если кулачки выступают, заменить патрон или установить специальное ограждение.

В кулачковом патроне без подпора центром задней бабки можно закреплять только короткие, длиной не более двух диаметров, уравновешенные детали; в других случаях для подпора пользоваться задней бабкой.

- Во избежание травм из-за инструмента необходимо:

а) включить сначала вращение шпинделя, а затем подачу; при этом

обрабатываемую деталь следует привести во вращение до соприкосновения ее с резцом, врезание производить плавно, без ударов;

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

б) перед остановом станка сначала выключить подачу, отвести режущий инструмент от детали, а потом выключить вращение шпинделя.

- Приспособление отводить на безопасное расстояние при выполнении следующих операций: центровании деталей на станке, зачистке, шлифовании деталей наждачным полотном, опиловке, шабровке, измерении деталей, а при смене патрона и детали отодвигать подальше также задний центр (заднюю бабку).

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условий работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия «виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы» несколько субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и

окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При «спокойном» резании высота таких волн и неровностей («продольная шероховатость») не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически *безвибрационным*.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим *заведомо вибрационный*, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать *переходным*, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его *вибрационное™*. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т. д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые *критерии виброустойчивости*.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку «неудовлетворительно».

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом «удовлетворительно».

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как «хороший».

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку «отлично».

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один — удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо

фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменных станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам «отличных» или «хороших», то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\phi = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 5) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 6) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 7) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, «универсальным» критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является *уменьшение колеблющихся* масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

*Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций*, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, *увеличение сопротивлений* колебательному движению, имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время,

виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение *вынужденных колебаний* достигается прежде всего путем:

- 5) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 6) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 7) регулирования собственной частоты этих звеньев;
- 8) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение *автоколебаний* основано на ослаблении сил возбуждения

или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

## **2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу**

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

4. Во всех случаях *следует избегать снятия широких тонких стружек*. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

5. *Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон*. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

6. При установлении *геометрии инструмента*, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с рв пределах 70—80°;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы

было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако *малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций;*

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.

- После закрепления детали в патроне вынуть торцовый ключ.

- Не тормозить вращение шпинделя нажимом руки на вращающиеся части станка или детали.

### **Требования безопасности в аварийных ситуациях**

В случае возникновения аварийной ситуации следует:

-немедленно устранить источник, вызвавший аварийную ситуацию;

-прекратить все работы, не связанные с ликвидацией аварии;

-принять меры по оказанию первой помощи (если есть потерпевшие);

Во всех случаях травмы или внезапного заболевания необходимо вызвать на место происшествия медицинских работников, при невозможности

– доставить потерпевшего в ближайшую организацию здравоохранения.

-о случившемся сообщить руководителю работ.

Работу можно возобновить только после устранения причин, приведших к аварийной ситуации.

### **Требования безопасности по окончании работы**

По окончании работы работник обязан:

- выключить станок и электродвигатель.

-отключить местное освещение.

-привести в порядок рабочее место:

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

а) очистить приспособление от пыли, грязи и убрать в предназначенное для хранения место;

б) использованную ветошь собрать в металлический ящик с плотно закрывающейся крышкой;

в) очистить спецодежду и другие средства индивидуальной защиты и убрать в специально отведенные для хранения места;

- сообщить руководителю работ обо всех неполадках, возникших во время работы и принятых мерах по их устранению.

По завершении всех работ следует вымыть руки и лицо теплой водой с мылом или аналогичными по действию смывающими средствами (не допускается применять для мытья не предназначенные для этого вещества), при возможности принять душ.

### 3.8 Производственная гимнастика на рабочем месте

Основой типовой схемы физкультпаузы служит положение о том, что те органы и системы организма, которые не принимают активного участия в рабочем процессе, должны получить дополнительную нагрузку, а с утомленных органов и систем напряжение должно быть снято.

На сегодняшний день разработана классификация профессий с учетом физической тяжести и умственной напряженности труда применительно к производственной гимнастике. Все виды трудовой деятельности разделены на 4 группы, для каждой созданы примерные типовые схемы проведения физкультурных пауз.

*Первая группа профессий* включает однообразные, монотонные виды, с небольшими физическими усилиями и малой двигательной активностью. Для работников этой группы в комплексы физкультпаузы подбираются упражнения динамические, с большой амплитудой движений, включающие в активную деятельность все основные мышечные группы и функциональные системы.

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

*Схема физкультпаузы:*

## Упражнения:

- в потягивании;
- для мышц туловища, ног и рук (повороты, наклоны);
- для мышц туловища, ног и рук с большой амплитудой и быстрым темпом выполнения;
- общего воздействия (приседания, ускоренная ходьба, комбинация приседаний с наклоном туловища, движениями рук, ног);
- для мышц туловища, а также ног и рук махового характера;
- на расслабление мышц рук;
- на точность и координацию движений.

Возникновение вибраций при резании нарушает правильное течение технологического процесса, а во многих случаях делает невозможным продолжение работы. Поэтому уже в течение многих лет усилия как работников производства, так и исследователей направлены на борьбу с этим вредным явлением. В последнее время интерес к вопросу устранения вибрации возрос еще больше вследствие необходимости использовать хрупкие материалы для изготовления инструментов, в частности минералокерамику.

Однако лишь после того, как явление вибраций при резании было в некоторой степени изучено, в частности, выявлены причины возникновения колебаний и факторы, его определяющие, оказалось возможным поставить борьбу с вибрациями на твердую почву найти возможные направления такой борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

При исследовании вибраций и оценке различных условий работы с точки зрения возможности возникновения колебаний большое значение имеет четкое определение понятия «виброустойчи-

Мы полагаем, что следует считать недопустимой работу при наличии сколько-нибудь заметных вибраций. Именно такой, казалось бы» несколько

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

субъективный признак является наиболее обоснованным, так как первое влияние, которое оказывают вибрации, это влияние на физическое и психическое состояние рабочего, обслуживающего как данный, так и окружающие станки, шум от вибраций вредно действует на нервную систему и лишает возможности спокойно работать.

Кроме характерного шума, признаком вибрационного режима является наличие волн на поверхности резания, заметных невооруженным глазом или обнаруживаемых при проверке индикатором. При «спокойном» резании высота таких волн и неровностей («продольная шероховатость») не превышает 30 мк.

Если не заметно ни шума, ни следов вибраций, то режим работы при выполнении обычных операций можно считать практически *безвибрационным*.

В противоположность безвибрационному режиму рассматриваем режим *заведомо вибрационный*, при котором слышен резкий звук и на поверхности резания заметны невооруженным глазом волны, высота которых превышает 30 мк.

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать *переходным*, относя его к вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его вибрационности<sup>TM</sup>. Эти характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

Заметим, что при особо качественной чистовой обработке к режиму работы могут быть предъявлены и более высокие требования, заключающиеся главным образом в обеспечении определенной высокой чистоты поверхности.

Условия выполнения работы (режимы резания, инструмент, станок и т.

д.) могут способствовать возникновению вибраций в большей или меньшей степени. Для возможности числовой оценки этой способности необходимо установить некоторые *критерии виброустойчивости*.

В качестве таких критериев могут быть выбраны любые параметры, сильно влияющие на возможность возникновения и на интенсивность вибраций. При этом все параметры, кроме выбранного в качестве критерия виброустойчивости, предполагаются имеющими вполне определенные значения и при испытаниях остаются постоянными; критерий характеризует виброустойчивость в заданных условиях.

Различаем: 1) критерии, относящиеся к оборудованию и к обрабатываемым деталям, 2) критерии, относящиеся к инструменту и к режимам резания.

В качестве критериев могут быть выбраны, например, наибольшая ширина среза, или наибольшая скорость резания, при которых работа может производиться без вибраций. Установив значение такого критерия для заданных условий работы, мы можем составить суждение о степени виброустойчивости системы в этих условиях.

Для испытания на виброустойчивость токарных станков с высотой центров 200 мм был предложен следующий метод

Если при  $t = 1$  мм безвибрационная работа не обеспечивалась, то станок получал оценку «неудовлетворительно».

Если при  $t = 1$  мм вибрации не возникали, но при  $t = 1,5$  мм возникли, то станок оценивался баллом «удовлетворительно».

В случае отсутствия вибраций при  $t = 1,5$  но их наличия при  $t = 3$  мм станок оценивался как «хороший».

Наконец, если вибрации не возникали и при глубине резания  $t = 3$  мм, то станок получал оценку «отлично».

При испытании по такому методу девяти станков лаборатории восемь получили хорошую оценку, один — удовлетворительную. Произведенная оценка, как было указано, относится к станкам с высотой центров 200 мм для

случая продольного обтачивания. Для станков других размеров и других условий обработки значения допустимых глубин резания, соответствующих различным оценкам, изменяются. Желая определить влияние какого-либо фактора на виброустойчивость (например, замены жесткого центра вращающимся), находим наибольшую глубину резания, при которой еще возможна работа без вибраций для обоих условий работы.

Если при неизменных станке и обрабатываемой детали изменяется инструмент или режим резания, то значение наибольшей допустимой глубины резания может быть использовано для оценки виброустойчивости при работе этим инструментом с тем или иным режимом резания. Такие испытания показали, что если станок отнесен к группам «отличных» или «хороших», то при обработке на нем резцами с углом в плане  $\phi = 45^\circ$  и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 8) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 9) если главный угол в плане меньше  $45^\circ$ ;
- 10) если станок не может быть отнесен к группе хороших при испытании по вышерассмотренной методике.

Допускаемая глубина резания  $t_{\text{доп}}$  не может служить единственным, «универсальным» критерием виброустойчивости. Ее использование, как критерия, основано на существовании резко. Почти столь же универсальным средством является *уменьшение колеблющихся* масс в тех случаях, когда облегчение деталей не влечет за собою уменьшения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы.

*Уменьшение сил, являющихся возбудителями вибраций*, внешних при вынужденных колебаниях или внутренних при автоколебаниях, также является одним из общих средств борьбы с вибрациями.

Наконец, *увеличение сопротивлений* колебательному движению,

имеющее следствием усиление рассеивания энергии возбудителей, также способствует обеспечению более спокойной работы. Заметим, что именно на этом принципе основаны конструкции многих, созданных в последнее время, виброгасителей.

Перечисленные общие направления борьбы с вибрациями не исчерпывают всех возможностей в этом направлении. Во многих случаях целесообразный выбор параметров технологической системы, а также правильная постановка технологического процесса могут обеспечить успех дела.

Причины возникновения колебаний при резании многообразны. Поэтому, приступая к борьбе с вибрациями, необходимо прежде всего определить характер явления, в частности, вызвано ли оно влиянием силы резания или является результатом действия других сил. В первом случае необходимо установить, имеет ли сила резания сама по себе колебательные свойства, например, при прерывистом резании, или же она приобретает такие свойства только в связи с возникновением колебаний (автоколебательный процесс). Если мы имеем вынужденные колебания, то, анализируя их частоту, во многих случаях можно найти и источник колебаний. Наблюдение за поведением системы при неработающем станке позволяет установить наличие или отсутствие внешних факторов, обуславливающих возникновение колебаний.

Имеется существенное различие между методами борьбы с вынужденными колебаниями и с автоколебаниями.

Устранение *вынужденных колебаний* достигается прежде всего путем:

9) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;

10) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;

11) регулирования собственной частоты этих звеньев;

12) изоляции станка, на котором производится работа, от влияния внешних воздействий (вибраций соседних станков и т. и.).

Устранение *автоколебаний* основано на ослаблении сил возбуждения или на усилении сопротивлений в системе. То и другое достигается путем изменения режима резания, геометрии инструмента, характеристик технологической системы и, наконец, применением специальных средств борьбы с вибрациями (виброгасителей).

## **2. Выбор режима резания и инструмента, обеспечивающих безвибрационную работу**

При этом мы имеем в виду главным образом вибрации автоколебательного характера.

7. Во всех случаях *следует избегать снятия широких тонких стружек*. При больших глубинах резания и невозможности работы с большими подачами, ввиду недостаточной мощности или жесткости станка, целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность за счет повышения подачи.

8. *Скорость резания должна находиться вне вибрационных зон*. Следует работать либо с низкой скоростью резания, либо с очень высокой. Во многих случаях переход на режимы скоростного резания является лучшим и наиболее простым средством борьбы с вибрациями. Одновременно обеспечивается достижение высокой производительности и хорошей чистоты поверхности.

9. При установлении *геометрии инструмента*, с точки зрения борьбы с вибрациями, целесообразно:

а) выбирать значения углов в плане  $\phi$  и  $\alpha$  возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с рв пределах 70—80°;

б) работать с положительными передними углами: при работе с отрицательными передними углами вибрации усиливаются.

Для повышения стойкости инструмента при положительных передних

углах применять резцы с фаской;

в) радиус при вершине резца делать возможно малым;

г) задний угол выбирать возможно малым, однако таким, чтобы было гарантировано отсутствие сильного трения задней грани об обработанную поверхность. При работе с малыми подачами последнее соображение приводит к необходимости увеличивать задние углы;

д) не работать сильно затупленным инструментом; однако *малое притупление режущей кромки способствует ослаблению вибраций*;

е) вершину резца при наружном обтачивании располагать на высоте центра или несколько выше центра, работать с наименьшим возможным вылетом.

### **Физкультурная минутка**

Относится к малым формам активного отдыха. Это наиболее индивидуальная форма кратковременной физкультурной паузы, которая проводится, чтобы локально воздействовать на утомленную группу мышц. Она состоит из 2-3 упражнений и проводится в течение рабочего дня несколько раз по 1-2 минуте.

Физкультминутки с успехом применяются, когда по условиям организации условий труда и его технологии невозможно сделать перерыв для активного отдыха. Человек может выполнять физические упражнения именно тогда, когда ощущает потребность в кратковременном отдыхе в соответствии со спецификой утомления в данный момент.

Физкультминутки можно проводить в любых условиях, даже там, где нет санитарно-гигиенических условий для их проведения.

### **Микропауза активного отдыха**

Это самая короткая форма производственной гимнастики, длящаяся всего 20-30 секунд.

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Цель микропауз - ослабить общее или локальное утомление путем частичного снижения или повышения возбудимости центральной нервной системы. С этим связано снижение утомления отдельных анализаторных систем, нормализации мозгового и периферического кровообращения.

### **Методика составления и проведения физкультурной минутки и микропаузы активного отдыха**

В физкультминутках общего воздействия первое упражнение связано с распрямлением спины и отведением плеч назад. Второе - наклоны или повороты туловища в сочетании с движениями рук и ног, третье - маховые движения.

Физкультминутки локального воздействия позволяют отдохнуть тем мышечным группам, в которых более всего ощущается усталость. Используются упражнения на расслабление, поскольку именно они способствуют лучшему кровоснабжению мышц, быстрому и полному восстановлению их работоспособности. Кроме этого могут быть применены и некоторые элементы массажа для усиления восстановительного эффекта.

Упражнения для микропауз подбираются по такому же принципу. Время проведения физкультминуток и микропауз определяется самим работающим по субъективным ощущениям, и могут применяться им многократно в течение всего рабочего дня.

### 3.9 Технико –экономическая оценка конструкции

#### 3.9.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле [5]:

$$G=( G_k + G_r ) \cdot K , \quad (3.44)$$

где  $G_k$  – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

$G_r$  – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

$K$  – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов(для расчетов принимается  $K=1,05\dots 1,15$ ).

Таблица 3.2 – Расчет массы сконструированных деталей

Наименование деталей	Объем детали, см <sup>3</sup>	Кол-во, шт	Масса, кг.
Валик копировальный	89,7	1	0,52
Втулка	12,8	1	0,11
Корпус	1244	1	6,74
Крышка	15,2	1	0,130
Крышка передняя	14,1	1	0,12
Упор	134,2	1	0,8
Рукоятка	23,1	1	0,22
Фиксатор	10,8	1	0,07
Эксцентрик	120,2	1	0,76
Всего			9,47

$$G_k = (9,47+20,5) \cdot 1,15=34,46 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость проектируемой установки определяется по формуле:

$$C_b = [G_k \cdot (G_z \cdot E + G_m) + G_{нд} ] \cdot K_{ном} , \quad (3.45)$$

где  $G_k$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$G_3$  – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб;

$E$  – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска;

$C_m$  – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб/кг;

$K_{ном}$  – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости.

$G_{пд}$  – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.

$$C_6 = 9,47 \cdot (0,10 \cdot 1,8 + 10) + 5600 \cdot 1,5 = 8544,60 \text{ руб.}$$

### 3.9.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

Таблица 3.3 – Исходные данные, сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемый	Базовый
Масса конструкции, кг	34,46	36
Балансовая стоимость, руб.	8544,6	20320
Потребная мощность, кВт	11	11
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб/ч.	80	80
Норма амортизации, %	20	20
Норма затрат на ремонт ТО, %	5	5
Годовая загрузка конструкции, ч.	320	320

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции, и дается их сравнение.

Часовая производительность конструкции определяется по формуле[5]:

$$W_q = 60 \cdot \frac{t}{T_y}, \quad (36.46)$$

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

где  $T_{ц}$  – время одного рабочего цикла, час;

$t$  – коэффициент используемого рабочего времени смены ( $t=0,6\dots0,9$ ).

Тогда:

$$W_{ч} = 60 \cdot \frac{0,8}{0,5} = 96 \text{ ед/час},$$

Энергоемкость процесса определяется из выражения:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_e}{W_{ч}}, \quad (3.47)$$

где  $N_e$  – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

$W_{ч}$  – часовая производительность конструкции, ед/час.;

$$\mathfrak{E}_e^{\delta} = \frac{11}{70} = 0,157 \text{ кВт/ед};$$

$$\mathfrak{E}_e^{\pi} = \frac{11}{96} = 0,1 \text{ кВт/ед}.$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле[8]:

$$M_e = \frac{G}{W_{ч} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}}, \quad (3.48)$$

где  $G$  – масса конструкции, кг.

$T_{год}$  – годовая загрузка конструкции, час.

$T_{сл}$  – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^{\delta} = \frac{36}{70 \cdot 320 \cdot 5} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/ед};$$

$$M_e^{\pi} = \frac{34,46}{96 \cdot 320 \cdot 5} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/ед}.$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\delta}}{W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.49)$$

где  $C_{\delta}$  – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^{\delta} = \frac{20320}{70 \cdot 320} = 0,91 \text{ руб/ед};$$

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

$$F_e^n = \frac{8544,6}{96 \cdot 320} = 0,28 \text{руб/ед.}$$

Трудоемкость процесса находится из выражения:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q}, \quad (3.48)$$

где  $n_p$  - количество рабочих, чел.

$$T_e^{\delta} = \frac{1}{70} = 0,014 \text{чел.ч/ед.}$$

$$T_e^n = \frac{1}{96} = 0,010 \text{чел.ч/ед.}$$

Себестоимость работы определяется по формуле:

$$S = C_{зп} + C_{э} + C_{рто} + A, \quad (3.49)$$

Затраты на заработную плату находятся по формуле:

$$C_{зп} = Zч \cdot T_e, \quad (3.50)$$

где  $Zч$  – средняя часовая тарифная ставка, руб/ч.

$$C_{зп}^{\delta} = 80 \cdot 0,014 = 1,12 \text{руб/ед}$$

$$C_{зп}^n = 80 \cdot 0,010 = 0,8 \text{руб/ед}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле[8]:

$$C_{э} = Ц_{э} \cdot Э_{э}, \quad (3.51)$$

где  $Ц_{э}$  – комплексная цена электроэнергии, руб/кВт;

$$C_{э}^{\delta} = 2,43 \cdot 0,157 = 0,382 \text{руб/ед};$$

$$C_{э}^n = 2,43 \cdot 0,11 = 0,267 \text{руб/ед.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяется по формуле:

$$C_{рто} = \frac{C_{\delta} \cdot H_{рто}}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (3.52)$$

где  $H_{рто}$  – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %

$$C_{рто}^{\delta} = \frac{20320 \cdot 5}{100 \cdot 70 \cdot 320} = 0,045 \text{руб/ед};$$

$$C_{рто}^n = \frac{8544,6 \cdot 5}{100 \cdot 96 \cdot 320} = 0,014 \text{руб/ед.}$$

					<i>ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						36
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = \frac{C_{\delta} \cdot a}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}} \quad (3.53)$$

где  $a$  – норма амортизации, %

$$A_{\delta} = \frac{20320 \cdot 20}{100 \cdot 70 \cdot 320} = 0,9 \text{руб/ед};$$

$$A_{п} = \frac{8544,6 \cdot 20}{100 \cdot 96 \cdot 320} = 0,28 \text{руб/л};$$

$$S_{\delta} = 1,12 + 0,3 + 0,045 + 0,9 = 2,365 \text{руб/ед};$$

$$S_{п} = 0,8 + 0,267 + 0,014 + 0,28 = 1,361 \text{руб/ед}$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{прив} = S + E_{н} \cdot F_{е}, \quad (3.54)$$

где  $E_{н}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$F_{е}$  – фондоемкость процесса, руб/ед;

$$C_{прив}^{\delta} = 2,365 + 0,15 \cdot 0,91 = 3,425 \text{руб/ед};$$

$$C_{прив}^{п} = 1,361 + 0,15 \cdot 0,28 = 1,403 \text{руб/ед}, .$$

Годовая экономия определяется по формуле [8;18]:

$$\Delta_{год} = (S_{\delta} - S_{п}) \cdot W_{ч} \cdot T_{год} \quad (3.55)$$

$$\Delta_{год} = (2,365 - 1,361) \cdot 96 \cdot 320 = 30842,88 \text{руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{год} = (C_{прив}^{\delta} - C_{прив}^{п}) \cdot W_{ч} \cdot T_{год} \quad (3.56)$$

$$E_{год} = (3,425 - 1,403) \cdot 96 \cdot 320 = 62115,84 \text{руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{бп}}{\Delta_{год}}, \quad (3.57)$$

где  $C_{бп}$  – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

					ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$T_{\text{ок}} = \frac{8544,6}{30842,88} = 0,28 \approx 0,3 \text{ год.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\text{Э}_{\text{год}}}{C_6}; \quad (3.58)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{30842,88}{8544,6} = 3,6.$$

Таблица 3.4 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, шт./ч	70	96	137
2	Фондоемкость процесса, руб/ед	0,91	0,28	30,7
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	0,157	0,11	70,9
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	68,8
5	Трудоемкость процесса, чел.-ч/ед	0,014	0,010	71,4
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб/ед	2,365	1,361	57,5
7	Уровень приведенных затрат, руб/ед	3,425	1,403	40,1
8	Годовая экономия, руб.	-	30842,88	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	62115,84	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	0,3	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	3,6	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
		A1			ПНР 00.00.00.СБ	Документация Сборочный чертёж	1				
		A4			ПНР 00.00.ПЗ	Пояснительная записка	1				
						<u>Детали</u>					
Справ. №		A3		1	ПНР 00.00.01	Валик копировальный	1				
		A4		2	ПНР 00.00.02	Винт регулировочный	1				
				3	ПНР 00.00.03	Вилка	1				
		A4		4	ПНР 00.00.04	Втулка	1				
				5	ПНР 00.00.05	Втулка направляющая	1				
		A2		6	ПНР 00.00.06	Корпус	1				
		A4		7	ПНР 00.00.07	Крышка	1				
		A4		8	ПНР 00.00.08	Крышка передняя	1				
				9	ПНР 00.00.09	Кронштейн	1				
				10	ПНР 00.00.10	Обойма	1				
				11	ПНР 00.00.11	Ось	1				
				12	ПНР 00.00.12	Пинопль	1				
				13	ПНР 00.00.13	Резец резьбонарезной	1				
		A4		14	ПНР 00.00.14	Рукоятка	1				
		A4		15	ПНР 00.00.15	Сухарь	1				
		A3		16	ПНР 00.00.16	Упор	1				
		A4		17	ПНР 00.00.17	Фиксатор	1				
		A4		18	ПНР 00.00.16	Эксцентрик	1				
								<u>Стандартные изделия</u>			
				19		Болт М6-6д					
						ВКР 23.03.03.034.20 ПНР 00.00.00.ПЗ					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приспособление для нарезания резьбы			Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Галлямов Ф.Ф.			02.02.20						1
	Пров.	Марданов Р.Х.			06.20						
	Н.контр.	Марданов Р.Х.			06.20						
Утв.	Ликмцуплин Г.В.			06.20				Казанский ГАУ, каф. ОИД группа Б261-05 Формат А4			

Копировал

Формат А4