

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

Направление: Агроинженерия

Профиль Технические системы в агробизнесе

Кафедра: Общественно-инженерные дисциплины

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Проектирование технологии изготовления вала ленточного
транспортера с разработкой пневматического зажимного устройства

Шифр: ВКР 35.03.06.067.20

Студент группы Б261-01


подпись

Шаехов И.Х.
Ф.И.О.

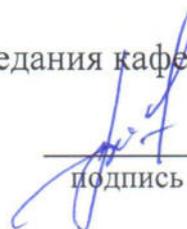
Руководитель доцент
ученое звание


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

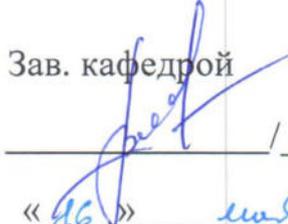
Кафедра Общеинженерные дисциплины

Направление Агроинженерия

Профиль Технический сервис в АПК

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

 / Пикмуллин Г.В. /

«16» мая 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Шаехову Ильмиру Ханифовичу

Тема ВКР: Проектирование технологии изготовления вала ленточного транспортера с разработкой пневматического зажимного устройства

утверждена приказом по ВУЗу от « » 2020 г. №

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 20.06.20

3. Исходные данные к проекту:

Типовые технологические процессы изготовления валов, специальная техническая литература

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

Раздел 1 Характеристика детали

Раздел 2 Разработка технологического процесса изготовления опоры

Раздел 3 Конструирование и расчет установочно-зажимного приспособления

Раздел 4 Безопасность жизнедеятельности

Раздел 5 Экономическое обоснование конструкции

5. Перечень графических материалов _____
 Лист 1 Маршрут обработки _____
 Лист 2 Технологическая карта на мех обработку вала _____
 Лист 3 Классификация причин брака _____
 Лист 4 и 5 Чертежи конструкции приспособления _____
 Лист 6 Экономическое обоснование _____

6. Консультанты по дипломному проекту с указанием соответствующих разделов проекта

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

7. Дата выдачи задания _____ 06.05.20 _____

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 10.06.2020	
4	Раздел 4	до 16.06.2020	
5	Раздел 5	до 20.06.2020	

Студент-дипломник _____  _____ (Шаехов И.Х.)

Руководитель проекта _____  _____ (Марданов Р.Х.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе
Шаехова Ильмира Ханифовича на тему:
Проектирование технологии
изготовления вала ленточного
транспортера с разработкой
пневматического зажимного устройства

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 66 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, шести разделов, выводов и включает 6 рисунков, 17 таблиц, 1 приложение. Список использованной литературы содержит 45 наименований.

В первом разделе изложены основные положения по проектированию производства.

Во втором разделе, на основе данных проведен технологический расчет изготовления вала ленточного транспортера. Произведен расчет основных параметров технологического процесса.

В третьем разделе разработана конструкция пневматического зажимного устройства. Произведены необходимые конструктивные и технологические расчеты. Спроектированы мероприятия по безопасности жизнедеятельности на производстве при металлообрабатывающих работах, дано экономическое обоснование конструкции приспособления. Подсчитан экономический эффект от внедрения и срок окупаемости капитальных вложений.

Записка завершается выводами и предложениями.

ABSTRACT

For the final qualification work of Ilmir Khanifovich Shaekhov on the topic:
design of manufacturing technology of the belt conveyor shaft with the development
of a pneumatic clamping device

The final qualifying work consists of an explanatory note on 66 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of a1 format.

The note consists of an introduction, six sections, conclusions and includes 6 figures, 17 tables, and 1 appendix. The list of references contains 45 titles.

The first section sets out the main provisions for the design of production.

In the second section, based on the data, the technological calculation of the production of the belt conveyor shaft is carried out. The main parameters of the technological process are calculated.

In the third section, the design of a pneumatic clamping device is developed. The necessary design and technological calculations were made, measures are designed for the safety of life in the production of metalworking operations, the economic justification of the device design is given. The economic effect of implementation and the payback period of capital investments are calculated.

The note concludes with conclusions and suggestions.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТАЛИ.....	8
1.1 Основы разработки технологических процессов	8
1.2 Построение технологического маршрута.....	11
1.3 Характеристика детали.....	15
1.4 Выбор типа производства	16
1.5 Выбор метода получения заготовки и его обоснование	17
1.6 Выбор материала заготовки.....	19
1.7 Качественный анализ технологичности вала.....	19
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА	21
2.1 Проектирование металлорежущего инструмента.....	21
2.1.1 Выбор конструктивных параметров сверла для зацентровки .	21
2.2. Выбор и обоснование технологических баз.....	23
2.3 Расчет режимов резания	25
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЗАЖИМНОГО УСТРОЙСТВА.....	38
3.1 Обзор существующих конструкций.....	38
3.2 Проектирование пневматического зажимного устройства	41
3.3 Расчет зажимного приспособления.....	42
3.2. Расчет точности приспособления.....	44
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	47
4.1 Организационно-технические пути предупреждения несчастных случаев при работе на металлорежущих станках	47
4.2 Основные положения по организации воздухообмена.....	51
4.3 Расчет вентилятора	53
4.4 Инструкция по безопасности труда при изготовлении вала	54
5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	58

5.1 Расчет балансовой стоимости приспособления.....	58
5.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции.....	60
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	64
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	65
ПРИЛОЖЕНИЯ... ..	70

ВВЕДЕНИЕ

Объектом технологии машиностроения является технологический процесс, а предметом - установление и исследование внешних и внутренних связей, закономерностей технологического процесса. Только на основе их глубокого изучения возможно построение прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих изготовление изделий высокого качества с минимальными затратами.

Современная технология развивается по следующим основным направлениям: создание новых материалов; разработка новых технологических принципов, методов, процессов, оборудования; механизация и автоматизация технологических процессов, устраняющая непосредственное участие в них человека. Технологический процесс и орудия труда тесно взаимосвязаны. Если осуществление технологического процесса порождает необходимость изготовления орудий труда, являясь причиной их появления, то развитие и совершенствование орудий труда в свою очередь стимулирует совершенствование самого процесса. Формирование технологии машиностроения как отрасли знания началось с появлением крупного машиностроения. Современное предприятие должно быть способным быстро переходить на выпуск новых изделий повышенного качества с минимальными издержками. Сложность решения этой задачи усугубляется тем, что номенклатура выпускаемых изделий и объемы серий в определенной степени являются непредсказуемыми.

В связи с непрерывно растущими требованиями к качеству изделий, быстрой смене выпускаемых изделий непрерывно растет объем технологической подготовки производства в единицу времени. Таким образом, возникает проблема, заключающаяся в том, что технолог в современных условиях должен выполнять в единицу времени не только больший объем работ, но и делать ее на более качественном уровне.

Итак, проектирование технологического процесса является важнейшим этапом производства продукции, который влияет на весь жизненный цикл товара и способен стать определяющим при принятии решения о производстве того или иного продукта.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТАЛИ

1.1 Основы разработки технологических процессов

Современное производство характеризуется широким внедрением новой техники и передовой технологии. Чтобы обеспечить дальнейший быстрый научно-технический прогресс, необходимо постоянно совершенствовать процесс производства, внедрять передовой опыт, повышать производительность труда, снижать себестоимость продукции.

Как известно, в основе производственного процесса лежит технологический процесс. Поэтому создание прогрессивных технологических процессов — важнейшее мероприятие для решения ответственных задач, стоящих перед работниками промышленности, — делать больше, лучше и с меньшими затратами.

При проектировании (разработке) технологических процессов решаются задачи, которые определяют не только качество и себестоимость изделий, но и производительность труда. Таким образом, создание передовых технологических процессов способствует также организации высокопроизводительного труда на каждом рабочем месте.

При проектировании технологических процессов необходимо стремиться к тому, чтобы они отражали последние достижения техники и новаторов производства в данной отрасли промышленности, обеспечивая минимальные затраты производства и высокое качество продукции. При этом необходимо предусмотреть рациональный выбор материала заготовки и припусков на ее обработку, последовательности операций обработки и ее методов, оборудования, приспособлений и инструмента, установочных баз, способов закрепления заготовки, а также способов и средств контроля, которые обеспечивали бы высококачественное изготовление деталей.

На технологический процесс существенное влияние оказывают программа выпуска деталей и технические условия на их изготовление. Поэтому при проектировании технологических процессов необходимо

учитывать количество изготавливаемых деталей, требования, предъявляемые к материалу и точности деталей и шероховатости их поверхностей.

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;
- 2) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 3) если главный угол в плане меньше 45° ;
- 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 ϕ и α возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы с *в* 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.

1.2 Построение технологического маршрута

Разработка технологических процессов является трудоемкой и кропотливой работой, требующей значительной затраты времени и высокой квалификации технологов. Поэтому в заводской практике не для всякого типа производства разрабатывают полный комплект технологической документации. В условиях индивидуального производства нецелесообразно на каждую деталь, изготавливаемую в одном или нескольких экземплярах (штуках), разрабатывать подробную технологию.

Маршрутная карта (МК) является обязательным технологическим документом как для изготовления опытного образца, так и для установочной серии и установившегося серийного или массового производства. В зависимости от характера и вида производства МК составляют по одной из двух форм (сокращенная и подробная).

Маршрутная карта, как отмечалось выше, предназначена для описания технологического процесса изготовления и контроля изделий по всем операциям в технологической последовательности. В ней указываются наименование металла, его марка, твердость, номер стандарта или ТУ на материал, из которого изготавливают деталь, и обозначение материала по классификатору. В отдельных графах приводятся масса детали и заготовки, вид заготовки (отливка, поковка, штамповка), ее профиль и размеры, количество деталей, получаемых из одной заготовки, норма расхода материала и количество деталей, одновременно запускаемых в производство.

Приводится также обозначение цеха, в котором производится операция, номер участка, конвейера или поточной линии.

Операции обработки (номера, наименование, содержание) указываются в технологической последовательности изготовления и контроля изделия. Указываются также наименование; обозначение и инвентарный номер оборудования, приспособлений и инструмента; количество рабочих, занятых на операции; разряд работы, выполняемой на операции; обозначение

тарифной сетки, определяющей условия работы (например, горячие, холодные и др.); обозначение вида нормы (расчетной, хронометражной, опытно-статистической); нормы и расценки штучного и подготовительно-заключительного времени на операцию. Таким образом, на основании сведений, помещенных в МК легко проследить маршрут любой детали по цеху (вплоть до склада).

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° ;
- 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 ϕ и α возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы *срв* 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.

Выбор оборудования, режущего, вспомогательного и измерительного инструментов. Рациональный выбор оборудования для выполнения той или иной операции обработки имеет первостепенное значение для экономичной, высокопроизводительной и качественной работы. При этом необходимо пользоваться паспортами на имеющееся оборудование (станки) либо специальными каталогами, в которых приводятся техническая характеристика и другие данные, необходимые для установления возможности выполнения операции обработки на том или ином станке. Важное значение имеет производительность мощность станка, его точность и соответствие габаритным размерам обрабатываемых заготовок, возможность применения прогрессивного инструмента и оснастки. Различают станки широкого профиля (универсальные), специализированные и специальные.

В единичном (индивидуальном) и мелкосерийном производстве механическая обработка осуществляется обычно на универсальном оборудовании. При этом на одном станке может выполняться несколько операций. Применяемые приспособления также отличаются универсальностью (тиски, прихваты, угольники и т.п.). Основным оборудованием в цехах массового и крупносерийного производства являются автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки, многошпиндельные сверлильные и фрезерные станки, автоматические и полуавтоматические линии, обеспечивающие высокую производительность труда.

Одновременно с выбором оборудования (станка) необходимо правильно запроектировать нужное приспособление. Простые универсальные приспособления (патроны, оправки, тиски и т. п.) целесообразно применять в единичном и мелкосерийном производстве. Однако при этом целесообразно пользоваться лимбами, упорами и другими приспособлениями для

сокращения вспомогательного времени. Высокопроизводительные быстродействующие приспособления (пневматические, гидравлические, электромагнитные и др.) применяют в массовом и крупносерийном производстве. Мерилом целесообразности применения того или иного приспособления является наименьшая себестоимость обработки заготовки заданной операции.

Выбор режущего инструмента обуславливается характером обработки, заданными классом точности и шероховатости поверхности, типом станка, материалом обрабатываемой заготовки, количеством обрабатываемых деталей в партии. Режущий инструмент должен обеспечивать наибольшую производительность труда при удовлетворении всех технических требований к качеству и точности обрабатываемой детали. Материалом для режущей части инструмента являются металло- и минералокерамические материалы, алмазы, быстрорежущие и инструментальные стали. Каждый из инструментальных материалов имеет свою оптимальную область применения. Твердосплавные инструменты обеспечивают высокую производительность труда при обработке высокотвердых материалов, черных, цветных металлов и пластмасс. Алмазные инструменты применяются для чистовой и отделочной обработки.

1.3 Характеристика детали

Изделие располагается в нижней части редуктора и передает вращение транспортеру в его верхней точке крепления. Вал соединяется с зубчатым колесом транспортера подвижной цепной передачей. Вал работает в условиях агрессивной среды и часто ломается. Поэтому приходится его изготавливать заново в условиях хозяйства.

Отклонение от номинальной величины прямолинейности размера не должно превышать 0,115 мм.

Невыполнение этого условия может привести к затруднению сборки узла.

Отклонение от перпендикулярности поверхности вала относительно торцовых поверхностей не должно превышать 0,05 мм.

Несоблюдение этого условия может привести к перекосу детали при сборке, вследствие чего возможно возникновение внутренних напряжений.

Отклонение от перпендикулярности посадочных поверхности относительно поверхности упора подшипников не должно превышать 0,05 мм.

Несоблюдение этого условия приведет к повышенному износу детали, заклиниванию при работе.

Отклонение от симметричности цилиндрических поверхности относительно поверхности не более 0,2 мм.

Несоблюдение этого условия может привести к повышенному износу и уменьшению срока службы детали.

Отклонение номинальной величины диаметров не должно превышать 0,087 мм.

Несоблюдение этого условия может привести к затруднению сборки и работы узла.

Контроль производить штангенциркулем ШЦ-05 ГОСТ 166-80.

Отклонение от номинальной величины размера под манжетное уплотнение не должно превышать 0,062 мм.

Несоблюдение этого условия может привести к повышенному износу, трению.

Контроль осуществлять микрометром рычажным ГОСТ 6507-78.

1.4 Выбор типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о.}$.

Условно различают три основных типа производства: массовое, серийное и единичное.

Приняты следующие коэффициенты серийности:

- для массового производства - $K_{з.о.} = 1...2$;
- для крупносерийного - $K_{з.о.} = 2...10$;
- для среднесерийного - $K_{з.о.} = 10 \div 20$;
- для мелкосерийного - $K_{з.о.} = 20...40$;
- для единичного - $K_{з.о.} > 40$.

В базовом хозяйстве в станочном отделении имеется 25 рабочих мест. Хозяйство изготавливает 118 наименований деталей и на одну деталь в среднем приходится по 8 операций, то есть

$$K_{зо} = \frac{118 \cdot 8}{25} = 37,76 \quad (1.1)$$

Таким образом, производство является мелкосерийным.

1.5 Выбор метода получения заготовки и его обоснование

Рассмотрим два варианта изготовления данной детали: прокат и поковка.

1. Коэффициент использования материала:

$$K_{им1} = M_{\partial 1} / M_{з1} = 2,146 / 8,83 = 0,24; \quad (1.2)$$

$$K_{им2} = M_{\partial} / M_{з2} = 29,3 / 2,146 \cong 0,1. \quad (1.3)$$

2. Трудоемкость изготовления t_H детали для нового варианта:

$$t_H = t_B \cdot \sqrt{(M_H / M_B)^2}; \quad (1.4)$$

t_B - трудоемкость по базовому варианту, мин;

M_H , M_B - масса заготовки, кг при новом и базовом варианте.

$$t_H = 380 \cdot \sqrt{29,3^2 / 8,83^2} = 1463 \text{ мин.} \quad (1.5)$$

3. Снижение материалоемкости, кг:

$$\Delta M = (M_B - M_H) \cdot N_G; \quad (1.6)$$

N_G - годовой объем выпуска детали, шт;

$$\Delta M = (29,3 - 8,83) \cdot 400 = 10068 \text{ кг}. \quad (1.7)$$

4. Себестоимость C изготовления детали:

$$C = M_O + Z_O; \quad (2.8)$$

Стоимость основных материалов:

$$M_O = M_3 \cdot C_M \cdot K_{TP} - M_{ОТХ} \cdot C_O \cdot 10^{-3}; \quad (1.9)$$

M_3 - масса заготовки по варианту, кг;

C_M - стоимость материала заготовки, руб/кг;

K_{TP} - коэффициент транспортных расходов ($K_{TP} = 1,04 \dots 1,08$ для черных металлов и $K_{TP} = 1,0 \dots 1,02$ для других);

$M_{ОТХ}$ - масса отходов на одну деталь, кг;

$$M_{O_1} = 8,83 \cdot 220 \cdot 1,02 - 6,68 \cdot 15 = 2230,92 \text{ руб}; \quad (1.10)$$

$$M_{O_2} = 29,3 \cdot 220 \cdot 1,02 - 31,85 \cdot 15 = 8507,25 \text{ руб}. \quad (1.11)$$

Заработная плата основных рабочих:

$$Z_O = K_{BH} \cdot K_{ПР} \cdot 1,25 \cdot \sum_{i=1}^m t_{шт} \cdot C_ч; \quad (1.12)$$

$K_{BH} = 1,18$ - коэффициент выполнения норм;

$K_{ПР} = 1,2 \dots 1,4$ - коэффициент, учитывающий премирование;

1,25 - коэффициент отчисления по социальному страхованию;

$t_{шт}$ - штучное время на операцию;

$C_ч$ - часовая тарифная ставка, руб;

$$Z_{O_1} = 1,18 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 380 \cdot 25/60 = 303,6 \text{ руб}; \quad (1.13)$$

$$Z_{O_2} = 1,18 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1463 \cdot 25/60 = 1168,8 \text{ руб}; \quad (1.14)$$

$$C_1 = 2230,92 + 303,6 = 2534,5 \text{ руб}; \quad (1.15)$$

$$C_2 = 8507,25 + 1168,8 = 9676,05 \text{ руб}. \quad (1.16)$$

Экономия по себестоимости:

$$\Delta C = (C_1 - C_2) \cdot N_2; \quad (1.17)$$

$$\Delta C = (2534,5 - 9676,05) \cdot 400 = 2,8 \text{ млн руб за год.}$$

Вывод: проведя данный анализ можно сделать вывод, что штампованная заготовка по экономическим затратам на много выгоднее заготовки полученной из поковки.

1.6 Выбор материала заготовки

Материал заготовки выбираем Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71. Легированная сталь обладает ценнейшими свойствами, которых нет у углеродистой стали и не имеет ее недостатков. Применение легированной стали, повышает долговечность изделия, увеличивает производительность за счет увеличения режимов резания. Легирующие элементы оказывают, разностороннее влияние на свойства стали. Хром повышает твердость, уменьшает ржавление; никель дает высокую прочность и пластичность, повышает коррозионную стойкость.

Химический состав Стали 40ХН ГОСТ 4543-71

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
				не более			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,45-0,75	0,30	0,30	0,035	0,035

Определяем коэффициент использования материала.

$$m_{\partial} = 1,49$$

$$m_3 = 2,32$$

$$K = 1,49 / 2,32 = 0,64$$

1.7 Качественный анализ технологичности вала.

№	Требования технологичности	Характеристика технологичности
---	----------------------------	--------------------------------

1	2	3
1.	Деталь должна изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок.	Технологична
2.	Свойства материала детали должны удовлетворять существующей технологии изготовления, хранения и транспортировки.	Технологична
3.	Конструкция детали должна обеспечить возможность применения типовых, групповых или стандартных технологических процессов.	Технологична
4.	Конструкция детали должна обеспечивать возможность многоместной обработки.	Технологична
5.	Возможность обработки максимального количества диаметров высокопроизводительными методами и инструментами.	Технологична
6	Перепад диаметров шеек должен быть минимальным. Диаметры шеек должны убывать от середины к торцам вала или от одного торца к другому.	Нетехнологична
7.	При наличии резьб на концах вала предпочтение следует отдавать внутренней резьбе.	Технологична
8.	Отсутствие глубоких отверстий малого диаметра.	Технологична
9.	Форма конструктивных элементов детали (КЭД) – фасок, канавок и т.п. Элементов должна обеспечивать удобный подвод инструмента.	Технологична
10	Унификация КЭД для использования при обработке станков с программным управлением.	Технологична
11	С целью использования роботов, конструкция должна иметь поверхности удобных для захвата.	Технологична

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 $\angle \rho = 45^\circ$ 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° ;
- 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 ϕ и α 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.

Вывод: деталь вала имеет конструкцию, которую надо признать технологичной, т.к. удовлетворяет 89% требований при отработке конструкции на технологичность.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА

2.1 Проектирование металлорежущего инструмента

Для получения поверхности детали под звездочку цепной передачи проектируется специальный металлорежущий инструмент - резец с напаянными твердосплавными пластинами и с направляющим элементом. Отличительной особенностью такого резца является то, что он обеспечивает точную обработку поверхности вала, а также обеспечивает одновременное снятие фаски и более высокую шероховатость поверхности.

Альтернативным металлорежущим инструментом может стать резец из быстрореза P18. Но для реализации такого варианта необходимо предусмотреть заготовка была изготовлена из более мягкого материала с последующей термообработкой детали, что повысит ее стоимость.

2.1.1 Выбор конструктивных параметров сверла для зацентровки

Определяем режим резания по нормативам:

- глубина резания $t = 3$ мм;
- находим подачу на оборот $S = 0,6$ мм/об;
- скорость главного движения резания определяем по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot k_v$$

где D - диаметр режущего инструмента, равный 35 мм;

T - период стойкости инструмента, равный 50 мин;

t - глубина резания, мм;

S - подача на оборот, мм/об;

$$V = \frac{10 \cdot 25^{0,6}}{50^{0,45} \cdot 3^{0,3} \cdot 0,6} \cdot 0,5 = 7,1 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^g \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p$$

где $g = 2,2$; $x = 1,0$; $y = 0,8$, $k_p = 1.47$ [7],

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.012 \cdot 35^{2.2} \cdot 0.6^{0.1} \cdot 1.47 = 877 \text{ Н.}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p$$

где $x = 1,0$; $y = 0,75$, $k_p = 1.16$

$$P_0 = 10 \cdot 42 \cdot 3 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 1.16 = 996,4 \text{ Н}$$

Осевую составляющую силы резания можно разложить на две силы:

1. Q действующую нормально к образующей конуса
2. Силу R - действующую в радиальном направлении и уравновешивающую реакцию на противоположной точке поверхности конуса.

Сила Q создает касательную составляющую T силы резания; с учетом коэффициента трения поверхности конуса о стенки втулки μ :

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т.е. к моменту, создающемуся при работе затупившимся инструментом, который увеличивается до трех раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы инструмента.

По ГОСТ 25577 -82 выбираем ближний ближайший больший конус, т.е. конус Морзе №3.

3. Конструктивные элементы принимаем по ГОСТ14953-80: длина рабочей части 30мм; длина оправки 124,7мм; общая длина инструмента 196 мм; длина инструмента без направляющего элемента 190 мм.

4. Твердый сплав пластины для обработки титанового сплава BT22 принимаем T15K6, форму 2515 по ГОСТ7209 -82 или форму 21 по ГОСТ 25400 -82. В качестве припоя принимаем латунь Л63. Корпус из ст40х по ГОСТ 4543-81.

5. Технические требования для, оснащенной пластинами из твердого сплава, принимаем по ГОСТ12509 - 75.5.

2.2. Выбор и обоснование технологических баз.

Базой называется поверхность или совокупность поверхностей, ось, точку детали или сборочные единицы по отношению, к которой ориентируются другие детали изделия или поверхности детали, образуемые или собираемые на данной операции.

По назначению базы подразделяются на конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторские базы разделяются на основные и вспомогательные, учет которых при конструировании имеет существенное значение.

Основная база определяет положение самой детали в изделии, а вспомогательная база – положение присоединяемой детали относительно данной.

Технологической базой называют поверхность, определяющую положение детали в процессе их изготовления.

Измерительной базой называют поверхность, определяющую положение детали и средств контроля.

По числу лишаемых деталь степеней свободы базы делят на: направляющие, опорные, установочные.

Для повышения точности обработки а, следовательно и лучших эксплуатационных результатов следует стремиться к выполнению принципа постоянства баз, заключенного в сохранении базовых

поверхностей во время всей обработки детали и принципе совмещения баз конструкторских, измерительных и технологических и поверхностей.

В зависимости от служебного назначения все поверхности детали по ГОСТ 21495-76 подразделяются на основные, вспомогательные, исполнительные и свободные.

Основные поверхности – это поверхности, с помощью которых определяют положение данной детали в изделии.

Вспомогательные поверхности – это поверхности, определяющие положение всех присоединяемых деталей относительно данной.

Исполнительные поверхности - это поверхности, выполняющие служебное назначение детали.

Свободные поверхности - это поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей и предназначенные для соединения основных, вспомогательных и исполнительных поверхностей между собой с образованием совместно необходимой для конструкции формы детали.

2.3 Расчет режимов резания

Выбор оборудования

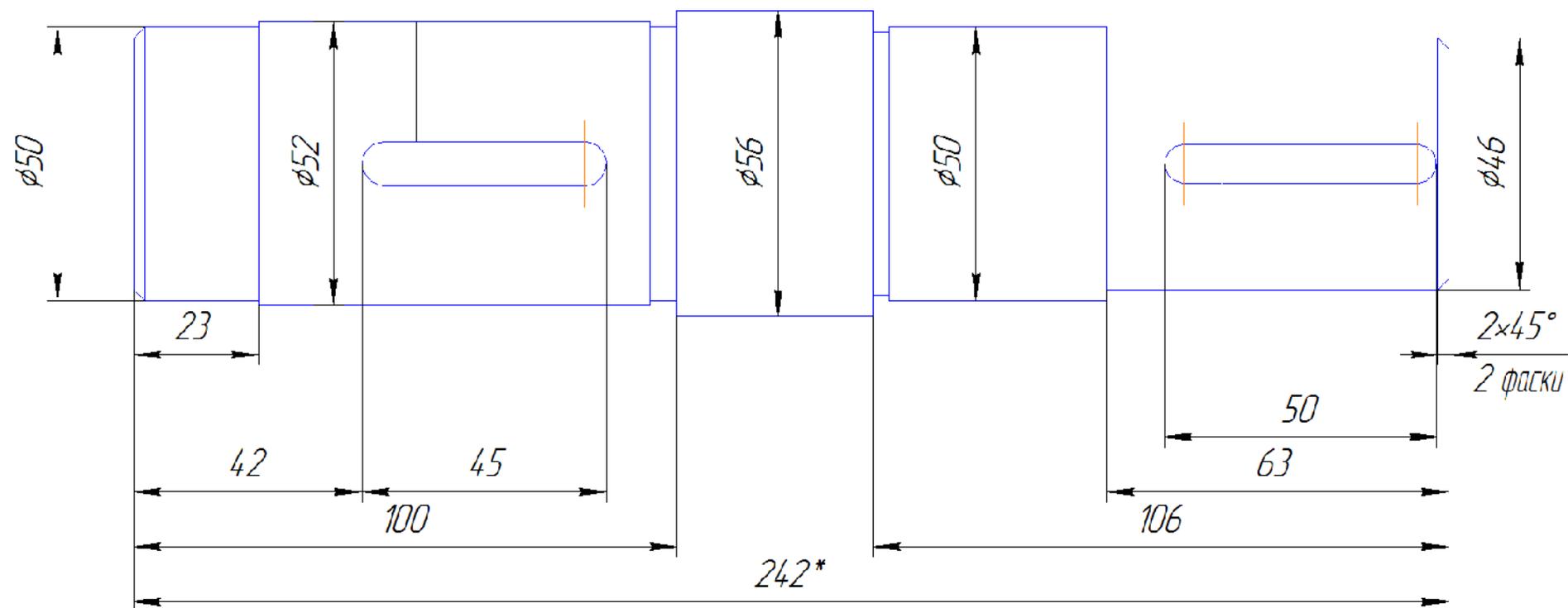
Для токарной операции выбираем универсальный токарно-винторезный станок 1К-62

Техническая характеристика токарно-винторезного станка 1К-62.

Высота центров	200 мм
Максимальный диаметр обработанной заготовки	400мм
Расстояние между центрами (макс)	1400 мм
Число оборотов шпинделя	800-1000-1250-1600-2000 об/мин
Продольные подачи	0.075+4.46
Поперечные подачи	0.075+2.23

Мощность электродвигателя	10 кВт
КПД привода	0.85
Вес станка	2400 кг
Габариты	1166-1355-2785

.



Маршрутная карта

№ операции	Содержание операции	Оборудование	Приспособление
005	<u>Заготовительная</u> Отрезать заготовку $\phi 60$ длиной 250 мм.	Токарно-винторезный станок 1К62	Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80 Центр А-1-2-Н ГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70
010	<u>Токарная</u> Подрезать и зацентровать два торца. Точить поверхности: $\phi 56$ на длине 242, $\phi 50$, выдерживая размер 106, $\phi 46$ выдерживая размер 63, снять фаски и точить канавки согласно чертежу. $\phi 52$ на длине 100, $\phi 50$ на длине 23	Токарно-винторезный станок 1К62	Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80 Центр А-1-2-Н ГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70
015	<u>Фрезерная</u> Фрезеровать шпоночные канавки согласно чертежу	Универсально-фрезерный станок 6Н82	Тиски ГОСТ 2546-89
020	Контрольная		Контрольное приспособление

Операционная карта

№ перехода	Содержание перехода	Режущий и измерительный инструмент	Технологический эскиз
1	005 Токарная Установить и закрепить заготовку на станке		
2	Точить поверхность ①, выдерживая размер ②	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
3	Точить поверхность ③, выдерживая размер ④	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
4	Точить поверхность ⑤, выдерживая размер ⑥	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
5	Точить поверхность ⑦, выдерживая размер ⑧	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
6	Точить поверхность 9, выдерживая размер 10	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
7	Снять фаску 11	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
8	Отрезать деталь на длину ② согласно эскизу	Резец 2660-0503-15 ГОСТ 18876-73 щуп	
9	Повернуть деталь и закрепить согласно эскизу		
10	Снять фаску 12	Резец 2100-0572 ГОСТ 18869-73 штангенциркуль ШЦ-125-01	
1	015 Фрезерная Установить деталь на станке		
2	Фрезеровать пазы	Фреза канцелярская ГОСТ 2657-98	
1	020 Контрольная Измерить и проконтроли- ровать все размеры		

Выбор инструмента

Выбираем резец прямой проходной.2100-0565 с сечением 25X16 по ГОСТ 18869 – 73

Его характеристика методика стр.30-31 [табл.10-11]

Выбираем твердый сплав режущего инструмента T15 K6

Главный угол в плане $\varphi = 45$

Черновое точение $\varphi_1 = 10$

$\lambda = 5$ Резец 16×25 Радиусное превышение $r=1$

1. 005. Токарная
2. Переход 2 Точить поверхность 1
3. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2},$$

где D_1 и D_2 - диаметры поверхности соответственно, обрабатываемой (в начале обработки) и конечной согласно чертежу или эскизу;

$$h = \frac{55 - 52}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

4. Находим глубину резания t и число проходов i .
 $t=0,75$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{1,5}{0,75} = 2.$$

5. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для черновой обработки для стали рекомендуется $0,3 \div 0,8$ и выбираем $s=0,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Но корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,52 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

6. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=30$ мин.

7. Определяем скорость резания v_p .

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

Где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки;

m – показатель относительной стойкости;

T – стойкость резца;

x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент, который представляет собой произведение отдельных поправочных коэффициентов;

Сталь $\sigma_B = 750$ МПа, 1К62 без охлаждения $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v},$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{\varphi v}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла резца в плане φ .

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,76;$$

$$K_{nv} = 0,9; K_{uv} = 1; K_{\varphi v} = 0,7;$$

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,48;$$

$$v = \frac{350 \cdot 0,48}{30^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 114 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

8. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 55} = 660 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение n_p корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

9. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 630}{1000} = 109 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

10. Определяем силу резания P_z .

Сила резания P_z определяется по формуле (Приложение 2):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

где C_p – коэффициент, характеризующий металл и условия его обработки;
 x, y – показатели степеней при глубине резания и подаче;

n – показатель степени при скорости резания;

K_p – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{z p};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,2;$$

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{z p} = 1,04;$$

$$K_p = 1,2 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 = 1,1;$$

$$C_p = 300; x=1; y=0,75; n=0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 109^{-0,15} \cdot 1,1 = 715 \text{ Н.}$$

11. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{60000} = \frac{715 \cdot 109}{60000} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Мощность на шпинделе стана принимается с учётом КПД механических передач станка от электродвигателя до шпинделя, значение которого дано в паспортных данных станка.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Для осуществления обработки мощность на шпинделе должна превышать резания

$$N_{\text{шт}} \geq N_p;$$

$$7,5 \text{ кВт} \geq 1,3 \text{ кВт.}$$

12. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + y + \Delta)}{n \cdot s};$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

i – число проходов резца;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

Δ – перебег резца, мм ($\Delta=1 \div 3$);

y – величина врезания резца, мм.

$$y = t \cdot \text{ctg } \varphi,$$

где φ – главный угол в плане резца;

$$y = 0,75 \cdot \text{ctg } 90^\circ = 0;$$

$$T_o = \frac{362 \cdot 2}{630 \cdot 0,5} = 2,3 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_v=2,5$ мин.

I. 005. Токарная

2. Переход 3 Точить поверхность 3

3. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2},$$

где D_1 и D_2 – диаметры поверхности соответственно, обрабатываемой (в начале обработки) и конечной согласно чертежу или эскизу;

$$h = \frac{52 - 48}{2} = 2 \text{ мм.}$$

4. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=1$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{2}{1} = 2.$$

5. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для чистовой обработки при $R_a = 1,25$ мкм и $r=1,2$ для стали выбираем $s=0,17$ м/мин

Корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,17 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

6. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=30$ мин.

7. Определяем скорость резания v_p .

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где $K_v C_v$ – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки;

m – показатель относительной стойкости;

T – стойкость резца;

x, y – показатели степени;

C_v – общий поправочный коэффициент, который представляет собой произведение отдельных поправочных коэффициентов;

Сталь $\sigma_b = 750$ МПа, 1К62 без охлаждения $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v},$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{\varphi v}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла резца в плане φ .

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,76;$$

$$K_{nv} = 0,9; K_{uv} = 1; K_{\varphi v} = 0,7;$$

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,48;$$

$$v = \frac{350 \cdot 0,48}{30^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,17^{0,35}} = 161 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

8. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 161}{3,14 \cdot 52} = 986 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение n_p корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n=1000 \text{ мин}^{-1}$.

9. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 1000}{1000} = 163 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

10. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + y + \Delta)}{n \cdot s},$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

i – число проходов резца;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

Δ – перебег резца, мм ($\Delta=1 \div 3$);

y – величина врезания резца, мм.

$$y = t \cdot \text{ctg } \varphi,$$

где φ – главный угол в плане резца;

$$y = 1 \cdot \text{ctg } 90^\circ = 0;$$

$$T_o = \frac{328 \cdot 2}{1000 \cdot 0,17} = 3,84 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_E=2,5$ мин.

II.

1. 005. Токарная

2. Переход 4 Точить поверхность 5

3. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2},$$

где D_1 и D_2 - диаметры поверхности соответственно, обрабатываемой (в начале обработки) и конечной согласно чертежу или эскизу;

$$h = \frac{48 - 32}{2} = 8 \text{ мм.}$$

4. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=2$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{8}{2} = 4.$$

5. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для чистовой обработки при $R_a = 2,5$ мкм и $r=1,2$ для стали выбираем $s=0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,26 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

6. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=30$ мин.

7. Определяем скорость резания v_p .

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки;

m – показатель относительной стойкости;

T – стойкость резца;

x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент, который представляет собой произведение отдельных поправочных коэффициентов;

Сталь $\sigma_B = 750$ МПа, 1К62 без охлаждения $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v},$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{\varphi v}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла резца в плане φ .

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,76;$$

$$K_{nv} = 0,9; K_{uv} = 1; K_{\varphi v} = 0,7;$$

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,48;$$

$$v = \frac{350 \cdot 0,48}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,26^{0,35}} = 127 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

8. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 127}{3,14 \cdot 48} = 843 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение n_p корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

9. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 800}{1000} = 121 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

10. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + y + \Delta)}{n \cdot s};$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

i – число проходов резца;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

Δ – перебег резца, мм ($\Delta=1\div 3$);

y – величина врезания резца, мм.

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

где φ – главный угол в плане резца;

$$y = 2 \cdot \operatorname{ctg} 90^\circ = 0;$$

$$T_o = \frac{248 \cdot 4}{800 \cdot 0,25} = 4,96 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_b = 2,5$ мин

1. 005. Токарная
2. Переход 5 Точить поверхность 7
3. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2},$$

где D_1 D_1 и D_2 - диаметры поверхности соответственно, обрабатываемой (в начале обработки) и конечной согласно чертежу или эскизу;

$$h = \frac{32 - 20}{2} = 6 \text{ мм.}$$

4. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=2$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{6}{2} = 3.$$

5. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для чистовой обработки при $R_a = 1,25$ мкм и $r=1,2$ для стали выбираем $s=0,17 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,17 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

6. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=30$ мин.

7. Определяем скорость резания v_p .

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки;

m – показатель относительной стойкости;

T – стойкость резца;

x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент, который представляет собой произведение отдельных поправочных коэффициентов;

Сталь $\sigma_b = 750$ МПа, 1К62 без охлаждения $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;
 $m = 0,20$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v},$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{\varphi v}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла резца в плане φ .

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,76;$$

$$K_{nv} = 0,9; K_{uv} = 1; K_{\varphi v} = 0,7;$$

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,48;$$

$$v = \frac{350 \cdot 0,48}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,17^{0,35}} = 144 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

8. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 144}{3,14 \cdot 32} = 1433 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение n корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n_d частоты вращения. По паспорту 1К62 $n_d = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

9. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$n = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 1600}{1000} = 161 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

10. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + y + \Delta)}{n \cdot s} ;$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

i – число проходов резца;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

Δ – перебег резца, мм ($\Delta=1 \div 3$);

y – величина врезания резца, мм.

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi ,$$

где φ – главный угол в плане резца;

$$y = 2 \cdot \operatorname{ctg} 90^\circ = 0 ;$$

$$T_o = \frac{52 \cdot 3}{1600 \cdot 0,17} = 0,57 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_b = 2,5$ мин

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЗАЖИМНОГО УСТРОЙСТВА

3.1 Обзор существующих конструкций

Станочными приспособлениями в машиностроении называют дополнительные устройства к металлорежущим станкам, применяемые для установки и закрепления деталей, обрабатываемых на металлорежущих станках. Выбор станочных приспособлений зависит от формы, габаритных размеров и технических требований, предъявляемых к обрабатываемым деталям, а также от типа производства и программы выпуска изделий. По типу станков приспособления разделяются на токарные, сверлильные, фрезерные и т. д. По степени специализации приспособления разделяют на универсальные, переналаживаемые (групповые) и специальные. По степени механизации и автоматизации приспособления разделяют на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические. Универсальные приспособления разделяют на безналадочные и наладочные.

Обработка изделий, изготовленных из различных материалов, включает в себя целый спектр работ. Однако для получения лучшего результата деталь должна быть не только удобно установлена, но и надёжно закреплена. Именно с этой целью когда-то были придуманы, а затем и усовершенствованы тиски — приспособление, состоящее из корпуса и двух зажимных губок. Фиксация изделий обычно осуществляется путём вращения рукоятки винта или с помощью различных механизмов: клиновых, диафрагменных, эксцентриковых и др. Существуют и пневматические параллельные тиски, в которых для перемещения и прижатия подвижной губки используется сжатый воздух.

					<i>ВКР 35.03.06.067.20 ПЗУ 00.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Шаехов И.Х.</i>		<i>06.10</i>	<i>Проектирование станочного приспособления</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Марданов Р.Х.</i>		<i>06.10</i>			1	9
<i>Н. Контр.</i>		<i>Марданов Р.Х.</i>		<i>06.10</i>	<i>Казанский ГАУ каф. ОИД группа Б261-01</i>			
<i>Утвердил</i>		<i>Пикмцлин Г.В.</i>		<i>06.10</i>				

В зависимости от сферы применения различают тиски слесарные и тиски станочные.

Станочные тиски. Тиски станочные предназначены для жесткого закрепления деталей при фрезеровании, сверлении, строгании и др. операциях, осуществляемых на станках. В случаях, когда изделие требуется зафиксировать под определенным углом, тиски устанавливают на поворотную платформу, обеспечивающую свободное вращение вокруг вертикальной оси. После выбора нужной позиции зажимной инструмент притягивается к основе специальными болтами. Поворотная основа — удобное вспомогательное устройство, однако она несколько снижает жесткость конструкции, поэтому использовать её следует только при необходимости.

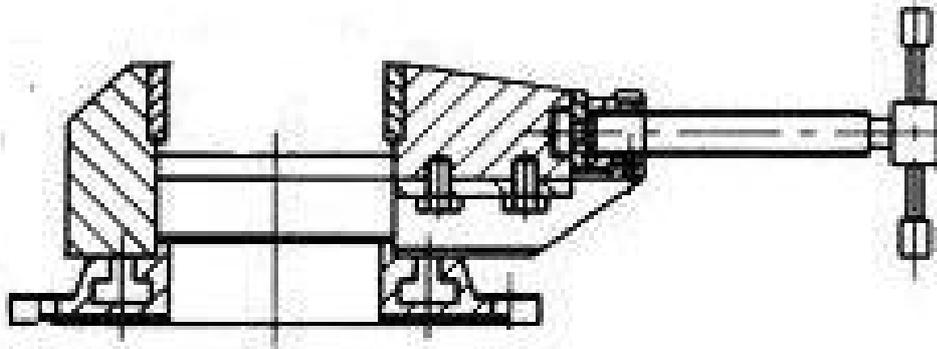


Рисунок 3.1 – Станочные тиски

Для установки обрабатываемой детали под углом к плоскости стола применяются синусные тиски. С учётом нужного угла по специальной формуле рассчитывается высота проставки (базовый набор этих изделий обычно входит в комплект, а дополнительные изготавливаются по мере необходимости), которая затем вставляется на подвижной части между нижней опорой и цилиндрической втулкой.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						2

который будет перемещать губки тисков. В зависимости направления хода штока губки будут сжиматься или разжиматься.

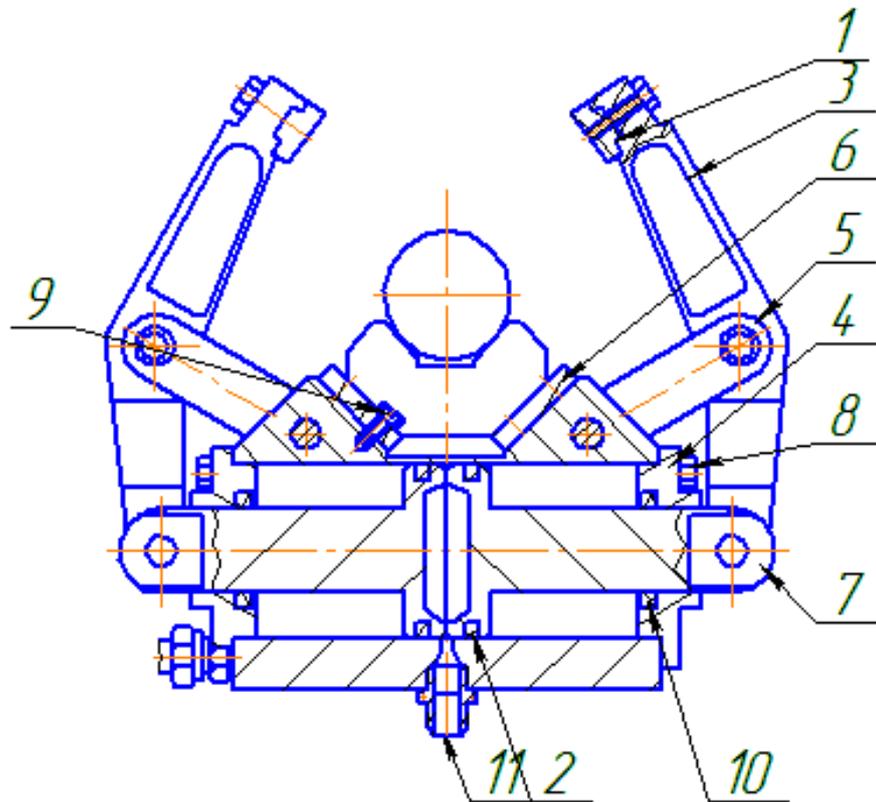


Рисунок 3.4 Пневматическое зажимное устройство

3.3 Расчет зажимного приспособления

Операция: токарная подрезка торца втулки высотой $H = 50$ мм и диаметром $D = 120$ мм до диаметра $d = 80$ мм. Припуск на обработку (на сторону) $t = 2$ мм.

Сила резания $P = 840$ Н. Для зажима заготовки на данной операции предлагается применить трехкулачковый пневматический самоцентрирующийся рычажный патрон, осуществляющий зажим от вращающегося пневматического цилиндра двустороннего действия.

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Необходимо рассчитать основные элементы патрона и пневмоцилиндра, выбрать и описать их конструкцию и технические требования к ним.

Порядок расчета патрона и пневмоцилиндра.

Определяем силу привода для зажима обрабатываемой заготовки, т. е. силу, передаваемую штоком пневмоцилиндра:

$$Q = W_0 \cdot n \cdot K' \cdot \left(1 + \frac{3l}{l_1} f_1 \right) \cdot \frac{a}{b}, \quad (3.1)$$

где W — требуемая сила зажима на каждом кулачке:

$$W_0 = P_z \cdot \frac{\sin(\alpha/2) \cdot D_1}{n \cdot f \cdot D} \cdot K, \quad (3.2)$$

где: n — количество кулачков ($n = 3$);

$K' = 1,05$ - коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне;

l — вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы зажима (конструктивно $l = 40$ мм);

l_1 — длина направляющей части кулачка (при зажиме заготовки диаметром $l_1 = 120$ мм в патроне с наружным диаметром 250 мм $l_1 = 65$ мм);

$f_1 = 0,1$ — коэффициент трения в направляющих кулачках;

a и b — плечи рычага привода до оси штока (конструктивно $a = 20$ мм и $b = 100$ мм);

$P = 840$ Н — сила резания;

$\alpha = 90^\circ$ — угол призмы кулачка (при радиусных кулачках $\sin \alpha/2 = 1$);

D_1 — диаметр обрабатываемой поверхности (при подрезке торца $D_{1\max} = 120$ мм);

f — коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков (с гладкой поверхностью $f = 0,25$; с кольцевыми канавками $f = 0,35$; с крестообразными канавками $f = 0,45$; с зубьями параллельно оси патрона $f = 0,8$);

$D = 120$ мм - диаметр зажимной поверхности;

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

k — коэффициент запаса, определяется применительно к конкретным условиям обработки по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.3)$$

где $K_0 = 1,5$ — гарантированный коэффициент запаса;

K_1 — коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (для необработанной заготовки $K_1 = 1,2$; для предварительно обработанной заготовки $K_1 = 1$): принимаем $K_1 = 1,2$;

$K_2 = 1 \dots 1,9$ — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от затупления инструмента: принимаем $K_2 = 1$;

$K_3 = 1 \dots 1,2$ — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании: принимаем $K_3 = 1$;

K_4 — коэффициент, учитывающий постоянство сил зажима (для механических, пневматических приводов $K_4 = 1$; для ручных тисков $K_4 = 1,3 \dots 1,6$) откуда получаем:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.$$

Подставив цифровые значения величин в формулы (3.1) и (3.2), получим

$$W_0 = 840 \cdot \frac{1 \cdot 120}{3 \cdot 0,35 \cdot 120} \cdot 1,8 = 1440H;$$

$$Q = 1440 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 40}{65} \cdot 0,1 \right) \cdot \frac{20}{100} = 1180H,$$

Передаваемая штоком сила (Н) в пневмоцилиндрах двустороннего действия равна:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.4)$$

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где D — диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;

p — давление воздуха в сети, МПа (принимаем $p = 39,3$ МПа);

$\eta=0,85$ — КПД.

Так как значение силы Q известно, определяем диаметр поршня цилиндра и выбираем ближайший больший стандартный размер пневматического вращающегося цилиндра по формуле

$$D = 1.44 \sqrt{\frac{Q}{p}}. \quad (3.5)$$

Выбираем ближайший больший цилиндр с диаметром $D=100$ мм.

Основные технические требования, предъявляемые к пневматическим цилиндрам, выбирают из справочника [14]

3.2. Расчет точности приспособления

При фрезеровании торца втулки требуется обеспечить отклонение от перпендикулярности поверхности относительно поверхности плиты приспособления. Для выполнения этого условия необходимо рассчитать с какой точностью должна быть выполнена при сборке приспособления параллельность поверхности приспособления относительно стола станка, т.е. с каким допуском должен быть выполнен параметр γ .

Расчет ведем по методике изложенной в [5].

Определяем необходимую точность приспособления по параметру u :

1. Определяем погрешность базирования

$$\omega_6 = \frac{T}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.6)$$

2. Погрешность закрепления $\omega_3=0,04$.

3. Погрешность установки фактическая $\omega_6 + \omega_3 = 0,15$ мм.

4. Суммарная погрешность обработки:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						8

3.3 Организационно-технические пути предупреждения несчастных случаев при работе на металлорежущих станках

Актуальность проблем безопасности при работе на металлорежущих станках особенно велика в связи с большим контингентом рабочих, занятых обработкой резанием металлов и неметаллических материалов. Причины несчастных случаев различные, конструктивные недостатки отдельных моделей станков, недостатки в организации труда, нарушения инструкций по технике безопасности и правил внутреннего распорядка работающими.

При создании принципиально новых технологических процессов необходимо предвидеть возможность появления новых опасных факторов и на основе прогноза предусматривать соответствующие средства обеспечения безопасности.

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

						Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 вибрационностиTM. 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 $\phi_p = 45^\circ$ 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° ;
- 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 ϕ_r и α возможно большими. В условиях систем малой жесткости (обтачивание тонких валов, растачивание) следует выбирать углы ϕ_r 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*;

Посредством вентиляционных струй можно обеспечивать в определенных зонах помещения заданные параметры воздушной среды, существенно отличающиеся от таковых в окружающем пространстве; создавать воздушные завесы, препятствующие врыванию в помещение холодного воздуха; применять устройства, способствующие сдуву вредных веществ к месту организованного их удаления. Тепловые (конвективные) струи, формирующиеся вблизи ступи поверхностей оборудования, имеющих температуру, отличающуюся от температуры окружающего воздуха, также могут оказывать существенное влияние на распределение вредных веществ в помещении.

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

						Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 $\phi_p = 45^\circ$ 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;
- 5) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 6) если главный угол в плане меньше 45° ;
- 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 ϕ_r и ϕ^{\wedge} 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.

Таким образом, для обоснованной организации воздухообмена в производственных помещениях необходимо знание закономерностей

формирования и развития вентиляционных и тепловых струй и создаваемых ими циркуляционных течений.

3.5 Расчет вентилятора

Одним из важных мероприятий обеспечивающих охрану здоровья рабочих и высокую производительность, является вентиляция. Расчет вентиляции сводится к определению мощности на привод вентилятора и марки вентилятора.

Мощность электродвигателя подсчитывают по следующей формуле:

$$N_{\epsilon} = \frac{W_{\epsilon} \cdot H_{\epsilon} \cdot \beta}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (3.1)$$

где N_{ϵ} – мощность электродвигателя, кВт;

H_{ϵ} - напор вентилятора, мм.вод.ст. (колеблется от 100 до 200 в зависимости от вредности цеха);

W_{ϵ} - производительность вентилятора, м³/ч;

η_{ϵ} коэффициент полезного действия вентилятора, (0,5 – 0,6) [19];

β - коэффициент запаса мощности, (1- 1,5).

Производительность вентилятора подсчитывают исходя из объема помещения и кратности обмена воздуха:

$$W_{\epsilon} = V_0 \cdot K, \quad (3.2)$$

где V_0 – объем цеха, м³;

K – кратность обмена воздуха, ч⁻¹.

Кратность обмена для механического цеха может быть принята следующей: $K=(4 - 6)$;

$$W_{\epsilon} = 137 \cdot 5 = 685 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$N_{\epsilon} = \frac{685 \cdot 100 \cdot 1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ кВт.}$$

						Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.8 Нельзя работать на неисправном и не имеющем необходимых ограждений станке. Не производить ремонт и переделку станка самостоятельно

3.9 Применять только исправные гаечные ключи соответствующих размеров

3.10 Не мыть руки в масле, эмульсии, керосине и не вытирать их обтирочными концами, загрязненными стружкой

3.11. Не принимать пищу у станка

3.12. Не оставлять свою одежду на рабочем месте

3.13. Не работать без кожуха, прикрывающего сменные шестерни

3.14. Не разрешать уборщику убирать у станка во время его работы

3.15. Не опираться на станок во время его работы и не позволять делать это другим

4. Требования безопасности при аварийных ситуациях.

4.1. При возникновении аварийной ситуации необходимо немедленно остановить станок путем выключения электропитания двигателя.

4.2. При необходимости уметь оказать первую помощь пострадавшему

5. Требования безопасности по окончании работы.

5.1. Обесточить станок.

5.2. Привести в порядок рабочее место.

5.3. Снять спец. одежду, обувь, помыть руки и принять душ.

6. Ответственность.

За нарушение требований безопасности данной инструкции и производственной санитарии станочник несет дисциплинарную, материальную и уголовную ответственность.

Разработал: Нигматзянов А.И.

Согласовано:

специалист по безопасности труда

						Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.7 Экономическое обоснование конструкции приспособления

Расчет балансовой стоимости приспособления

Экономический эффект от применения приспособлений определяют путем сопоставления годовых затрат и годовой экономии для сравниваемых вариантов обработки деталей. Годовые затраты состоят из амортизационных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию приспособления. Годовая экономия получается за счет снижения трудоемкости изготовления обрабатываемых деталей, т. е. за счет сокращения затрат на заработную плату рабочих-станочников и уменьшения цеховых накладных расходов.

Применение приспособления экономически выгодно в том случае, если годовая экономия от его применения больше годовых затрат, связанных с его эксплуатацией. Экономическая эффективность применения любого приспособления определяется также величиной срока окупаемости, т. е. срока, в течение которого затраты на приспособление будут возмещены за счет экономии от снижения себестоимости обрабатываемых деталей.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях с целью достижения высокой точности обрабатываемых деталей применяют приспособления независимо от их экономической эффективности.

При технико-экономических расчетах, производимых при выборе соответствующей конструкции приспособления, необходимо сопоставлять экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для конкретной операции обрабатываемой детали. Считая, что расходы на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию для этих вариантов одинаковы, определяют и сравнивают лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления.

Масса приспособления определяется по формуле:

$$G_m = (G_k + G_p) \cdot K, \text{ кг} \quad (3.6)$$

где G_k – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_p – масса готовых узлов и агрегатов, кг;

						Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K - коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкций монтажных материалов

$$K = 1,05 \dots 1,15$$

Массу сконструированных деталей, узлов и агрегатов заносим в таблице 3.4

Таблица 3.4-Расчет массы сконструированных узлов

Наименование Детали	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг
1	2	3	4
Корпус	894	$7,8 \times 10^{-3}$	1,97
Рычаг	192	$7,8 \times 10^{-3}$	0,49
Крышка	257	$7,8 \times 10^{-3}$	0,23
Шток	276	$7,8 \times 10^{-3}$	0,75
Копир	1025,6	$7,8 \times 10^{-3}$	0,15
Всего	—	—	3,79

$$G_m = (3,79 + 5,85) \times 1,15 = 11,086 \text{ кг}$$

Для определения стоимости конструкции машин воспользуемся способом аналогии по сопоставимости массы

$$C_{\delta_1} = \frac{C_{\delta_2} \times G_{np} \times \sigma}{G_2}, \text{ руб} \quad (3.5)$$

где $C_{\delta_1}, C_{\delta_2}$ – балансовая стоимость проектируемой и старой конструкции, руб. ;

G_2, G_{np} – масса старой и проектируемой конструкции ;

σ – коэффициент удействление конструкции ($\sigma = 0,9 \dots 0,95$)

$$C_{\delta_1} = \frac{35000 \times 11,086 \times 0,95}{8,8} = 41\,887 \text{ руб.}$$

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

В таблицу 3.7 заносим исходные данные для расчета

Таблица 3.7 -Исходные данные для расчета

Наименование	Исходные	Проект
Масса конструкции, кг.	8,8	11,086
Балансовая стоимость, руб.	35000	41887
Количество обслуживающего персонала, чел	IV 53	IV 53
Разряд работы	16	16
Тарифная ставка, руб. чел/ч	14,2	14,2
Норма затрат на ремонт и ТО, %	10	10
Норма амортизации, %	1200	1150
Годовая загрузка, час.	1,28	1,89
Часовая производительность	1,23	1,34
Мощность установки, кВт		

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_e = N_e / W_{\text{ч}}, \quad (3.3)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт

$$\mathcal{E}_{ec} = \frac{1,23}{1,28} = 0,96 \text{ кВт ч/шт};$$

$$\mathcal{E}_{епр} = \frac{1,34}{1,89} = 0,7 \text{ кВт ч/шт.}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \times T_{\text{год}} \times T_{\text{сл}}}, \quad (3.4)$$

где G – масса, кг;

					Лист
					22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$T_{год}$ –соответственно, годовая загрузка, шт.;

$T_{сл}$ –срок службы, лет.

$$M_{ec} = \frac{8,8}{1,28 \cdot 1200 \cdot 10} = 0,0006 \text{ кг/шт.};$$

$$M_{епр} = \frac{11,086}{1,89 \cdot 1150 \cdot 10} = 0,0005 \text{ кг/шт.}$$

Фондоемкость процесса (общая):

$$F_e = \frac{C_{\delta}}{W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.5)$$

где C_{δ} – балансовая стоимость, руб

$$F_{ec} = \frac{35000}{1,28 \cdot 1200} = 22,7 \text{ руб.};$$

$$F_{епр} = \frac{41887}{1,89 \cdot 1150} = 16,1 \text{ руб.}$$

Себестоимость работы выполняемой с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте:

$$S = C_{зн} + C_{\delta} + C_{рто} + A, \quad (3.6)$$

где $C_{зн}$ – затраты на оплату труда, руб./шт.;

C_{δ} – затраты на изготовление, руб./ед.;

$C_{рто}$ –затраты на ремонт и техническое обслуживание.

Затраты на заработную плату определяется по формуле:

$$C_{знс} = Z \cdot T_e = 60 \cdot \frac{1}{1,28} = 46,8, \text{руб/шт.};$$

$$C_{знпр} = 60 \cdot \frac{1}{1,89} = 31,74 \text{ руб/шт.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяется из выражения:

$$C_{рто} = \frac{C_{\delta} \cdot N_{рто}}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.7)$$

где $N_{рто}$ – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %

$$C_{рто} = \frac{35000 \cdot 14,2}{100 \cdot 1,28 \cdot 1200} = 3,23 \text{ руб./шт.};$$

$$C_{рто_n} = \frac{41887 \cdot 14,2}{100 \cdot 1,89 \cdot 1150} = 2,73 \text{ руб./шт.}$$

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Затраты на амортизацию определяется из выражения:

$$A = \frac{C_{\delta} \cdot a}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.8)$$

где a – норма амортизации, %

$$A_c = \frac{35000 \cdot 10}{100 \cdot 1,28 \cdot 1200} = 2,27 \text{ руб/ед};$$

$$A_{np} = \frac{41887 \cdot 10}{100 \cdot 1,89 \cdot 1150} = 0,19 \text{ руб/ед};$$

$$S_c = 46,8 + 350 + 2,23 + 2,27 = 401,3 \text{ руб/шт.};$$

$$S_{np} = 31,74 + 300 + 2,27 + 0,19 = 334,2 \text{ руб/шт.}$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{прив} = S + E_n \cdot K_{уд} = S + E_n \cdot F_e, \quad (3.9)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,15$;

$K_{уд}$ – удельные капитальные вложения, руб/ед .

$$C_{прив c} = 401,3 + 0,15 \cdot 22,7 = 404,7 \text{ руб/шт.};$$

$$C_{прив np} = 334,2 + 0,15 \cdot 16,1 = 336,6 \text{ руб/шт.}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{год} &= (S_c - S_{np}) \cdot W_{ч} \cdot T_{год}; \\ (5.10) \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_{год} = (401,3 - 334,2) \cdot 1,89 \cdot 1150 = 145841,8 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$E_{год} = (C_{прив c} - C_{прив np}) \cdot W_{ч} \cdot T_{год}, \quad (3.11)$$

$$E_{год} = (404,7 - 336,6) \cdot 1,89 \cdot 1150 = 148015,3 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{C_{\delta 0}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (3.12)$$

где $C_{\delta 0}$ – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб

$$T_{ок} = \frac{41887 - 35000}{145841,8} = 0,04 \text{ год.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{\delta 1}}; \quad (3.13)$$

						Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E_{эф} = \frac{145841,8}{41887} = 3,48.$$

Таблица 3.8 Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

Наименование показателей	Базовый (исходный)	Проектируемый
Часовая производительность, шт./ч	1,28	1,89
Фондоемкость процесса, руб./шт.	22,7	16,1
Энергоемкость процесса, кВт час/шт.	0,96	0,7
Металлоемкость, т/шт.	0,0006	0,0005
Уровень эксплуатационных затрат, руб./шт.	401,3	334,2
Уровень приведенных затрат, руб./шт.	404,7	336,6
Годовая экономия, руб.	—	145841
Годовой экономический эффект, руб.	—	148015,35
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	—	0,04
Коэффициент эффективности доп. капитальных вложений	—	3,48

По результатам вычислений видно, что конструкция является экономически эффективной.