

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

Направление: Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профиль: Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования

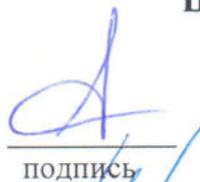
Кафедра: Общеинженерные дисциплины

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

На тему: Проект реконструкции слесарно-механического цеха с
разработкой приспособления для точения конусов

Шифр: ВКР 23.03.03.269.20

Студент группы Б252-04


подпись

Хайруллин Ф.Д.
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

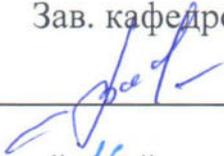
Направление: Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профиль: Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования

Кафедра: Общепрофессиональные дисциплины

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой


/ Пикмуллин Г.В. /

« 16 » мая 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Хайруллину Фариту Динаровичу

1. Тема: Проект реконструкции слесарно-механического цеха с разработкой приспособления для точения конусов

утверждена приказом по вузу № ____ от _____ 2020г.

2. Срок сдачи студентом законченной работы 18.06.20

3. Исходные данные:

Типовые проекты сборочных участков, специальная техническая литература

4. Перечень подлежащих разработке вопросов _____

Раздел 1 Основные положения по проектированию производства

Раздел 2 Проектирование слесарно-механического цеха

Раздел 3 Конструкторский раздел

5. Перечень графических материалов _____

Лист 1 План цеха

Лист 2 Обзор конструкций

Лист 3 Недостатки

Листы 4 и 5 Чертежи конструкции приспособления

Лист 6 Экономическое обоснование

6. Консультанты 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 _____ 12.06.20 _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов	Срок выполнения	Примечание
1	Раздел 1	до 20.05.2020	
2	Раздел 2	до 30.05.2020	
3	Раздел 3	до 12.06.2020	

Студент

 _____ (Хайруллин Ф.Д.)

Руководитель

 _____ (Марданов Р.Х.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе
Хайруллина Фарита Динаровича на
тему: «Проект реконструкции слесарно-
механического цеха с разработкой
приспособления для точения конусов»

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 83 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 8 рисунков, 5 таблиц, 1 приложение. Список использованной литературы содержит 50 наименований.

В первом разделе приводятся основные положения по организации производственного процесса.

Во втором разделе спроектирован слесарно-механический цех.

В третьем разделе разработана конструкция приспособления для точения конусов. Произведены необходимые конструктивные и технологические расчеты.

В четвертом разделе разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

В пятом разделе дано экономическое обоснование применения разработанного приспособления, подсчитан экономический эффект от внедрения и срок окупаемости капитальных вложений.

Записка завершается выводами и предложениями.

ABSTRACT

for final qualifying work of Hayrullin Farit Dinarovich on the theme: "The reconstruction project of metalwork-mechanical shop with the development of devices for turning of cones»

The final qualifying work consists of an explanatory note on 83 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 8 figures, 5 tables, 1 Annex. The list of references contains 50 titles.

The first section provides the basis for the development of technological processes.

In the second section the technology of production of brake pads is designed.

In the third section the design of the device for turning cones is developed. The necessary design and technological calculations have been made.

The fourth section developed measures for life safety.

In the fifth section, the economic justification for the application of the developed device is given, the economic effect of the introduction and the payback period of capital investments is calculated.

The note concludes with conclusions and suggestions.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1.ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА.....	9
1.1 Общие положения	9
1.2 Пути интенсификации технологических процессов	12
1.3 Оперативно-производственное планирование.....	14
2. ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	17
2.1 Планировка слесарно-механического цеха	17
2.1.1 Размещение станков в производственном участке.....	17
2.1.2 Заготовительный участок.....	23
2.1.3 Заточной участок	24
2.1.4 Контрольный участок.....	25
2.1.5 Склад материалов и заготовок	25
2.1.6 Инструментально-раздаточный склад.....	27
2.1.7 Уточнение плана станочного отделения	28
2.2 Организация рабочих мест.....	29
2.3 Технологические расчеты	32
2.3.1 Расчет потребного количества инструмента и приспособлений	32
2.3.2 Определение необходимого количества основных рабочих.....	35
2.3.3 Определение необходимого количества вспомогательных рабочих	36
2.4 Организация технического контроля.....	36
2.5 Определение потребной площади цеха.	41
2.5.1 Определение величины производственной площади, занимаемой станками $S_{СТ}$	41
2.5.2 Определение площади, необходимой для складирования заготовок $S_{ЗАГ}$ и готовых деталей $S_{ДЕТ}$	42

2.5.3 Расчет площади, занимаемой ИТР $S_{ИТР}$ и работниками ОТК $S_{ОТК}$	42
2.5.4 Определение потребной площади цеха $S_{уч}$	42
2.6 Определение способа уборки стружки	42
2.7. Назначение средств межоперационного транспорта	43
2.8 Выбор длины и ширины цеха, ширины пролета. Составление схемы расчета и определение высоты здания	43
ные расчеты	43
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ КОНУСОВ	44
3.1 Понятие о конусе и его элементах	44
3.2 Обзор существующих способов получения конических поверхностей на токарном станке	46
3.2.1 Обработка конических поверхностей поворотом верхней части суппорта	46
3.2.2 Обработка конических поверхностей способом поперечного смещения корпуса задней бабки.....	47
3.2.3 Обработка конических поверхностей с применением конусной линейки.....	50
3.2.4 Обработка конических поверхностей широким резцом.....	53
3.3 Брак при обработке конических поверхностей и меры его предупреждения	54
3.4 Разработка приспособления для точения конусов	55
3.5 Конструктивные расчеты	56
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	61
4.1. Правовые и организационные вопросы охраны труда.....	61
4.2 Анализ производственного травматизма и заболеваемости	62
4.3 Производственная санитария и гигиена труда	
4.4 Техника безопасности при работ на металлорежущих станках.....	63
4.5 Производственная гимнастика на рабочем месте.....	66

5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	73
5.1 Расчет балансовой стоимости приспособления.....	73
5.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции.....	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ... ..	84

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс во всех отраслях общественного производства означает непрерывное развитие и совершенствование орудий и предметов труда, создание принципиально новых машин, материалов, источников энергии, технологических процессов, а также связанных с ними прогрессивных форм организации производства.

Ведущая роль в решении этих задач принадлежит машиностроению, которое создает наиболее активную часть основных производственных фондов, в значительной степени определяет темпы технического прогресса, роста общественного производства и его эффективности.

Продукция машиностроения обеспечивает создание не только собственной технологической базы, но и технологической базы для других отраслей промышленности, а также во многом определяет уровень развития социально-экономической системы страны и ее национальной безопасности.

Обработка резанием — одна из наиболее распространенных операций при изготовлении деталей из конструкционных материалов. В настоящее время до 80% деталей машин, аппаратов и приборов изготавливается методом снятия стружки. Большое разнообразие конструкционных материалов, применяемых в машиностроении, а также высокие требования к точности и качеству обрабатываемых поверхностей ставят перед технологами проблемы изыскания методов и средств наиболее производительной и экономически целесообразной обработки резанием.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1 Общие положения

Слесарно-механические цеха подразделяются на четыре класса в зависимости от массы изготавливаемых деталей до обработки.

Внутри каждого класса в зависимости от типа производства участки разделяются на группы. Помимо перечисленных основных классификационных признаков каждая группа может характеризоваться особенностями технологических процессов, оборудованием, приспособлениями, режущими и измерительными инструментами.

По размеру цеха механической обработки разделяются на цехи малые, средние и крупные. Размер цеха условно характеризуется количеством металлорежущих станков, численностью работающих и объемом выпуска продукции.

Одним из основных направлений ускорения научно-технического прогресса в области обработки металлов резанием является уменьшение трудоемкости механической обработки деталей при одновременном повышении их качества. Снижение трудоемкости во многом зависит от повышения технологичности конструкций машин, приближения формы заготовок к форме деталей с минимальными припусками на механическую обработку. Этому способствует применение литья по выплавляемым моделям и под давлением, холодной штамповки и т. д. Трудоемкость механической обработки снижается также за счет внедрения новой техники, технологии и совершенствования организации труда и производства. С развитием науки и техники в механических цехах применяется высокопроизводительное оборудование, как, например, агрегатные, многоцелевые станки, станки с программным управлением, робототехнические комплексы. Применение такого оборудования снижает

трудоемкость механической обработки, облегчает и исключает тяжелый физический труд и способствует повышению производительности труда.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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 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..

1.2 Пути интенсификации технологических процессов

Совершенствование производственной структуры участков механической обработки, дальнейшее развитие унификации, стандартизации изготавливаемых деталей и типизации технологических процессов создают предпосылки для широкого внедрения поточных методов производства в цехах не только массового, но и серийного производства.

Поточные линии в участках механической обработки имеют разнообразные организационные формы, отличающиеся уровнем механизации, степенью специализации и синхронизации операций. Выбор формы организации поточной линии зависит от конструкции детали, технологического процесса и степени постоянства выпуска закрепленных за линией деталей.

Автоматические поточные линии находят все более широкое применение в цехах механической обработки машиностроительных предприятий, поэтому большое внимание необходимо уделять повышению их производительности. Повышение производительности автоматических линий достигается путем сокращения времени выполнения лимитирующих операций и уменьшения потерь времени на подналадку. Сокращение времени лимитирующей операции может быть достигнуто расчленением операций, увеличением числа одновременно работающих инструментов, повышением режима резания, применением наиболее прогрессивной технологии, сокращением холостых ходов и совмещением вспомогательных приемов. Сокращение затрат времени на подналадку может быть достигнуто созданием автоматических линий, расчлененных на независимые участки с гибкой связью (заделом) между ними. При этом в момент подналадки одной

секции другие работают непрерывно, используя имеющийся задел деталей в бункерном устройстве.

В цехах механической обработки машиностроительных предприятий значительное распространение получили однопредметные и многопредметные неавтоматизированные поточные линии. Они могут быть синхронизированными (непрерывно-поточными) и несинхронизированными (прямоточными).

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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 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.

1.3 Оперативно-производственное планирование

В цехах механической обработки планирование имеет целью организовать непрерывную, ритмичную работу всех станков цеха и рабочих мест, а также своевременное и компактное обеспечение сборочного цеха деталями (сборочными единицами) для непрерывной его работы.

На оперативно-производственное планирование в механических цехах в значительной степени оказывает влияние тип производства, к которому относится данный цех. Так, при массовом производстве за каждым рабочим местом закрепляются определенные операции, разрабатывается пооперационный график работы поточной линии и каждого рабочего места. Для обеспечения бесперебойной работы поточной линии разрабатывается график планового ремонта оборудования, определяется необходимое количество заготовок и полуфабрикатов, устанавливается порядок контроля готовых деталей, намечается порядок смазывания и подналадки станков поточной линии.

На основе графика устанавливаются оперативные месячные задания цехам и участкам. Оперативные месячные задания служат основой разработки сменно-суточных заданий и организации работы вспомогательных служб цеха. Таким образом, оперативно-производственное планирование способствует организации производственного процесса во времени.

2. ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

2.1 Планировка слесарно-механического цеха

Планировка механического цеха зависит от величины производственного помещения, характера производства, особенностей и объема производственного задания, габаритных размеров и массы обрабатываемых заготовок.

В состав механического цеха входят производственные и вспомогательные участки, служебное и бытовое помещение и т. п. Состав производственных участков отделения определяется характером изготавливаемых изделий, видом технологического процесса, объемом производства. Производственный участок служит для размещения на нем оборудования, служащего для выполнения технологических процессов обработки и сборки изделий. К вспомогательным относятся заготовительные, ремонтные, заточные, контрольные отделения, а также складские помещения для материалов, заготовок, деталей. В служебных и бытовых помещениях располагаются кабинеты административно-технического персонала, гардеробные, уборные, душевые, буфеты, медпункты, красные уголки.

При планировке станочного отделения все его участки и вспомогательные помещения располагают так, чтобы обеспечить прямоточность и последовательность прохождения материалов, заготовок и изделий по стадиям обработки (без обратных или петлеобразных перемещений), максимальное использование производственной площади, удовлетворить требования охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

2.1.1 Размещение станков в производственном участке

При проектировании цеха, определении расстояний между станками, расположении главных и второстепенных проходов, габаритов транспортных

средств и мест складирования обрабатываемых заготовок руководствуемся следующими принципами:

- планировка по типам станков (групповой способ) применяется для единичного и мелкосерийного производств и обработки отдельных деталей: станки располагаются группами по виду обработки (токарные, фрезерные, шлифовальные и т. д.) в последовательности, принятой для обработки основного вида заготовок данного отделения (цеха);
- планировка по порядку технологических операций применяется для среднесерийного, крупносерийного и массового производства; станки располагают в порядке последовательности операций технологического процесса изготовления деталей определенной группы;
- планировка по типам изделий, когда весь цех разбит на отдельные участки (секции), предназначенные для изготовления деталей определенных видов (валов, шпинделей, зубчатых колес, корпусов, сверл, фрез, резцов и т. д.). В этом случае в пределах каждого цеха (секции) станки могут быть расположены по типам или порядку технологических операций.

Последний способ планировки оборудования - с разбивкой на участки по признаку изделий и расположением станков внутри участков по типам или по ходу технологического процесса — является наиболее удобным для механических цехов серийного производства и инструментальных цехов и применяется чаще других.

При планировке оборудования всегда нужно стремиться получить возможно короткую технологическую линию, чтобы детали не совершали длинный путь. В серийном производстве деталей средних размеров при обработке на каждой линии станков нескольких деталей нормальная длина технологической линии составляет 40 — 60 м.

Станки могут быть установлены вдоль пролета, поперек него или под углом.

Наиболее удобное и часто встречающееся расположение большинства станков — вдоль пролета. Поперечное расположение применяется в случае, когда при этом может быть достигнуто лучшее использование площади или когда при продольном расположении получаются слишком большие, сверх необходимости, проходы, а большее количество рядов станков не размещается. При таком расположении для подхода к станкам оставляются поперечные проходы, которые служат для доставки деталей на тележках к рабочим местам.

Расстояние (a) между станками вдоль линии их расположения-(по фронту) принимается: для мелких станков 400 мм , средних 600 мм , крупных 800 мм и особо крупных 1200 мм (на рисунке 2.1 показано это расстояние для разных типов станков).

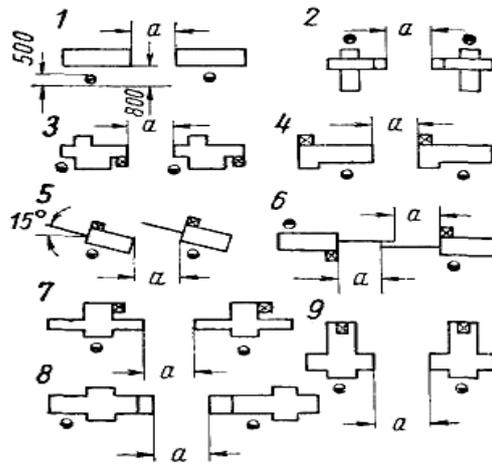


Рисунок 2.1 Расстояние между станками вдоль линии их расположения

1 — для токарных; 2 — для фрезерных; 3 — для поперечно-строгальных; 4 — для автоматов и револьверных при патронной работе; 5 — для автоматов и револьверных при прутковой работе и расположении под углом; 6 — для автоматов и револьверных при шахматном расположении; 7 — для круглошлифовальных; 8 — для продольно-строгальных, продольно-фрезерных, расточных и протяжных; 9 — для плоско-шлифовальных продольного типа.

При установке станков одного к другому задними (тыльными сторонами) расстояние (δ) должно быть: для мелких станков 400 мм; средних 500 мм, крупных 700 мм и особо крупных 1000 мм (на рисунке 2.2 показано это расстояние для разных типов станков).

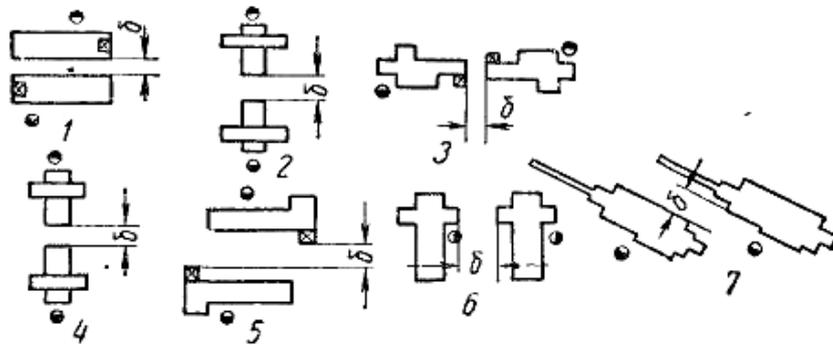


Рисунок 2.2 Расстояние между станками при установке их один к другому задними (тыльными) сторонами

1 - для токарных, 2 - для универсально фрезерных и зуборезных; 3 - для поперечно строгальных 4 - для шлифовальных ; 5 - для револьверных и автоматов при патронной работе; 6 - для продольно строгальных, продольно-фрезерных, расточных, плоскошлифовальных продольного типа, 7 - для револьверных и автоматов при прутковой работе.

При установке станков вдоль стены расстояние от станка до колонны, находящейся в стене, или до выступающей части стены принимается в соответствии с нижеследующим:

а) при расположении рабочего вне промежутка между стеной и станком расстояние (δ) между тыльной стороной станка и стеной составляет: для мелких станков 400 мм, средних 500 мм, крупных 700 мм, особо крупных 800 мм (рисунок 2.3);

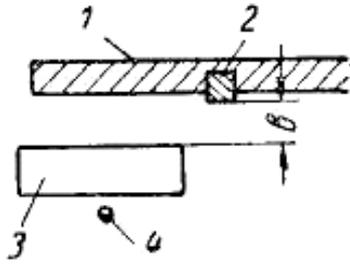


Рисунок 2.3 Расстояние от выступающей колонны (или стены) до задней (тыльной) стороны станка, когда рабочий находится вне промежутка между станком и стеной:

1 — стена; 2- колонна; 3- станок; 4 —сторона рабочее место.

составляет: для мелких станков 400 мм, средних 500 мм, крупных 600 мм, особо крупных 800 мм (рисунок 2.4);

в) при расположении рабочего между станком и стеной расстояние от стены до фронта станка составляет: для мелких станков 900 мм, средних и крупных 1200 мм, особо крупных 1500 мм.

в) 3000 мм при расположении станков передними (фронтальными) сторонами к проезду (рисунок 2.5,в);

г) 1800 мм при расположении станков боковыми сторонами к проезду (рисунок 2.6).

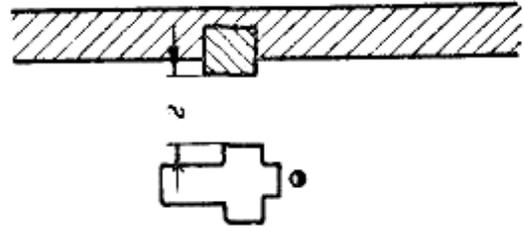


Рисунок 2.4 Расстояние z от боковой стороны станка до колонны стены.

тене

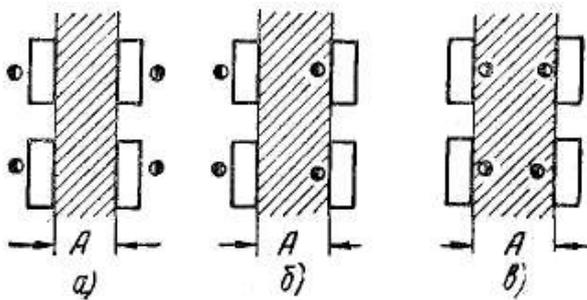


Рисунок 2.5. Расстояние между станками по ширине главного проезда для движения электрических тележек в одном направлении.

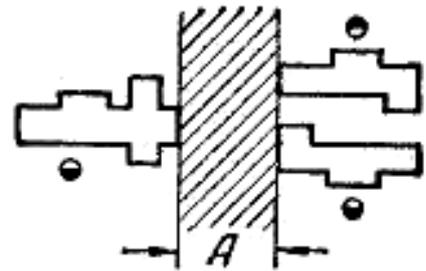


Рисунок 2.6. Расстояние между станками по ширине главного проезда для движения электрических тележек в одном направлении при расположении станков боковыми сторонами к проезду.

2.1.2 Заготовительный участок

Заготовительный участок служит для резки, отрезки, центровки, правки и обдирки прутковых материалов (круглых, квадратных и др.).

Для производства работ в заготовительном участке предусматривают отрезные станки, дисковые пилы, приводные ножовки, центровальные и фрезерно-центровальные, правильные, обдирочные станки, прессы для правки.

2.1.3 Заточной участок

Стремление достигнуть наилучших результатов эксплуатации инструмента в отношении как сроков службы, так и использования всей его режущей способности, зависящей главным образом от правильного ухода и умелого обращения с ним, приводит к необходимости централизации всего инструментального хозяйства вообще и, в частности, заточки инструмента.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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 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 $t = 3 \text{ мм}$, 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 срез 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.

Потребное количество заточных станков общего назначения в среднем составляет 4—6% от количества станков, обслуживаемых заточкой.

В составе заточных отделений должны быть станки для заточки: резцов токарных, строгальных, автоматных, револьверных; резцов, оснащенных твердым сплавом; сверл; фрез (универсально-точильные); фрезерных головок; зуборезных резцов к зубострогальным станкам; долбяков (универсально-точильный или шлифовальный, или универсально-заточной с приспособлением); протяжек; плашек; метчиков; ножей дисковых сегментных пил и т. д.

Площадь заточного цеха при детальном расчете определяется на основании планировки станков: удельная производственная площадь составляет 7—8 м², а удельная общая площадь этого отделения 8—10 м² на один станок. Во вспомогательную площадь отделения входят: а) площадь для

хранения чертежей перетачиваемого инструмента; б) площадь для хранения абразивных кругов и приспособлений к станкам заточного отделения.

Заточной участок следует располагать смежно с инструментальным складом.

2.1.4 Контрольный участок

Контрольный участок является частью станочного отделения. Помимо самого контрольного цеха, в отделении между станками устраиваются контрольные площадки, на которых производится проверка деталей между станочными операциями и временное хранение деталей (при обработке партиями) до поступления их для обработки на следующий станок.

2.1.5 Склад материалов и заготовок

Склад материалов и заготовок предназначается для хранения запасов пруткового и другого материала и заготовок — отливок, поковок и штамповок и по возможности должен быть объединен с заготовительным участком.

Запас материалов и заготовок в складе должен быть невелик, так как назначением его является только обеспечивать регулярное снабжение материалами и заготовками для бесперебойной работы станков. Это требование обосновывается двумя соображениями:

1) не должно создаваться излишнего запаса материалов, чтобы не замедлять их оборачиваемость, т. е. не увеличивать размер необходимых оборотных средств;

2) так как склад материалов размещается в производственном здании, то в случае хранения большого запаса материалов склад будет отнимать ценную производственную площадь, сверх необходимого, что разумеется, нецелесообразно.

Прутковый материал хранится или горизонтально — в штабелях, стойках (рисунок 2.7), клеточных и крючковых стеллажах (рисунок 2.8), или вертикально — в пирамидальных стеллажах (рисунок 2.9).

В первом случае площадь, занимаемая прутками, больше, но при таком способе хранения прутками удобнее оперировать при их транспортировании, особенно при транспортировании пачками с помощью кранов; во втором случае для хранения прутков требуется меньшая площадь, но оперировать ими менее удобно, особенно при длинных прутках и транспортировании при

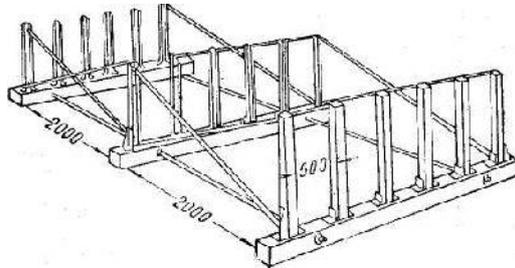


Рисунок 2.7 – Стойка для горизонтального хранения пруткового материала

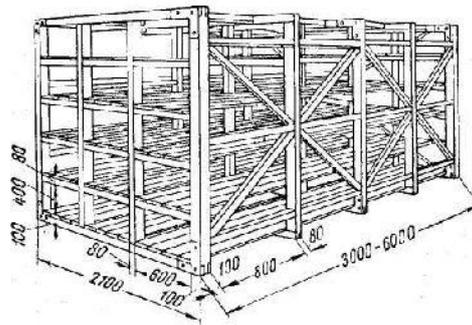


Рисунок 2.8 Клеточный стеллаж для горизонтального хранения пруткового материала

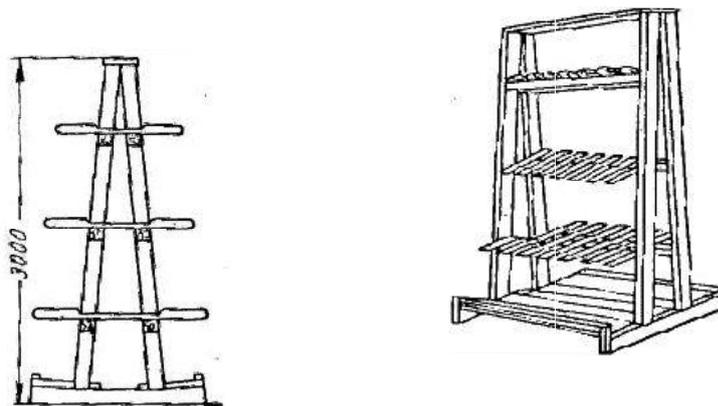


Рисунок 2.9 Пирамидальный стеллаж для вертикального хранения пруткового материала

помощи крана. Длинные прутки (5—6 м) при вертикальном хранении разрезают пополам.

Ширина проходов между стеллажами при использовании ручных тележек принимается равной 0,7—1,0 м, при использовании электрических и автотележек 1,25—2,0 м и более в зависимости от применяемых средств транспорта.

2.1.6 Инструментально-раздаточный склад

Инструментально-раздаточный склад служит для снабжения рабочих мест (станочников и слесарей) инструментом и приспособлениями.

Инструментально-раздаточный склад располагается рядом с заточным участком. Для хранения инструмента и приспособлений склад оборудуют стеллажами.

Площадь инструментально-раздаточного склада определяется по числу обслуживаемых складом рабочих мест. Для исчисления размера площади служит показатель, выражающий размер площади склада в квадратных метрах, приходящейся на один металлорежущий станок обслуживаемого цеха.

Площадь склада инструмента определяется из расчета на один станок обслуживаемого цеха и составляет 7 м^2 .

Площадь кладовой для абразивов принимается из расчета $0,04 \text{ м}^2$ на один шлифовальный, заточный или полировальный станок для всех видов производства.

Наиболее удобной формой помещения для раздаточного склада является вытянутый прямоугольник, по длинной стороне которого размещаются окна для раздачи инструмента; при этом стеллажи для хранения инструмента располагаются перпендикулярно длинной стороне прямоугольника.

2.1.7 Уточнение плана станочного отделения

Так как площадь станочного отделения небольшая, всего 25×15 м, то расстановку станков в производственном участке произведем по типу станков. Инструментально-раздаточный и заготовительный склады совместим в одном помещении, но по разные стороны стен. Выделим площадь под подсобное помещение для рабочих. Заточной и заготовительные участки предусмотрим сразу же после складского помещения с соответствующим оборудованием. Следует также предусмотреть ящики с песком и пожарные щитки. Все станки следует заземлить. Также следует установить ящики для стружки.

2.2 Организация рабочих мест

Особенно важное значение для повышения производительности труда имеет рациональная планировка и организация рабочего места, при которой устраняются потери времени на лишнее хождение, лишние движения, неудобное положение работающего, неудобное расположение материала, заготовки, инструмента и т. д.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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

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

борьбы и перейти к созданию необходимых устройств для гашения вибрации,

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

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

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

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

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

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

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его вибрационное™. Эти

характеристики достаточны для оценки режима в обычных условиях обработки.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 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 $\angle \rho$ и \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. Под рабочим местом понимается ограниченная зона производственной площади, предназначенная для выполнения операции рабочим и оснащенная необходимым материально-техническими средствами труда: технологическим, вспомогательным и подъемно-транспортным оборудованием, технологической оснасткой и инструментом, организационной оснасткой (тумбочками, стеллажами, тарой и т. п.).

Планировка рабочего места должна предусматривать правильное размещение органов управления станком, предметов в средств труда как по горизонтали, так и по вертикали. Оптимальное расстояния до органов управления станком при работе токаря среднего роста приведены на рисунке 2.10.

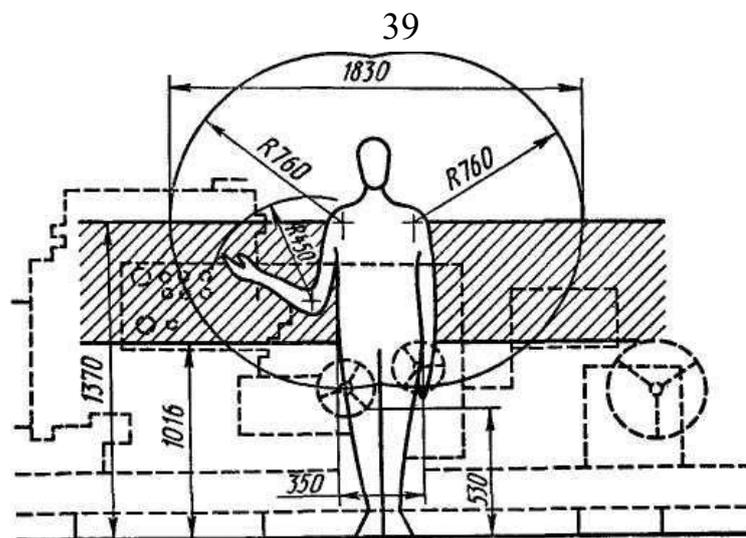


Рисунок 2.10 – Оптимальное расстояние до органов управления

При планировке рабочего места большое значение имеет правильное расположение станка, оснащение его приспособлениями и устройствами, ускоряющими и облегчающими работу. На рисунке 2.11 приведена схема планировки рабочего места токаря-универсала, работающего на двух многорезцовых токарных полуавтоматах.

Рабочее место токаря-универсала (рисунок 2.11 а) оснащено инструментальным шкафом 1 (тумбочкой станочника), в котором должен храниться инструмент постоянного пользования и средства по уходу за станком; стеллажом 2 (приемным столом) для размещения на нем тары с заготовками и готовыми деталями (нижняя полка стеллажа предназначена для хранения принадлежностей к станку); решеткой 3 под ноги рабочему; полкой 4 для чертежей и измерительного инструмента. Рабочее место токаря-оператора (рисунок 2.11 б) должно быть оснащено тумбочкой для инструмента 1, решеткой под ноги 2 и другой оснасткой. На рабочем месте должен находиться комплект технологической оснастки: режущий инструмент (резцы, центровочные сверла, зенковки и др.); измерительный инструмент (штангенциркуль, микрометр, радиусные и резьбовые шаблоны и др.); вспомогательный инструмент (патроны, переходные втулки, центры,

хомутики, молотки, масленки, щетка-сметка, крючок для стружки, защитные очки и др.).

Кроме рациональной планировки рабочего места большое влияние на максимальное уплотнение рабочего времени и создание условий для спокойной работы в течение смены имеет правильно организованное обслуживание рабочего места заготовками, инструментом, приспособлениями, технической документацией; обеспечение текущего ремонта и надзора за оборудованием; уборка рабочего места.

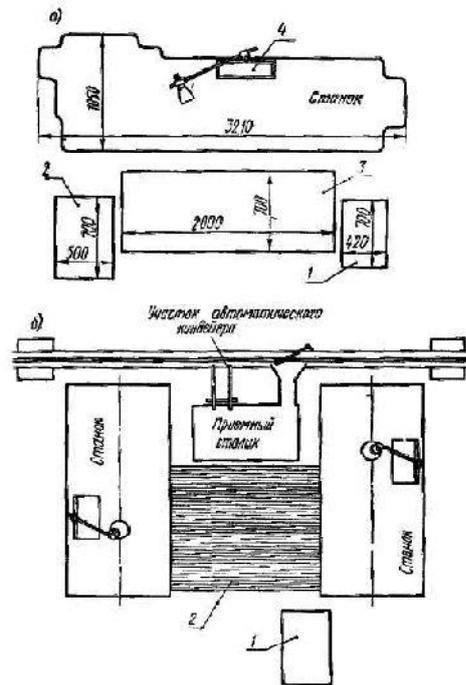


Рисунок 2.11 – Планирование рабочего места

Удельная площадь при правильной планировке должна быть равна (m^2): для мелких станков — 10... 12, средних — 15...25, крупных -30...45.

Очень плотное размещение станков создает неблагоприятные условия для работы. С другой стороны, чрезмерно свободное размещение приводит к нерациональному, неэкономичному использованию производственной площади цеха.

2.3 Технологические расчеты

2.3.1 Расчет потребного количества инструмента и приспособлений

Учитывая, что затраты на инструмент составляют до 25% от общей суммы затрат на изготовление продукции, производим расчеты потребности в лезвийном и абразивном режущем инструменте, измерительном инструменте и приспособлениях с учетом заданного годового объема выпуска.

Годовая потребность в режущем (лезвийном) инструменте (шт.) по каждому виду и размеру определяется по формуле

$$N_p = \frac{\Sigma t_M \cdot 60 \cdot N}{T_p \cdot (1 - \kappa_c)}, \quad (2.1)$$

где Σt_M — суммарное машинное время на обработку по всем операциям данным инструментом, ч;

N — годовой объем выпуска деталей, шт.;

T_p — расчетная стойкость инструмента с учетом переточек, мин;

$\kappa_c = 0,05 \dots 0,3$ — коэффициент случайной убыли инструмента из-за поломок и недоиспользования.

Для определения расчетной стойкости инструмента используется формула:

$$T_p = T \cdot \left(\frac{L}{l} + 1 \right), \quad (2.2)$$

где T — стойкость инструмента между двумя переточками (выбирается по нормативам режимов резания), мин;

L — толщина слоя рабочей части подвергаемого переточке, мм;

l — толщина слоя, снимаемого при каждой переточке, мм.

Итого вычисляем

$$T_p = 60 \cdot \left(\frac{8}{0,5} + 1 \right) = 300.$$

Количество резцов определяем

$$N_p = \frac{300 \cdot 60 \cdot 200}{300 \cdot (1 - 0,05)} = 1233 \text{шт.}$$

Количество фрез определяем

$$N_{fp} = \frac{220 \cdot 60 \cdot 120}{300 \cdot (1 - 0,05)} = 558 \text{шт.}$$

Количество сверл

$$N_{cv} = \frac{185 \cdot 60 \cdot 220}{300 \cdot (1 - 0,05)} = 854 \text{шт.}$$

Годовая потребность в измерительном инструменте (шт.) по каждому виду и размеру определяется по формуле:

$$N_{изм.} = \frac{\sum \Pi_{np} \cdot N}{\delta \cdot Y \cdot K_p}, \quad (2.3)$$

где $\sum \Pi_{np}$ — сумма измерений на одну заготовку данным измерительным инструментом на всех технологических операциях;

N — годовой объем выпуска деталей, шт;

δ — количество измерений, вызывающих износ проходной стороны калибра на 1 мкм (для гладких скоб и пробок $\delta = 600$; для резьбовых скоб $\delta = 500$; для резьбовых пробок $\delta = 300$; для конусных пробок $\delta = 1200$);

Y — допустимый износ калибра или поле допуска на износ калибра (выбирается по стандартам на допуски калибров), мкм;

$K_p = 2...3$ — коэффициент, учитывающий восстановление размера и ремонт регулируемых калибров.

Количество пробок и скоб

$$N_{изм.} = \frac{2 \cdot 220}{600 \cdot 0,02 \cdot 2} = 17,$$

Количество штангенциркулей

$$N_{изм.} = \frac{2 \cdot 220}{800 \cdot 0,02 \cdot 2} = 12,$$

Годовая потребность в абразивном инструменте (шлифовальных кругах) по каждому виду и размеру определяется по формуле:

$$N_p = \frac{\Sigma t_M \cdot N}{T_a}, \quad (2.4)$$

где Σt_M — суммарное основное (машинное) время, ч, по всем шлифовальным операциям, выполняемым данным инструментом;

T_a — стойкость абразивного инструмента до полного износа, ч.

Количество шлифовальных кругов

$$N_p = \frac{3000 \cdot 220}{600} = 110 шт. \quad (2.5)$$

Годовая потребность во вспомогательном инструменте, приспособлениях, штампах устанавливается по номенклатуре и количеству, согласно разработанному технологическому процессу.

На основе расчетов и действующих прејскурантов определяют общую стоимость расхода по инструментам на проектируемую деталь и на приведенный объем выпуска с догрузкой.

2.3.2 Определение необходимого количества основных рабочих

В механических цехах к основным относятся рабочие следующих профессий: станочники, операторы и наладчики, разметчики, слесари по промежуточным слесарным работам, мойщики деталей.

Определение потребного количества основных (производственных) рабочих ведут по каждой профессии и по каждому квалификационному разряду отдельно. При больших значениях машинно-автоматического времени один рабочий получает возможность одновременно обслуживать

несколько однотипных или даже разнотипных станков. Многостаночное обслуживание значительно повышает производительность труда по сравнению с одностаночным обслуживанием.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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;
- 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.

2.3.3 Определение необходимого количества вспомогательных рабочих

Определение потребного количества вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), счетно-конторского (СКП) и младшего обслуживающего (МОП) персонала ведут с учетом того, что большая их часть выполняет общецеховые функции, обслуживая несколько участков отделения. Поэтому количество работников, занятых на проектируемом участке, задается определенной долей в процентах от числа основных рабочих цеха.

Количество вспомогательных рабочих (наладчиков, бригадиров, кладовщиков, раздатчиков инструмента, браковщиков и др.) составляет (%): для серийного производства — 15...20; для массового производства — 30...40 (кроме наладчиков).

Количество инженерно-технического, счетно-конторского и младшего обслуживающего персонала принимают в следующем отношении от общего числа рабочих (производственных и вспомогательных) (%): ИТР -10...12, СКП-1...3, МОП-2...3.

Общее количество производственных и вспомогательных рабочих, ИТР, СКП и МОП сводим в общую ведомость списочного состава работающих отделения.

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во
1.	Бригадир отделения	10	1
2.	Фрезеровщик	3	1
3.	Токарь	3	1
4.	Станочник широкого профиля	6	1

5.	Строгальщик	3	1
6.	Шлифовальщик Контролер-браковщик	3	1
7.	Кладовщик-раздатчик и наладчик станков	2	1
Всего			7

2.4 Организация технического контроля

Для проверки средств измерения создаются контрольно-проверочные пункты, которые производят проверку готовых деталей и изделий, а также всех измерительных инструментов, приборов и приспособлений, применяемых в цехе.

Контроль, в зависимости от формы организации работы, вида и характера контрольных операций, проектируется для выполнения:

- а) непосредственно на рабочем месте — на станке или около станка, на сборочном месте;
- б) на специальных контрольных пунктах;
- в) в контрольном отделении цеха.

При расположении станков по порядку технологических операций контрольные площадки располагаются у станков, выполняющих те операции.

Окончательный контроль производится после окончания всех операций, т. е. после полной обработки детали. Проверка выполняется, как правило, в контрольном отделении, куда эти детали поступают после последней операции. Крупные и тяжелые детали проверяются непосредственно у станков или на станке. Окончательный контроль предусматривает проверку размеров и геометрической формы, проверку качества обработанной поверхности и, в некоторых случаях, механических свойств детали.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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 $\alpha_p = 45^\circ$ и выше жестких деталей в центрах вибрации не возникали ни при каких скоростных режимах резания, согласованных с нормальной мощностью этих станков. Опасность возникновения вибраций появляется в четырех случаях:

- 1) если работа производится в патроне, особенно при больших вылетах;
- 11) если обрабатываемая деталь имеет малую жесткость;
- 12) если главный угол в плане меньше 45° ;
- 13) 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:

- 13) уменьшения возмущающих сил, например, центробежной силы, вызванной плохой балансированностью вращающихся частей;
- 14) такого выбора чисел оборотов, при котором частота возмущающей силы далека от частот собственных колебаний звеньев системы;
- 15) регулирования собственной частоты этих звеньев;
- 16) 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.

10. 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.

11. *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.

12. 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.

Во всех случаях контрольные операции необходимо включать в технологическую карту обработки деталей и сборки узла и изделия. При подробной разработке процесса контроля карту контроля следует прилагать к технологической карте обработки детали.

Располагая сведениями, указанными в карте контроля, можно подсчитать необходимое для выполнения контрольных операций всех деталей по годовой программе количество измерений, количество инструмента и приспособлений, общую затрату времени, количество контролеров, а отсюда — необходимые площади для контрольных пунктов и отделения.

Весьма целесообразно устройство контрольных пунктов между станками; при наличии их устраняется необходимость транспортирования деталей в контрольное отделение, расположенное в конце линии станков, и обратно к станкам

Контрольные пункты располагаются не после каждой операции, а только у станков, выполняющих основные технологические операции.

Для контроля узлов необходимо устанавливать столы около рабочих мест сборщиков; при работе на конвейерах необходимо между рабочими местами сборщиков оставлять места для контролеров, проверяющих выполненную сборку;

Для наиболее рационального выполнения контроля, обеспечивающего проверку всех необходимых размеров с достаточной степенью точности, следует разрабатывать технологический процесс контроля. При наличии разработанного процесса контроля контролеры или браковщики будут выполнять проверку деталей не по своему усмотрению или личной практике, а по установленному плану контрольных операций обусловленными методами и инструментами и в надлежащей стадии обработки.

Разработка технологического процесса контроля оформляется в виде карт контроля, которые должны содержать следующее:

- 1) план контрольных операций, в котором должны быть приведены порядок операций, описание операций и метод их выполнения;
- 2) эскиз, иллюстрирующий процесс выполнения контрольной операции и. изображающий положение проверяемой детали и измерительного инструмента при проверке данного размера;
- 3) указание, какие поверхности, в каких местах и какие размеры проверяются в данной операции и какие допускаются отклонения от номинальных размеров;

2.5 Определение потребной площади цеха.

2.5.1 Определение величины производственной площади, занимаемой станками $S_{СТ}$

Предварительно необходимо определить, какая величина производственной площади приходится на один станок.

Станки	Габаритные размеры	Удельные нормативы
Малые	800x1800 мм	10..12 м ²
Средние	2000x4000мм	15..18 м ²
Крупные	4000x8000мм	30..35 м ²

$$S_{СТ} = CМ \cdot (10 \dots 12) + CС \cdot (15 \dots 18) + CК \cdot (30 \dots 35),$$

Где $CМ$ – количество малых станков на участке, $CМ = 3$;

$CС$ – количество средних станков, $CС = 7$;

$CК$ – количество крупных станков, $CК = 6$.

$$S_{СТ} = 3 \cdot 12 + 7 \cdot 18 + 6 \cdot 35 = 372 \text{ м}^2.$$

2.5.2 Определение площади, необходимой для складирования заготовок $S_{ЗАГ}$ и готовых деталей $S_{ДЕТ}$

$$S_{ЗАГ}=(7\dots 8\%)\cdot S_{СТ}=0,08\cdot 372=29,76 \text{ м}^2;$$

$$S_{ДЕТ}=(5\dots 6\%)\cdot S_{СТ}=0,06\cdot 372=22,32 \text{ м}^2;$$

2.5.3 Расчет площади, занимаемой ИТР $S_{ИТР}$ и работниками ОТК $S_{ОТК}$

$$S_{ОТК}=(2\dots 3\%)\cdot S_{СТ}=0,03\cdot 372=11,16 \text{ м}^2;$$

Величину площади, отводимой для размещения ИТР, определяют по удельным нормативам из расчета 5..6 м² на одного инженерно-технического работника.

$$S_{ИТР}=(5\dots 6)\cdot P_{ИТР}=6\cdot 4=24 \text{ м}^2;$$

2.5.4 Определение потребной площади цеха $S_{УЧ}$

$$S_{УЧ}=S_{СТ}+S_{ЗАГ}+S_{ДЕТ}+S_{ОТК}+S_{ИТР}=372+29,76+22,32+11,16+24 \approx 460 \text{ м}^2.$$

2.6 Определение способа уборки стружки

Перед определением способа и выбором оборудования для уборки стружки необходимо определить объем стружки Q , производимой на участке за один час по формуле:

$$Q = \frac{60 \cdot (G_{ЗАГ} - G_{ДЕТ})}{\tau_{Р.УЧ.}},$$

Где $G_{ЗАГ}$ – масса заготовки, $G_{ЗАГ} = 2,0$ кг;

$G_{ДЕТ}$ – масса детали, $G_{ДЕТ} = 1,5$ кг;

$$Q = \frac{60 \cdot (2,0 - 1,5)}{12,63} = 2,37 \text{ кг/час} ,$$

т.к. $Q = 2,37 \text{ кг/час} < 300 \text{ кг/час}$, следовательно, стружка собирается около станков в специальную тару, которая потом вывозится в отделение по переработке.

2.7. Назначение средств межоперационного транспорта

В результате анализа, габаритов, конструкции и производственной партии деталей, принимаем в качестве транспорта – тележки.

2.8 Выбор длины и ширины цеха, ширины пролета. Составление схемы расчета и определение высоты здания

Высоту пролета определяют по следующей формуле:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где h_1 – максимальная высота оборудования, $h_1 = 2630 \text{ мм}$;

h_2 – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, $h_2 = 800 \text{ мм}$;

h_3 – высота транспортируемых грузов, $h_3 = 1000 \text{ мм}$;

h_4 – высота крана, $h_4 = 1500 \text{ мм}$.

$$H_1 = 2630 + 800 + 1000 + 1500 = 5930 \text{ мм}.$$

По величине H_1 из таблицы определяем высоту пролета

$$H = 8,4 \text{ м}.$$

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ КОНУСОВ

3.1 Понятие о конусе и его элементах

В машиностроении, наряду с цилиндрическими, широко применяются детали с коническими поверхностями в виде наружных конусов или в виде конических отверстий. Например, центр токарного станка имеет два наружных конуса, из которых один служит для установки и закрепления его в коническом отверстии шпинделя; наружный конус для установки и закрепления имеют также сверло, зенкер, развертка и т. д. Переходная втулка для закрепления сверл с коническим хвостовиком имеет наружный конус и коническое отверстие

Э л е м е н т ы к о н у с а . Если вращать прямоугольный треугольник $АВВ$ вокруг катета $АВ$ (рисунок 3.1а), то образуется тело $АВГ$, называемое *полным конусом*. Линия $АВ$ называется осью или *высотой конуса*, линия $АВ$ — *образующей конуса*. Точка $А$ является *вершиной конуса*.

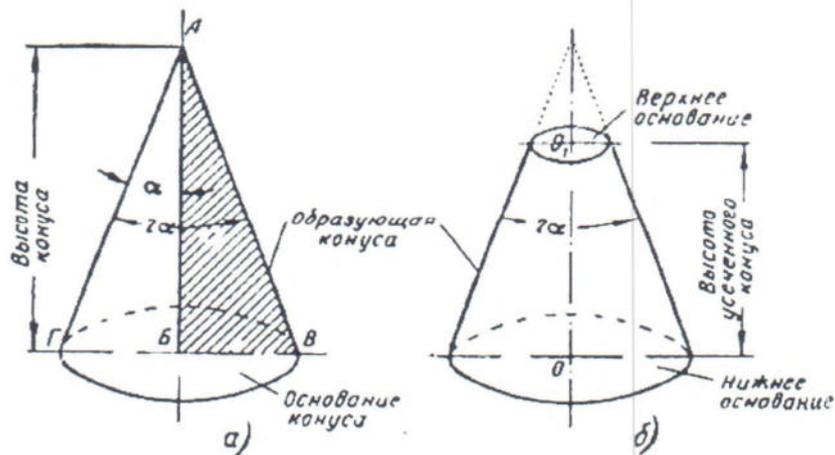


Рисунок 3.1 – Конусы (а- полный, б - усеченный)

ВКР 23.03.03.269.20 ПТК 00.00.00.ПЗ				
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Хайруллин Ф.Д.	<i>[Signature]</i>	06.20
Провер.		Марданов Р.Х.	<i>[Signature]</i>	06.20
Н. Контр.		Марданов Р.Х.	<i>[Signature]</i>	06.20
Утвердил		Пикмүллин Г.В.	<i>[Signature]</i>	06.20
Приспособление для точения конусов				
Лит.		Лист	Листов	
		1	29	
Казанский ГАУ каф. ОИД группа 252-04				

При вращении катета БВ вокруг оси АБ образуется поверхность круга, называемая *основанием конуса*.

Угол ВАГ между боковыми сторонами АВ и АГ называется *углом конуса* и обозначается 2α . Половина этого угла, образуемая боковой стороной АГ и осью АБ, называется *углом уклона конуса* и обозначается α . Углы выражаются в градусах, минутах и секундах.

Если от полного конуса отрезать его верхнюю часть плоскостью, параллельной его основанию (рисунок 3.1б), то получим тело, называемое *усеченным конусом*. Оно имеет два основания верхнее и нижнее. Расстояние OO_1 по оси между основаниями называется *высотой усеченного конуса*. Так как в машиностроении большей частью приходится иметь дело с частями конусов, т. е. усеченными конусами, то обычно их просто называют конусами; дальше будем называть все конические поверхности конусами.

Связь между элементами конуса. На чертеже указывают обычно три основных размера конуса: больший диаметр D , меньший — d и высоту конуса l (рисунок 3.2).

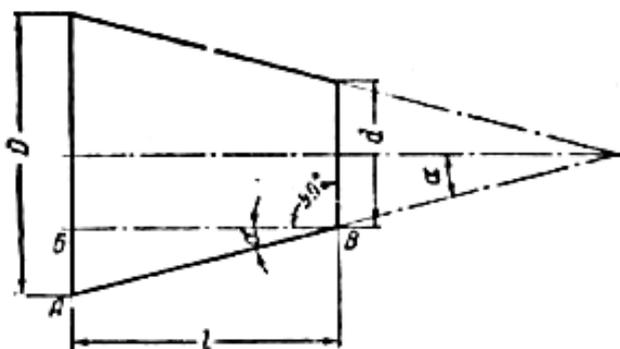


Рисунок 3.2 – Основные размеры усеченного конуса

Иногда на чертеже указывается только один из диаметров конуса, например, больший D , высота конуса l и так называемая конусность. Конусностью называется отношение разности диаметров конуса к его длине. Обозначим конусность буквой K , тогда

$$K = \frac{D - d}{l} \quad (3.1)$$

						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Иногда на чертеже вместо угла конуса указывается *уклон конуса*. Уклон конуса показывает, в какой мере отклоняется образующая конуса от его оси. Уклон конуса определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2l} \quad (3.2)$$

где $\operatorname{tg} \alpha$ — уклон конуса;

D — диаметр большого основания конуса в мм;

d — диаметр малого основания конуса в мм;

l — высота конуса в мм.

3.2 Обзор существующих способов получения конических поверхностей на токарном станке

На токарном станке обработка конических поверхностей производится одним из следующих способов:

- а) поворотом верхней части суппорта;
- б) поперечным смещением корпуса задней бабки;
- в) с помощью конусной линейки;
- г) с помощью широкого резца.

3.2.1 Обработка конических поверхностей поворотом верхней части суппорта

При изготовлении на токарном станке коротких наружных и внутренних конических поверхностей с большим углом уклона нужно повернуть верхнюю часть суппорта относительно оси станка под углом α уклона конуса (рисунок 3.3). При таком способе работы подачу можно производить только от руки, вращая рукоятку ходового винта верхней части суппорта, и лишь в наиболее современных токарных станках имеется механическая подача верхней части суппорта.

						Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

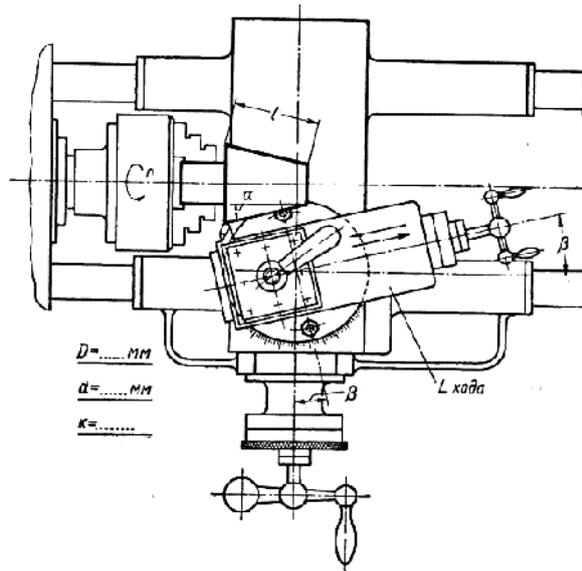


Рисунок 3.3 – Обработка конуса при повернутой салазке

Для установки верхней части суппорта 1 на требуемый угол можно использовать деления, нанесенные на фланце 2 поворотной части суппорта (рис. 204). Если угол α уклона конуса задан по чертежу, то верхнюю часть суппорта поворачивают вместе с его поворотной частью на требуемое число делений, обозначающих градусы. Число делений отсчитывают относительно риски, нанесенной на нижней части суппорта.

Способ обтачивания конических поверхностей поворотом верхней части суппорта имеет следующие недостатки: он допускает обычно применение только ручной подачи, что отражается на производительности труда и чистоте обработанной поверхности; позволяет обтачивать сравнительно короткие конические поверхности, ограниченные длиной хода верхней части суппорта.

3.2.2 Обработка конических поверхностей способом поперечного смещения корпуса задней бабки

Для получения конической поверхности на токарном станке необходимо при вращении заготовки вершину резца перемещать не параллельно, а под

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

некоторым углом к оси центров. Этот угол должен равняться углу α уклона конуса. Наиболее простой способ получения угла между осью центров и направлением подачи — сместить линию центров, сдвинув задний центр в поперечном направлении. Путем смещения заднего центра в сторону резца (на себя) в результате обтачивания получают конус, у которого большее основание направлено в сторону передней бабки; при смещении заднего центра в противоположную сторону, т. е. от резца (от себя), большее основание конуса окажется со стороны задней бабки (рисунок 3.4).

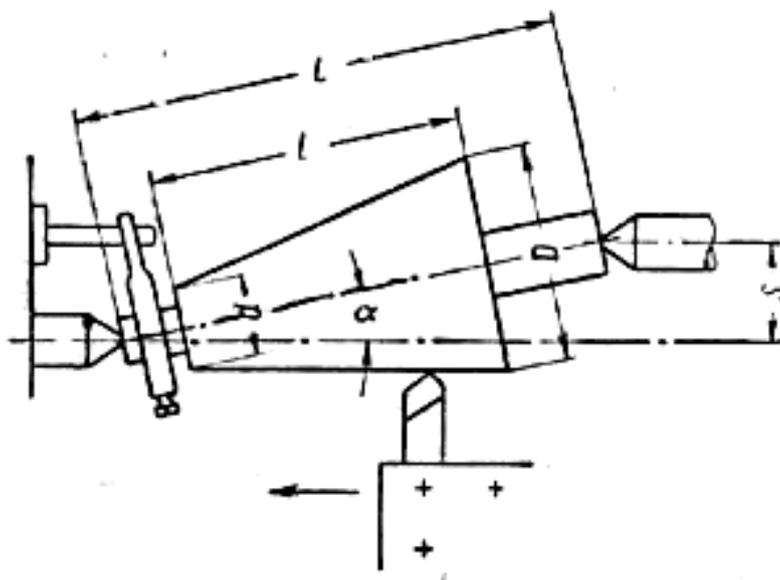


Рисунок 3.4 – Обработка конуса при сдвинутой задней бабке

Смещение корпуса задней бабки определяют по формуле

$$h = \frac{L}{l} \cdot \frac{D-d}{2}, \quad 3.3$$

где h — смещение корпуса задней бабки от оси шпинделя передней бабки в мм;

D — диаметр большого основания конуса в мм;

d — диаметр малого основания конуса в мм;

L — длина всей детали или расстояние между центрами в мм;

l — длина конической части детали в мм.

При обработке конических поверхностей верхняя часть корпуса l задней бабки (рисунок 3.5) должна быть смещена относительно нижней части плиты

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2, лежащей на направляющих станины 3, в направлении, перпендикулярном продольному ходу суппорта по станине. Поперечное смещение верхней части 1 задней бабки, несущей центр, производится попеременным вращением болтов 4 и 5, один из которых отпускается, а другой подтягивается. Таким способом можно смещать бабку в любую сторону от осевой линии шпинделя и переднего центра.

Перед тем как производить поперечное смещение корпуса задней бабки, нужно отпустить гайки 6 на болтах, крепящих заднюю бабку к станине станка. Предельная величина поперечного смещения задней бабки на большинстве станков не превышает 10...15 мм в каждую сторону.

Если корпус задней бабки переместить указанным способом в поперечном направлении, то ось вращения детали, укрепленной в центрах станка, устанавливается под определенным углом к направляющим станины, по которым перемещается суппорт, несущий резец, т. е. под углом β к линии движения вершины резца.

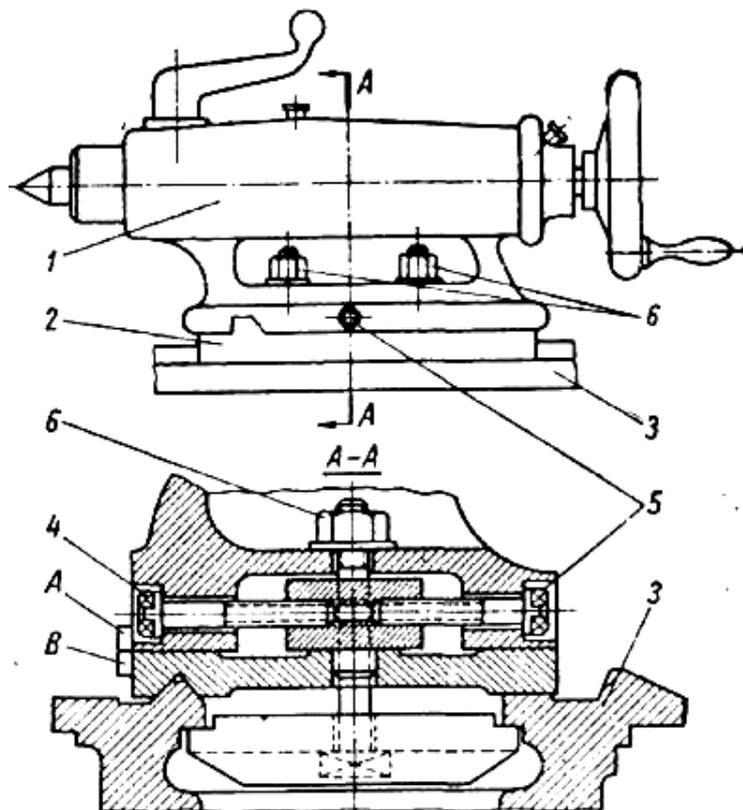


Рисунок 3.5 – Задняя бабка токарного станка

При обработке детали в таких условиях ее поверхность получает

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

коническую форму.

Преимущество обработки конических поверхностей путем смещения корпуса задней бабки заключается в том, что этим способом можно обтачивать конусы большой длины и вести обтачивание с механической подачей.

Недостатки этого способа: невозможность растачивать конические отверстия; потеря времени на перестановку задней бабки; возможность обрабатывать лишь пологие конусы; перекося центров в центровых отверстиях, что приводит к быстрому и неравномерному износу центров и центровых отверстий и служит причиной брака при вторичной установке детали в этих же центровых отверстиях.

Неравномерного износа центровых отверстий можно избежать, если вместо обычного применять специальный шаровой центр (рис. 208). Такие центры используют преимущественно при обработке точных конусов.

3.2.3 Обработка конических поверхностей с применением конусной линейки

Для обработки конических поверхностей с углом уклона α до $10\text{--}12^\circ$ современные токарные станки обычно имеют особое приспособление, называемое конусной линейкой. Схема обработки конуса с применением конусной линейки приводится на рисунке 3.6.

На кронштейне 1, смонтированном на задней стороне станины токарного станка, неподвижно укреплена опорная плита 2. На верхней шлифованной плоскости плиты 2 размещается конусная линейка 3, поворачиваемая на требуемый угол β к направляющим станины станка. Линейку поворачивают относительно пальца 4 и закрепляют в повернутом состоянии болтами 5.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						7

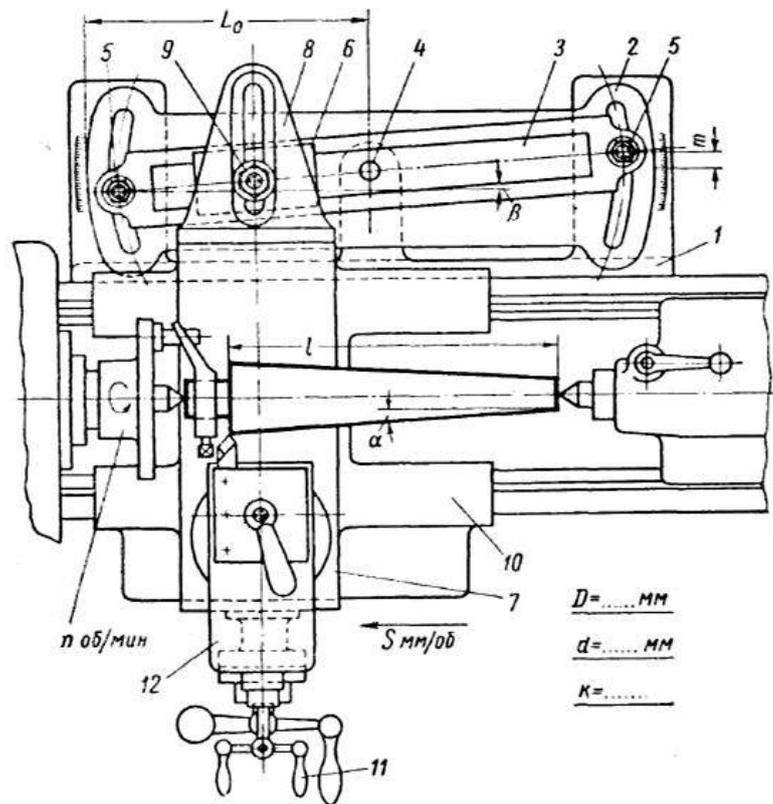


Рисунок 3.6 –Обработка конуса с помощью конусной линейки

По линейке свободно скользит ползун *б*, соединенный с подвижными салазками *7* поперечного суппорта посредством тяги *8* и зажимного устройства *9*. При работе каретка *10*, получая от ходового вала продольную подачу, (будет перемещаться по направляющим вдоль станины станка, а салазки *7* поперечного суппорта, связанные тягой *8* и зажимом *9* с ползуном *б*, будут перемещаться в поперечном направлении, так как ползун *б* передвигается по линейке *3*, повернутой под углом β к направляющим станины. Если при обработке детали, закрепленной в центрах, резец, перемещаясь вдоль детали, будет постепенно перемещаться и в поперечном направлении, то детали будет придана форма конуса.

Таким образом, при обработке конусов с помощью копирной линейки одновременно осуществляются две подачи — продольная от ходового вала и поперечная от конусной линейки.

Для того чтобы связанные с ползуном *б* и передвигаемые им салазки *7* могли беспрепятственно перемещаться по своим направляющим, гайку

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						9

поперечного винта отсоединяют от салазок или поперечный винт вывинчивают и вообще вынимают из суппорта.

Поперечная подача резца при настройке станка на размер детали и при обработке, если она производится в несколько проходов, осуществляется посредством рукоятки 11 верхнего поворотного суппорта 12. При обработке конических поверхностей с помощью конусной линейки суппорт 12 поворачивается на 90° и закрепляется в положении, показанном на рисунке 4.

Угол поворота конусной линейки β устанавливается при настройке станка равным углу уклона обрабатываемого конуса α . В повернутом положении линейка должна быть параллельна той образующей конуса, которая обрабатывается резцом, т.е. образующей, расположенной ближе к рабочему месту.

Требуемая величина m поворота линейки или угол поворота β отсчитывается по шкале, нанесенной на плите 2. Величина смещения определяется по одной из следующих формул:

1. Если шкала имеет миллиметровые деления, то

$$m = \frac{L_0}{l} \cdot \frac{D-d}{2}; m = L_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha; m = \frac{L_0}{2} \cdot k$$

где L_0 — расстояние от оси вращения линейки до ее торца, на котором нанесены деления шкалы.

2. Если по шкале линейки отсчитывается непосредственно конусность изделия, то

$$m = \frac{100}{L} \cdot (D-d)$$

3. Если шкала имеет градусные деления, то определяют угол поворота линейки β :

$$\beta = \alpha \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{D-d}{2l}$$

С помощью конусной линейки можно обрабатывать наружные и

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						10

внутренние поверхности, углы уклона которых не превышают $10...12^{\circ}$, что соответствует предельному для большинства случаев углу поворота конусной линейки.

Применение конусной линейки имеет *ряд преимуществ*:

- 1) наладка линейки удобна и производится быстро;
- 2) при переходе к обработке конусов не требуется нарушать нормальную наладку станка, т. е. не нужно смещать корпус задней бабки; центры станка остаются в нормальном положении, т. е. на одной оси, благодаря чему центровые отверстия в детали и центры станка не срабатываются;
- 3) при помощи конусной линейки можно не только обтачивать наружные конические поверхности, но и растачивать конические отверстия;
- 4) возможна работа с продольным самоходом, что увеличивает производительность труда и улучшает качество обработки.

Недостатком конусной линейки является необходимость отсоединять салазки суппорта от винта поперечной подачи. Этот недостаток устранен в конструкции некоторых токарных станков, у которых винт не связан жестко со своим маховичком и зубчатыми колесами поперечного самохода.

3.2.4 Обработка конических поверхностей широким резцом

Обработку конических поверхностей (наружных и внутренних) с небольшой длиной конуса можно производить широким резцом с углом в плане, соответствующим углу α уклона конуса (рисунок 3.7). Подача резца может быть продольная и поперечная. Однако использование широкого резца на обычных станках возможно только при длине конуса, не превышающей примерно 20 мм.

											Лист
											10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

2. Неправильный размер конуса при правильном угле его, т. е. неправильная величина диаметров по всей длине конуса, получается, если снято недостаточно или слишком много материала. Предупредить брак можно только внимательной установкой глубины резания по лимбу на чистовых проходах. Брак исправим, если снято недостаточно материала.

3. Может получиться, что при правильной конусности и точных размерах одного конца конуса диаметр второго конца неправилен. Единственной причиной является несоблюдение требуемой длины всего конического участка детали. Брак исправим, если деталь излишне длинна. Чтобы избежать этого вида брака, необходимо перед обработкой конуса тщательно проверить его длину.

4. Непрямолинейность образующей обрабатываемого конуса получается при установке резца выше или ниже центра. Таким образом, и этот вид брака является результатом невнимательной работы токаря.

3.4 Разработка приспособления для точения конусов

Учитывая преимущества и недостатки существующих способов точения конусов нами было разработано приспособление для точения конусов которое представлено на рисунке 3.8.

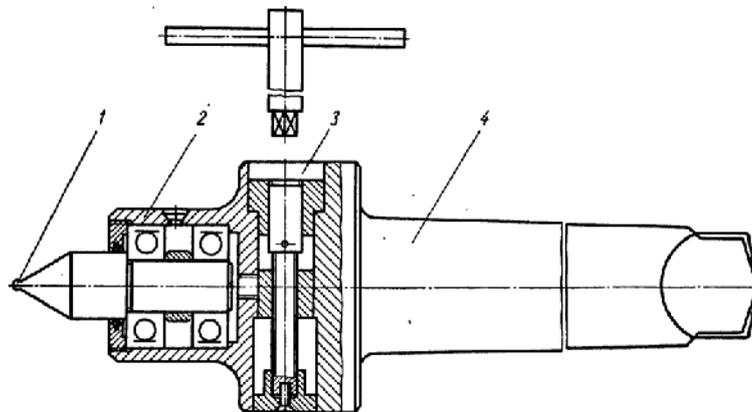


Рисунок 3.8.- Приспособление для точения конусов

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						12

Хвостовик 4 приспособления крепят в пиноли задней бабки. В корпусе 2 имеется соединение типа «ласточкин хвост». Через корпус проходит винт 3 с микрометрической подачей.

На торце винта есть нониус с ценой деления 0,01 мм. Для устранения конусности при обработке детали достаточно сместить корпус 2 по отношению к конусному хвостовику 4 на необходимую величину, сделав отсчет по нониусу микрометрического винта.

При помощи центра можно также проточить конусную поверхность, смещая корпус в пределах до 15 мм в зависимости от габаритных размеров корпуса центра.

Во избежание скалывания вращающегося центра или износа в деталях центрального отверстия в конструкции центра предусмотрен специальный шарик 1.

При использовании центра можно значительно сократить вспомогательное время и повысить качество обрабатываемых деталей.

3.5 Конструктивные расчеты

Расчет подшипников

Так как при имеются силы во всех трёх направлениях, в качестве опор применяем радиально-упорные подшипники качения. В радиально-упорных подшипниках реакции считаются приложенными к валу в точках пересечения нормальных, приведённых к середине контактных площадках. Расстояние между этой точкой и торцом подшипника для однорядных радиально-упорных шарикоподшипников вычисляется по формуле:

$$a_1 = 0,5 \left(B + \frac{d + B}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) = 0,5 \left(19 + \frac{30 + 19}{2} \operatorname{tg} 26 \right) = 16 \text{ мм} \quad (1)$$

где B , d , $\operatorname{tg} \alpha$ – геометрические параметры подшипников

Соответствующее расстояние для однорядных роликовых конических подшипников можно вычислить по выражению:

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$a_2 = \frac{T}{2} + \frac{e(d+D)}{6} = \frac{25,25}{2} + \frac{(70+125) \cdot 0,37}{6} = 25 \text{ мм} \quad (2)$$

где T, D, d, e – геометрические параметры подшипников.

Для проверки подшипников на долговечность необходимо определить эквивалентную нагрузку на опоры, вычисляемую исходя из сил реакций на эти опоры. В связи с этим рассмотрим отдельно ведущий и ведомый вал червячного редуктора.

Схема нагружения этого вала представлена на рисунке 3.

Соответствующие силовые факторы были уже вычислены выше. Определяем величины реакций.

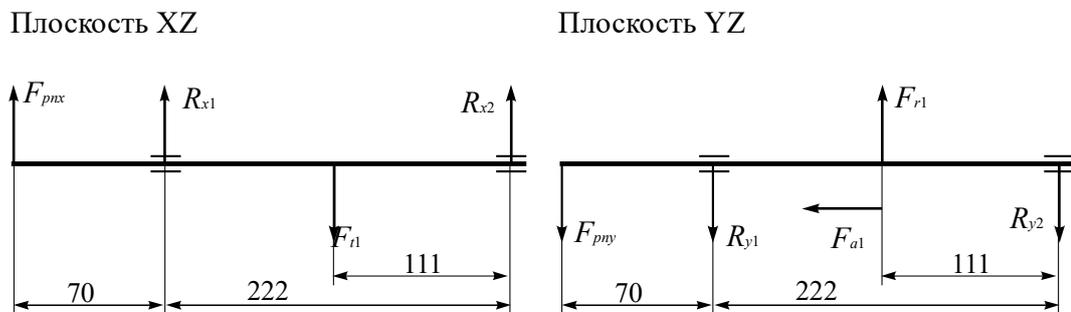


Рисунок 3.9 Силовая схема нагружения вала

Составляющие силы от натяжения ремня:

$$F_{pnx} = F_{pny} = F_{pn} / \sin 45^\circ = 1023 / \sin 45^\circ = 723 \text{ Н.}$$

Рассмотрим систему сил в плоскости XZ.

$$\sum M_{Ayi} = 0$$

$$70F_{pnx} - 222R_{x2} + 111F_{t1} = 0$$

$$R_{x2} = \frac{70 \cdot 723 + 111 \cdot 452}{222} = 2488 \text{ Н}$$

$$\sum M_{Byi} = 0$$

$$292F_{pnx} + 222R_{x1} + 111F_{t1} = 0$$

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$R_{x1} = \frac{111 \cdot 4520 + 292 \cdot 723}{222} = 1309 \text{ Н}$$

Рассмотрим систему сил в плоскости YZ.

$$\sum M_{Axi} = 0$$

$$70F_{pny} - 222R_{y2} + 111F_{r1} - F_{a1}d_1 / 2 = 0$$

$$R_{y2} = \frac{70 \cdot 723 + 111 \cdot 4908 - 25 \cdot 13485}{222} = 1164 \text{ Н}$$

$$\sum M_{Byi} = 0$$

$$292F_{pny} + 222R_{y1} - 111F_{r1} - F_{a1}d_1 / 2 = 0$$

$$R_{y1} = \frac{-292 \cdot 723 + 111 \cdot 4908 + 25 \cdot 13485}{222} = 3022 \text{ Н}$$

Суммарные величины радиальных реакций в опорах:

$$P_r = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (3.3)$$

$$P_1 = P_{r1} = \sqrt{1309^2 + 708^2} = 3293 \text{ Н};$$

$$P_2 = P_{r2} = \sqrt{2488^2 + 1164^2} = 2747 \text{ Н};$$

Осевые составляющие радиальных реакций шариковых радиально-упорных подшипников определяем по формуле:

$$S = eP_r, \quad (3)$$

где $e=0,68$ – коэффициент осевого нагружения для подшипников с $\alpha=26^\circ$.

В результате имеем:

$$S_1 = 0,68 \cdot 3293 = 2239 \text{ Н};$$

$$S_2 = 0,68 \cdot 2747 = 1868 \text{ Н}.$$

Осевые нагрузки в нашем случае $S_1 > S_2$; $F_a > 0$, тогда $P_{a1} = S_1 = 2239 \text{ Н}$;
 $P_{a2} = S_1 + F_{a1} = 2239 + 13485 = 15724 \text{ Н}$. Отношение сил $P_{a1}/P_{r1} = 2239/3293 = 0,68 = e$ – осевую нагрузку не учитываем.

Эквивалентная нагрузка в этом случае рассчитывается по формуле:

$$P_{\sigma 1} = P_{r1}VK_{\sigma}K_T = 3293 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3293 \text{ Н}, \quad (4)$$

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

где V – коэффициент, учитывающий схему вращения колец, $V=1$; K_6, K_T – коэффициенты, учитывающие условия работы подшипников [1, с.212].

У второго подшипника отношение сил $P_{a2}/P_{r2} = 15724/2747 = 5,72 > e$.

Поэтому эквивалентная нагрузка рассчитывается по формуле:

$$P_{\Sigma 2} = (XP_{r1}V + YP_{a2}) K_6 K_T = 0,41 \cdot 2747 + 0,87 \cdot 15724 = 14800 \text{ Н}, \quad (5)$$

где X, Y выбираются по справочным таблицам [1, с.212-213]: $X=0,41$; $Y=0,87$.

Проверку на долговечность производим по наиболее нагруженной опоре. Номинальная долговечность определяется по формуле:

$$L = \left(\frac{C}{P_g} \right)^p, \quad (3.7)$$

где C – динамическая грузоподъемность по каталогу; p – показатель степени ($p=3$ – для шарикоподшипников; $p=3,33$ – для роликоподшипников).

$$L = \left(\frac{132,6}{14,8} \right)^3 = 749 \text{ млн. об}$$

Значение долговечности в часах

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{749 \cdot 10^6}{60 \cdot 560} = 22292 \text{ ч}$$

По ГОСТ 8338-75 выбираем подшипник:

Подшипник № 204

Размеры подшипника: $d = 20 \text{ мм}$, $D = 47 \text{ мм}$, $B = 22 \text{ мм}$

Динамическая грузоподъемность $C = 61,8 \text{ кН}$.

Статическая грузоподъемность $C_0 = 36 \text{ кН}$.

Осевая нагрузка на подшипник $F_a = 0,75 \text{ кН}$;

$$F_a/C_0 = 0,75/36 = 0,021$$

По таблице 9.2. [4] выбираю параметр осевого нагружения $e = 0,2$

Радиальная нагрузка на левый подшипник $F_r = 0,18 \text{ кН}$, на правый $F_r = 6,33 \text{ кН}$

Эквивалентная динамическая нагрузка

$$P_g = K_6 \cdot K_T \cdot (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a),$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						16

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

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

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

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

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

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

Режим, который по одним признакам является вибрационным, а по другим безвибрационным, будем считать *переходным*, относя его к

вибрационному или безвибрационному режиму, смотря по преобладанию признаков того или иного рода, а также по степени четкости их проявления.

В дальнейшем мы будем руководствоваться именно такими характеристиками режима работы с точки зрения его 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 $\phi = 45^\circ$ 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 α и β 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.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1. Правовые и организационные вопросы охраны труда

Правильная организация работы по охране труда снижает травматизм и профессиональную заболеваемость на производстве.

За безопасность труда на предприятии отвечает главный инженер.

Проведение мероприятий по охране труда, а также ответственность за состояние охраны труда, техники безопасности возложены на руководителей мелиоративных мероприятий.

Руководители и главные инженеры сельскохозяйственных организаций в своей повседневной практической работе по охране труда обязаны [17]:

— обеспечивать во вверенных им подразделениях исправность и безопасное состояние производственных и вспомогательных помещений, оборудования, инвентаря, транспортных средств, а также правильную организацию работ и рабочих мест;

— предусматривать и внедрять в производство технологические процессы и машины, облегчающие трудоемкие и тяжелые работы и обеспечивающие безопасность, улучшение условий и повышение производительности труда;

— организовывать и проводить обучение работающих правилам техники безопасности и производственной санитарии. Не допускать рабочих к самостоятельному выполнению работ без инструктажа, обучения и проверки знаний по безопасным приемам выполнения данной работы. Разрабатывать на все виды работ и обеспечивать ими работающих;

— своевременно рассматривать проекты и другую проектно-техническую документацию с проверкой отражения в них вопросов техники безопасности и производственной санитарии и внесением дополнительных решений, способствующих безопасному выполнению работ;

— своевременно расследовать несчастные случаи на производстве, выявлять причины, вызвавшие их, и принимать меры к предупреждению производственного травматизма;

— осуществлять контроль за правильным использованием санитарно-бытовых помещений, обеспечивать работающих спецодеждой, спецобувью и т.д.

— разрабатывать совместно с профсоюзными комитетами перспективные планы улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий.

Главный электромеханик и инженер несут ответственность за правильную организацию и своевременное проведение профилактических осмотров и планово-предупредительного ремонта машин, механизмов, оборудования; за организацию обучения персонала, занятого обслуживанием машин, механизмов; за своевременное расследование причин аварий и разработку мероприятий по их предупреждению

4.2 Анализ производственного травматизма и заболеваемости

Для оценки уровня травматизма пользуются относительными статистическими показателями – коэффициентом частоты $K_{\text{ч}}$ и коэффициентом тяжести травматизма $K_{\text{т}}$.

Показатель частоты травматизма $K_{\text{ч}}$ определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{ч}} = \frac{1000T}{P}, \quad (4.1)$$

где T – число несчастных случаев;

P – среднесписочное количество работающих.

Показатель тяжести травматизма K_T характеризует качественную сторону травматизма, т.е. сколько человеко-дней нетрудоспособности приходится на одну травму:

$$K_T = \frac{Д}{T}, \quad (4.2)$$

где $Д$ – число человеко-дней нетрудоспособности пострадавших за определенный промежуток времени.

Дополнительной характеристикой тяжести несчастных случаев является также показатель травм со смертельным исходом:

$$K_{CM} = 1000C/P, \quad (4.3)$$

где C – число случаев со смертельным исходом за рассматриваемый промежуток времени.

4.3 Производственная санитария и гигиена труда

Основные санитарные требования, предъявляемые к генеральным планам предприятий гидромелиоративного производства, регламентируются СНиП 2.09.02-85, СНиП 2.04.05-86, СНиП 2.09.04-87 [18].

При выборе площадки под строительство учитываются направление и скорость ветра, рельеф местности, интенсивность прямого солнечного облучения, физико-технические свойства грунта и уровень состояния грунтовых вод, загрязненность воздуха, воды и почв в районе предполагаемого строительства, условия распределения по местности выделяемых вредных веществ.

Для строительства предприятий непригодны площадки со слабыми грунтами в виде пльвунов и фильтрующих грунтов.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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 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..

4.4 Техника безопасности при работ на металлорежущих станках

Обслуживающий персонал должен получать каждый раз указания о порядке выполнения нового задания, а так же о соблюдении необходимых мер предосторожности.

Перед пуском станка станочник обязан внимательно осмотреть станок и убедиться в полной ее исправности. Работа на неисправном станке ни в коем случае не разрешается. О всех неисправностях станка или ненормальных условиях эксплуатации которые могут привести к аварии, станочник обязан немедленно довести до сведения администрации предприятия.

Во время работы на станке пребывания вблизи посторонних лиц не разрешается, так же как и нахождение кого бы то ни было в радиусе его действия.

В период работы двигателя и механизмов станка не разрешается крепление каких-либо частей и их смазка.

Станочник должен работать в опрятной спецодежде и перчатках, чтобы не зацепиться за движущиеся части машины рваными частями одежды или перчаток.

Замена заготовок разрешается только при выключенном двигателе.

Доливать СОЖ следует при работающем на малых оборотах или остановленном электродвигателе.

Перед запуском станка следует установить в нейтральное (выключенное) положение все механизмы привода, в том числе механизмы управления шпинделем

Машинист не должен оставлять без присмотра станок, если ее двигатель работает. Если он уходит от станка, должен выключить ее двигатель.

После окончания работы станочник должен выключить станок, убрать стружу, смазать направляющие станины. Повесить рабочую одежду в шкаф.

4.5 Производственная гимнастика на рабочем месте

Производственная физическая культура - система методически обоснованных физических упражнений физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой профессиональной дееспособности. Форма и содержание этих мероприятий определяются особенностями профессионального труда и быта человека. Заниматься ПФК можно как в рабочее, так и в свободное время.

Направления борьбы с вибрациями и критерии виброустойчивости

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,

закрывающиеся 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 неработающей 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;

- б) 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.).

При внедрении производственной гимнастики по предприятию издается приказ, в котором отражаются задачи медико-санитарной части, здравпункта, меры по контролю за санитарно-гигиеническим состоянием мест, отведенных для занятий производственной гимнастикой. В состав методического совета по производственной гимнастике обязательно включается заведующий медико-санитарной частью (здравпунктом) предприятия. В дальнейшем параллельно с изучением эффективности производственной гимнастики, обновлением и составлением заново комплексов продолжается изучение санитарно-гигиенических условий труда и принимаются меры по их улучшению.

Составной частью профилактической деятельности медицинских работников предприятий является разъяснительная работа среди трудящихся о влиянии на организм занятий гимнастикой; подготовка и инструктаж методистов и общественных инструкторов производственной гимнастики по санитарным и гигиеническим вопросам, ознакомление их, а также трудящихся с простейшими методами самоконтроля за состоянием здоровья.

5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

5.1 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:

$$G_m = (G_k + G_p) \cdot K, \text{ кг} \quad (5.1)$$

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

G_r – масса готовых узлов и агрегатов, кг.;

K – коэффициент учитывающий массу расходов на изготовление конструкций монтажных материалов

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

Массу сконструированных деталей, узлов и агрегатов заносим в таблице 3.1

Таблица 5.1-Расчет массы сконструированных узлов

Наименование детали	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг
1	2	3	4
Плита	985	$7,8 \times 10^{-3}$	7,6
Кронштейн	143	$7,8 \times 10^{-3}$	1,15
Направляющая	52	$7,8 \times 10^{-3}$	0,405
Зажим	96	$7,8 \times 10^{-3}$	0,748
Всего	-	–	9,903

$$G_M = (9,903 + 3,54) \cdot 1,05 = 14,115 \text{ кг.}$$

Для определения стоимости конструкции машин воспользуемся способом аналогии по сопоставимости массы

$$C_{\bar{o}} = \frac{C_{стар} \cdot G_{стар} \cdot \sigma}{G_{нов}} \quad (5.2)$$

где $C_{стар}$, $C_{\bar{o}}$ – балансовая стоимость проектируемой и старой конструкции, руб. ;

$G_{стар}$, $G_{нов}$. – масса старой и проектируемой конструкции ;

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

$$C_{\bar{o}} = \frac{25000 \cdot 12,1 \cdot 0,95}{13,443} = 21393 \text{ руб.}$$

Для расчетов принимаем $C_{\bar{o}} = 21500$ рублей.

5.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

Исходные данные для расчета заносим в таблицу 5.2

Таблица 5.2 -Исходные данные для расчета

Наименование	Исходные	Проект
Масса конструкции G , кг.	12,1	13,44
Балансовая стоимость C_0 , руб.	25000	21500
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка Z , руб. чел/ч	60	60
Норма затрат на ремонт и ТО A_{pmo} , %	16	16
Норма амортизации a , %	14,2	14,2
Годовая загрузка $T_{год}$, час.	1200	1200
Часовая производительность $W_ч$, шт/час	12,8	19,3
Срок службы $T_{сл}$, лет	10	10

При расчетах показатели исходной конструкции обозначаем с индексом **0**, а показатели проектируемой конструкции обозначаем индексом **1**

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_ч \cdot T_{год} \cdot T_{сл.}}, \text{ кг/шт.} \quad (5.3)$$

где G – масса, кг;

$N_{год}$ – годовая загрузка, шт.;

$T_{сл.}$ – срок службы, лет.

$$M_e^0 = \frac{12,1}{12,8 \cdot 1200 \cdot 10} = 7,88 \cdot 10^{-5} \text{ кг/шт.}$$

$$M_e^1 = \frac{13,44}{19,3 \cdot 1200 \cdot 10} = 5,81 \cdot 10^{-5} \text{ кг/шт.}$$

Фондоемкость процесса (общая):

$$F_e = \frac{C_6}{W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (5.4)$$

где C_6 – балансовая стоимость, руб

$$F_{ec} = \frac{25000}{12,8 \cdot 1200} = 1,62 \text{ руб./шт.};$$

$$F_{епр} = \frac{21500}{19,3 \cdot 1200} = 0,92 \text{ руб./шт.}$$

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

$$S = C_{зн} + C_{рмо} + A, \quad (5.5)$$

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

$C_{рмо}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание

A – амортизационные отчисления по конструкции, руб./т

Затраты на заработную плату определяется по формуле:

$$C_{зн} = Z \cdot T_e, \quad (5.6)$$

$$T_e = \frac{n}{W_{ч}}, \quad (5.7)$$

где n – количество обслуживающего персонала

$$T_1 = \frac{1}{12,8} = 0,07 \text{ чел.}\cdot\text{ч/шт}$$

$$T_0 = \frac{1}{19,3} = 0,051 \text{ чел.}\cdot\text{ч/шт}$$

$$C_{зн}^0 = Z \cdot T_e = 60 \cdot 0,07 = 4,2 \text{ руб/шт};$$

$$C_{зн}^1 = 60 \cdot 0,051 = 3,17 \text{ руб/шт.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяется из выражения:

$$C_{рмо} = \frac{C_6 \cdot H_{рмо}}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (5.8)$$

где H_{pmo} – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %

$$C^0_{pmo} = \frac{25000 \cdot 14,2}{100 \cdot 12,8 \cdot 1200} = 0,23 \text{ руб./шт}$$

$$C^1_{pmo} = \frac{21500 \cdot 14,2}{100 \cdot 19,3 \cdot 1200} = 0,13 \text{ руб./шт}$$

Затраты на амортизацию определяется из выражения:

$$A = \frac{C_{\bar{b}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (5.9)$$

где a – норма амортизации, %

$$A^0 = \frac{25000 \cdot 10}{100 \cdot 12,8 \cdot 1200} = 0,16 \text{ руб/шт.}$$

$$A^1 = \frac{21500 \cdot 10}{100 \cdot 19,3 \cdot 1200} = 0,09 \text{ руб/шт}$$

$$S^0 = 4,2 + 0,23 + 0,16 = 4,59 \text{ руб/шт}$$

$$S^1 = 3,17 + 0,13 + 0,09 = 3,39 \text{ руб/шт}$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_e, \quad (5.10)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_{\text{н}} = 0,15$;

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

$$C^0_{\text{прив}} = 4,59 + 0,15 \cdot 1,62 = 4,83 \text{ руб/шт} ;$$

$$C^1_{\text{прив}} = 3,39 + 0,15 \cdot 0,92 = 3,52 \text{ руб/шт}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_c - S_{np}) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} ; \quad (5.11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (4,59 - 3,39) \cdot 19,3 \cdot 1200 = 27792 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив } c} - C_{\text{прив } np}) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} , \quad (3.22)$$

$$E_{\text{год}} = (4,83 - 3,52) \cdot 19,3 \cdot 1200 = 30339,6 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{C_{\delta_0}}{\mathcal{E}_{\text{зод}}} \quad (5.12)$$

где C_{δ_0} – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб

$$T_{ок} = \frac{21500}{27792} = 0,77$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{зод}}}{C_{\delta_1}} \quad (5.13)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{27792}{21500} = 1,29$$

Таблица 5.3 Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

Наименование показателей	Базовый (исходный)	Проектируемый
Часовая производительность, шт./ч	12,8	19,3
Фондоемкость процесса, руб./шт.	1,62	0,92
Металлоемкость, г/шт.	7,88	5,81
Уровень эксплуатационных затрат, руб./шт.	4,57	3,39
Уровень приведенных затрат, руб./шт.	4,81	3,52
Годовая экономия, руб.	–	27792
Годовой экономический эффект, руб.	–	30339,6
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	–	0,77
Коэффициент эффективности доп. капитальных вложений	–	1,29

По результатам вычислений видно, что конструкция является экономически эффективной.