

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

А.И. Попелюх

**Технологическая документация и сопровождение производства
художественных изделий**

(конспект лекций)

УДК 621.78.084

Рецензент: канд. техн. наук А.И. Смирнов

Учебное пособие разработано в соответствии с программой дисциплины «Технологическая документация и сопровождение производства художественных изделий», которая является одной из завещающих дисциплин обучения бакалавров по образовательной программе «Технология художественной обработки материалов». В учебном пособии рассмотрены главные этапы подготовки производства художественных изделий, изложены основные виды технологических документов и требования к их заполнению, правила и рекомендации составления технологических планировок участков производства художественной продукции. Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Технология художественной обработки материалов»

Составитель: доцент Попелюх А.И.

Новосибирский государственный
технический университет, 2017

Содержание

Раздел 1. Этапы подготовки и организация производства художественных изделий

- 1.1. Этапы производства художественных изделий и функции инженера-технолога на каждом этапе.....5
- 1.2. Выбор организационных форм формы выполнения операций.....11

Раздел №2. Повышение технологичности производства художественных изделий

- 2.1. Основные показатели технологичности18
- 2.2. Методы повышения технологичности21
- 2.3. Технологичность изделий..... 22
- 2.4. Технологичность заготовок..... 22
- 2.5. Технологичность деталей при обработке резанием..... 24
- 2.6. Технологичность материалов..... 25
- 2.7. Технологичность сборочных операций..... 26

Раздел №3. Разработка технологических процессов изготовления художественных изделий

- 3.1. Этапы разработки технологических процессов.....27
- 3.2. Подготовка и изучение исходных данных.....28
- 3.3. Группирование изделий31
- 3.4. Подбор типового или составление нового технологического процесса.....32
- 3.5. Выбор заготовок.....35
- 3.6. Выбор технологических баз..... 40
- 3.7. Разработка технологических процессов производства художественных изделий и составление технологического маршрута обработки.....45
- 3.8. Разработка (выбор) содержания операций и выбор технологического оборудования.....48
- 3.9. Нормирование производства художественных изделий.....54
- 3.10. Определение требований техники безопасности.....59

3.11 Расчет экономической эффективности процесса.....	59
Раздел 4 Оформление технологической документации	
4.1. Общие положения	60
4.2. Виды описания технологического процесса.....	65
4.3. Виды технологических документов.....	67
4.4. Выбор и построение форм технологических документов.....	67
4.5. Оформление титульного листа.....	72
4.6. Заполнение основной надписи на технологических документах.....	79
4.7. Карта эскизов.....	81
4.8. Общие требования к оформлению технологических документов.....	84
4.9. Маршрутная карта.....	85
4.10. Операционная карта механической обработки.....	89
4.11. Операционные карты слесарных и слесарно-сборочных операций.....	97
Раздел № 5 Технологическая оснастка. Основы конструирования и выбора	
5.1. Классификация и виды приспособлений.....	100
5.2. Элементы приспособлений.....	103
5.3. Выбор приспособлений.....	114
Раздел № 6. Планировка участков производства художественных изделий	
6.1. Общие положения.....	114
6.2. Определение потребных производственных площадей и выбор параметра здания.....	116
6.3. Выбор подъемно-транспортных средств.....	120
6.4. Правила и рекомендации составления планировок.....	121
7. Вопросы для самопроверки.....	131
Литература	134

Раздел 1. Этапы подготовки и организация производства художественных изделий

1.1. Этапы производства художественных изделий и функции инженера-технолога на каждом этапе

Для выпуска художественных изделий необходима предварительная подготовка документации, технического оснащения, материальных, финансовых, энергетических, трудовых ресурсов. Основанием для принятия решений о выпуске художественных изделий является бизнес-план (технико-экономическое обоснование), который включает в себя программу пошаговых действий для реализации нового проекта и оценку эффективности достижения поставленных целей. Бизнес-план должен быть пессимистичным, гибким и легко корректируемым. Начальный этап работ заключается в маркетинговых исследованиях рынка художественных изделий, на котором выясняют следующие аспекты:

- предположительные объемы реализации продукции и способы достижения заданных объемов;
- способы продвижения продукта на рынок;
- предполагаемую цену реализуемой продукции;
- основных потребителей продукции;
- сезонность продаж;
- конкурентов и их возможную реакцию на ваши действия;
- сырьевую базу;
- трудовые ресурсы и ситуацию на рынке труда;
- финансовые затраты и возможные источники инвестиций;
- возможные риски;
- эффективность и значимость проекта.

На начальном этапе инженер-технолог по специальности «Технология художественной обработки материалов» оказывает помощь специалисту-маркетологу при анализе рынка и расчете параметров себестоимости изделия.

При принятии положительного решения на реализацию проекта начинается разработка конструкции художественного изделия, составление технического задания на изделие и подготовка рабочих чертежей. На втором этапе технолог выполняет следующие виды работ:

- оказывает помощь дизайнеру или конструктору при разработке рабочих чертежей изделия;
- осуществляет анализ конфигурации художественного изделия с точки зрения технологичности;
- выдает рекомендации по применяемым материалам, допускам, припускам и посадкам;
- оптимизирует типоразмеры и количество применяемых материалов и комплектующих;
- предлагает способы сборки изделий и методы оценки качества продукции;
- анализирует возможность возникновения дефектов и выдает рекомендации по способам их предотвращения.

Третий этап работ освоения новой продукции заключается в разработке технологии изготовления изделия и составления пакета технологической документации. На этом этапе инженер-технолог производит разработку технологии процесса производства изделий и осуществляет:

- выбор заготовок;
- выбор технологических баз;
- подбор типового или составление нового технологического процесса;
- определение последовательности и содержания технологических операций;
- определение, выбор или конструирование новых средств технологического оснащения (в том числе средств контроля и испытания);
- расчет или выбор режимов обработки;
- нормирование производства;
- выбор средств механизации и автоматизации технологических процессов;
- синхронизацию операций и определение технологических заделов.

Результатом работ на третьем этапе является пакет технологической документации на производство изделия.

На следующем этапе работ, заключающемся в проектировании участка производства художественных изделий, инженер-технолог решает вопросы:

- проектирования участка, расстановке оборудования и составления планировок;
- адаптации транспортного и грузоподъемного оборудования, средств автоматизации и механизации к конкретным технологическим процессам;
- выбора тары и способов упаковки изделия;
- адаптации технологии к требованиям смежных подразделений и подрядчиков (строителей, энергетиков, экологов и т.д.).

В процессе пуско-наладочного этапа инженер-технолог выдает рекомендации в приобретении оборудования, его монтаже, проводит доводку технологии изготовления, корректировку конструкторской и технологической документации и отработывает технологичность процесса при выпуске опытной партии изделий, проводит выявление дефектов и устранение узких мест в технологии изготовления детали.

Статистика показывает, что технологический и пуско-наладочный этап являются наиболее трудоемкими и занимают 60-75 % всего времени на внедрение новой продукции [1]. Ускорение процессов внедрения возможно за счет систем автоматизированного проектирования (особенно на первом, втором и третьем этапах) и использования баз данных по бизнес-планированию, типовым конструкциям, технологиям, оборудованию, оснастке, планировкам и расчетам потребных мощностей. Системы автоматизированного проектирования позволяют осуществлять многовариантное проектирование, что упрощает выбор наиболее рационального процесса производства изделий. В результате выполнения работ на предприятии формируется пакет технической документации, который выполняется в соответствии требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) [2] и единой системы технологической документации (ЕСТД) [3]. Наличие на участках и рабочих местах

технологической документации при производстве изделий является обязательным условием.

На различных стадиях разработки и постановки в производственном процессе могут быть задействованы различные службы или организации, взаимодействие между которыми может быть представлено на схеме, представленной ниже [4].

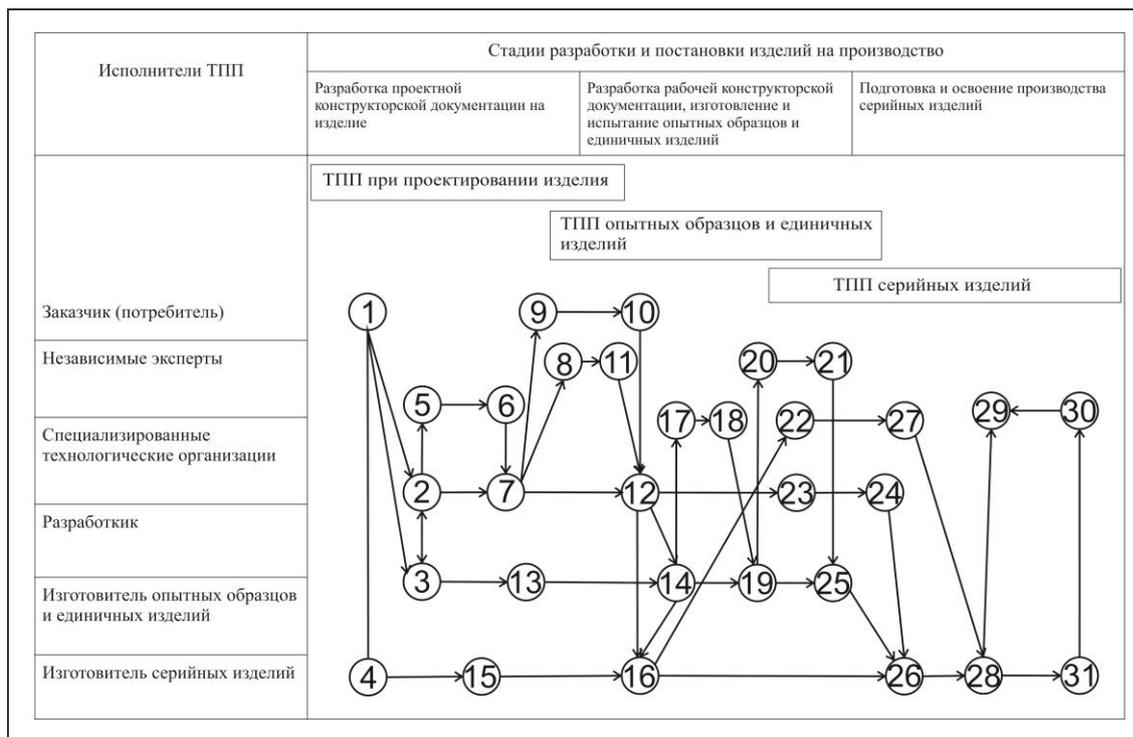


Рис. 1. Функциональная схема взаимосвязи отдельных исполнителей технологической подготовки производства

Функции заказчика (потребителя)

1 > 2 - выбор разработчика изделия;

1 > 3 - выбор (участие в выборе) изготовителя единичных изделий;

1 > 4 - выбор (участие в выборе) изготовителя серийных изделий;

9 > 10 - оценка определяющих технологических и организационных решений по производству изделия;

10 > 12 - передача разработчику результатов оценки.

Функции независимых экспертов

8 > 11 - оценка определяющих технологических и организационных решений по производству изделия;

11 > 12 - передача разработчику результатов оценки;

20 > 21 - оценка технологической готовности производства к изготовлению изделий для приемочных испытаний;

21 > 25 - передача изготовителю результатов оценки опытных образцов и единичных изделий;

29 > 30 - оценка технологической готовности производства к изготовлению серийных изделий;

30 > 31 - передача изготовителю серийных изделий результатов оценки.

Функции специализированных технологических организаций

5 > 6 - участие в выполнении работ по ТПП при проектировании изделия;

6 > 7 - передача разработчику результатов работ по ТПП;

17 > 18 - участие в выполнении работ по ТПП опытных образцов и единичных изделий;

18 > 19 - передача изготовителю опытных образцов и единичных изделий результатов работ по ТПП;

22 > 27 - участие в выполнении работ по ТПП серийных изделий;

27 > 28 - передача изготовителю серийных изделий результатов работ по ТПП.

Функции изготовителя опытных образцов и единичных изделий

3 > 2 - выбор разработчика, если он не входит в одно объединение с изготовителем или не определен в заказе на создание изделия;

3 > 13 - участие в выполнении работ по ТПП при проектировании изделия;

13 > 14 - участие в оценке определяющих технологических и организационных решений по производству изделия;

14 > 16 - передача изготовителю серийных изделий технологической документации, необходимой для начала выполнения наиболее сложных и трудоемких работ по ТПП;

14 > 17 - привлечение специализированных технологических организаций к выполнению работ по ТПП опытных образцов и единичных изделий;

14 > 19 - организация и выполнение работ по ТПП опытных образцов и единичных изделий;

19 > 20 - организация независимой оценки технологической готовности производства к изготовлению изделий для приемочных испытаний;

19 > 25 - оценка технологической готовности производства к изготовлению изделий для приемочных испытаний;

25 > 26 - передача изготовителю серийных изделий необходимой для ТПП технологической документации.

Функция изготовителя серийных изделий

4 > 2 - выбор разработчика, если он не входит в одно объединение с изготовителем или не определен в заказе на создание изделия;

4 > 15 - участие в выполнении работ по ТПП при проектировании изделия;

15 > 16 - участие в оценке определяющих технологических и организационных решений по производству изделия;

16 > 22 - привлечение специализированных технологических организаций к выполнению работ по ТПП серийных изделий;

16 > 26 - организация и начало выполнения наиболее сложных и трудоемких работ по ТПП серийных изделий;

26 > 28 - выполнение и завершение работ по ТПП серийных изделий;

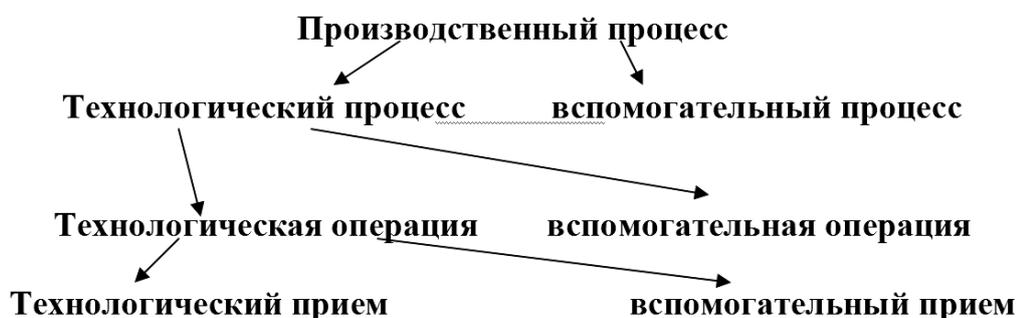
28 > 31 - оценка технологической готовности производства к изготовлению серийных изделий.

На практике в небольших мастерских по производству художественных изделий функции изготовителя опытных образцов, единичных изделий и серийных изделий обычно объединены, а в качестве независимых экспертов

привлекают наиболее квалифицированных специалистов работающих в той же организации, не задействованных в реализации программы постановки изделий данного вида на производство.

1.2. Выбор организационных форм выполнения операций

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для выпуска или ремонта изделий. Он может быть рассмотрен с различных точек зрения [5, 6]. С технологической точки зрения производственный процесс может быть представлен следующим образом.



Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда.

Технологическая операция – часть технологического процесса, отличающаяся по виду воздействия на материал. Технологический прием (стадия)– часть операции, связанная с манипулированием изделием.

С организационной точки зрения производственный процесс может быть представлен следующим образом.



Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте связанная с изменением формы и (или) свойств предмета труда. Вспомогательная операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте не связанная с изменением формы и (или) свойств предмета труда, но обеспечивающее более качественное выполнение основных технологических операций (мойка, правка)

Технологический переход - законченная часть операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. Вспомогательный переход - законченная часть операции, которая не сопровождается изменением свойств предмета труда, но необходим для выполнения технологического перехода. Технологический режим - совокупность значений параметров технологического процесса в определенном интервале времени.

Технологический процесс включает в себя группы операций:

- подготовительные, которые включают в себя комплекс мероприятий для предотвращения образования дефектов;
- основные, предназначенные для изменения формы и (или) свойств объекта;
- отделочные, служащие для улучшения качества поверхности деталей или изделия;
- контрольные, в ходе которых осуществляется контроль качества изделия.

Организационные формы выполнения операций

Обработке могут подвергаться:

- отдельный участок изделия;
- все изделие;
- некоторое количество (передаточная партия);
- несколько передаточных партий.

При массовой обработке различают следующие понятия:

Загрузка- число изделий одновременно обрабатываемых в оборудовании

периодического действия. Передаточная партия- количество изделий одновременно передаваемых с операции на операцию, размещаемое в одном приспособлении. Таким образом, обработка бывает:

- штучная;
- партионная;
- комбинированная.

Достоинства штучной обработки:

- достигаются оптимальные технологические условия (более точный контроль технологических режимов, нет явлений загоразивания, нет контакта изделий при перемещении);
- иногда единственно возможный способ (например, контактный нагрев в штампах и т.д.)

Достоинством партионной обработки является более высокая производительность.

Комбинированная обработка - это непрерывное изготовление изделий по частям, например волочение проволоки. При производстве художественных изделий необходимо разумное сочетание качества штучной обработки с производительностью партионной. Размер партии зависит от технологического режима, формы изделия, способа укладки (регламентированный или навалом), необходимости перемещения изделий и т.д.

Число технологических стадий выполняемых на одной позиции

С точки зрения технологической техпроцесс делится на операции, каждая операция на стадии (окраска-сушка, нагрев-выдержка). С точки зрения организационной техпроцесс состоит из операций и межоперационного перемещения, каждая операция - из позиции и межпозиционного перемещения. Возможно различное сочетание стадий и позиций (операций). **При концентрированном способе** обработки на одной позиции выполняются несколько стадий (на одном рабочем месте несколько стадий техпроцесса). Достоинства концентрированного способа обработки:

- минимальное количество оборудования;

- минимальные занимаемые площади;
- минимальное количество погрузочно-разгрузочных операций.

Недостатки концентрированного способа:

- постоянные перерегулировки оборудования;
- большая инерционность процесса.

При **дифференцированном способе** обработки каждая стадия выполняется на своей технологической позиции со стабильными рабочими параметрами.

Достоинства дифференцированного способа:

- нет постоянных переналадок, что позволяет применять оборудование, требующее продолжительной настройки или значительного времени выхода на рабочий режим;
- высокая точность и стабильность параметров;
- высокая производительность;
- более высокое качество;
- иногда это единственный способ, особенно если происходит изменение состава среды.

Недостатки дифференцированного способа:

- большое количество оборудования и площадей;
- удлинение межстадийных интервалов и переходов;
- целесообразна концентрация оборудования в поточные линии.

Пример обработки изделий концентрированным и дифференцированным способом на примере технологии окрашивания.

1 вариант. Концентрированный способ. Окрашиваются отдельные части изделия. Изделие сушится, переворачивается и окрашивается другая сторона. После полного окрашивания и высыхания изделия на том же самом рабочем месте оно упаковывается.

2 вариант. Дифференцированный способ. Одновременно окрашивают разные стороны нескольких изделий, закрепленных в приспособлении, после чего приспособление помещается в зону сушки, где изделие сохнет. Затем

приспособление с изделиями отправляют на упаковочный участок, их снимают с приспособлений и пакуют.

Синхронизация операций – это согласование взаимосвязанных операций по времени, производительности и загруженности оборудования. Рассчитывают такт и ритм обработки. *Такт* это время чередования отдельных элементов обработки, *ритм* - количество изделий обрабатываемых в единицу времени. Синхронизация операций достигается за счет объединения или расчленения операций, изменения технологического процесса обработки, регулирования количества рабочих мест, совершенствования организации труда на рабочих местах. Для определения этих параметров строят диаграмму продолжительности технологического процесса. Синхронизации подвергаются:

- все приемы каждой операции;
- совокупность операций в поточных линиях;
- совокупность технологических процессов смежных производств.

После синхронизации длительность стадии должна быть равна или кратна такту. Чем короче операции, тем легче их синхронизовать. В оборудовании синхронизация достигается изменением скорости перемещения или изменением плотности грузопотока. Если одна из стадий более длинная, то применяют дублирующее оборудование. Синхронизацию технологического процесса можно рассмотреть на примере технологии изготовления декоративных металлических ограждений (рис.2). Каждая секция декоративного ограждения имеет 100 однотипных элементов, заданные показатели производительности - 2 (200 деталей) секции в час. Технологический процесс изготовления металлического ограждения состоит из следующих операций:

- резка заготовок (время отрезки каждой заготовки 2 минуты),
- нагрев заготовки (время нагрева 15 мин),
- деформация заготовки (время деформации 1 мин),
- сборка секции (время сборки секции из 100 элементов – 1 час),
- обезжиривание секции (время 10 мин),
- окрашивание секции (время 30 мин),

- сушка секции (время 2 часа),
- упаковка секции (время 20 мин).

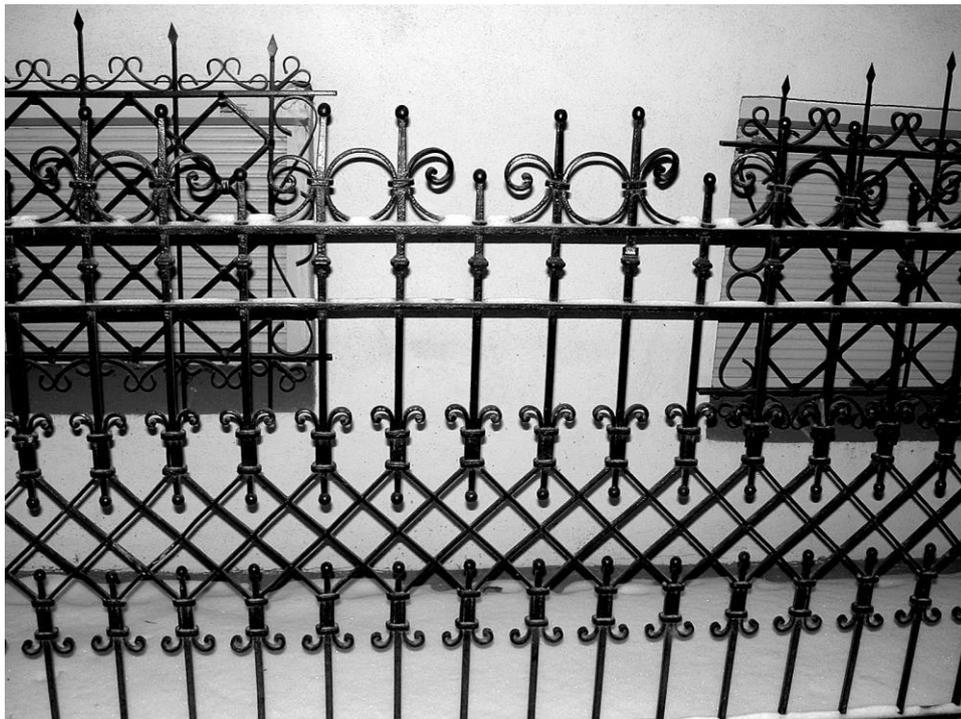


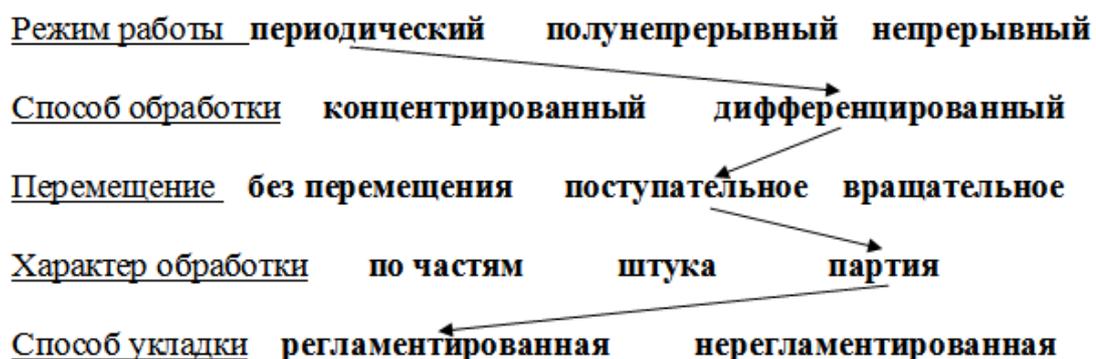
Рис.2. Секция декоративного ограждения

Синхронизация операций осуществляется следующим образом (таблица 1). Определяют количество операций, которое может быть выполнено на одном рабочем месте в течение часа, затем делением требуемой часовой производительности на количество операции рассчитывают необходимое количество рабочих мест. В зависимости от веса и размера деталей, удобства их загрузки, выгрузки и транспортировки, выбирают величину передаточной партии. Определяют количество передаточных партий на каждой операции и рассчитывают такт. Наиболее рационально, чтобы величина передаточной партии и такт операций во всей технологической цепочке оставались неизменными. В этом случае отпадает необходимость перегрузки деталей с приспособления на приспособление, и возникают предпосылки для объединения технологического оборудования в поточную линию.

Таблица 1. Синхронизация процесса изготовления декоративного ограждения с заданной производительностью 2 секции (200 деталей) в час

<i>№</i>	<i>Название операции</i>	<i>Время операции, мин</i>	<i>кол-во деталей на операции шт./мин</i>	<i>Количество рабочих мест</i>	<i>Величина передаточной партии</i>	<i>Такт, мин.</i>
1	Заготовительная (резка заготовок из прутка)	2	6,6 (60/2=30 операций час, 200/30 = 6,6)	7	50	15
2	Нагрев заготовки	15	50	7 печей по 7 детали	50	15
3	Ковка	1	3,3	4	50	15
4	Сборка изделия (сварка и клепка)	60 (100 шт)	200 (2 секции)	2 (на секцию)	100	30
5	Обезжиривание	10 (100 шт)	33 (0,33 секции)	1 (на секцию)	100	30
6	Окрашивание	30 (100 шт)	100 (1 секция)	1 (на секцию)	100	30
7	Сушка	120 (100 шт)	400 (4 секции)	4 (на секцию)	100	30
8	Упаковка	20 (100 шт)	66 (0,66 секции)	1 (на секцию)	100	30

Выбор организационных форм производственного процесса, как правило, производят по нескольким вариантам, где в качестве основных показателей используют экономическую эффективность и сроки реализации проекта.



Раздел №2 Повышение технологичности производства художественных изделий

2.1. Основные показатели технологичности

В соответствии с ГОСТ 14.205-84 [7] под технологичностью понимают совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества в принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта. Производственная технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на: конструкторскую подготовку производства (КПП); технологическую подготовку производства (ТПП); изготовление изделия; контроль качества и упаковку. Эксплуатационная технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Оценка технологичности изделия может быть качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основе опыта исполнителя. При сравнении вариантов конструкции качественная оценка предшествует количественной и определяет целесообразность проведения последней. Количественная оценка производится с помощью системы включающей следующие показатели:

- базовые показатели, которые определяются нормативными документами;

- показатели технологичности, достигнутые при разработке аналогичных изделий;
- показатели уровня технологичности разрабатываемого изделия.

Кроме того показатели технологичности могут быть **абсолютными** (во временном или денежном выражении) и **относительными** (по сравнению с показателями изделия, принятого за базу или эталон). Общая номенклатура показателей конструкции изделия представлена в таблице 2.

Таблица 2. Показатели технологичности

Вид и группа показателей	Наименование показателей
Основные	
	Трудоемкость изготовления изделия Уровень технологичности по конструкции трудоемкости изготовления Технологическая себестоимость изделия Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости
Дополнительные технико-экономические показатели	
трудоемкости	Относительная трудоемкость заготовительных работ Относительная трудоемкость процесса изготовления по видам работ Относительная трудоемкость подготовки изделия к функционированию Относительная трудоемкость обслуживания функционирующего изделия Относительная трудоемкость ремонтов изделия Удельная трудоемкость процесса изготовления изделия Удельная трудоемкость подготовки изделия к

	<p>функционированию</p> <p>Удельная трудоемкость обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Удельная трудоемкость ремонтов изделия</p> <p>Коэффициент эффективности взаимозаменяемости</p>
себестоимости	<p>Относительная себестоимость подготовки изделия к функционированию</p> <p>Относительная себестоимость обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Относительная себестоимость ремонтов изделия</p> <p>Удельная технологическая себестоимость изделия</p> <p>Удельная технологическая себестоимость изготовления изделия</p> <p>Удельная технологическая себестоимость обслуживания функционирующего изделия</p>
Дополнительные технологические показатели	
унификации конструкции	<p>Коэффициент унификации изделия</p> <p>Коэффициент унификации конструктивных элементов</p> <p>Коэффициент стандартизации изделия</p> <p>Коэффициент повторяемости</p>
унификации технологических процессов	<p>Коэффициент применения типовых технологических процессов</p>
расход материала	<p>Масса изделия</p> <p>Удельная материалоемкость изделия</p> <p>Коэффициент использования материала</p> <p>Коэффициент повторяемости материала</p>

обработка	Коэффициент точности обработки Коэффициент шероховатости поверхности
состав конструкции	Коэффициент сборности Коэффициент перспективного использования в других изделиях

2.2. Методы повышения технологичности

1. Повышение серийности изделий и их составных частей за счет
 - группирования;
 - унификации;
 - стандартизации.
2. Ограничение номенклатуры конструкций и применяемых материалов.
3. Преимущество освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям.
4. Снижение массы изделия.
5. Применение высокопроизводительных типовых технологических процессов и средств технологического оснащения.

Практическая отработка конструкции на технологичность осуществляется на различных этапах:

- конструктором при разработке изделия;
- - технологом в процессе контроля технологической документации;
- - нормоконтролером на этапе нормоконтроля;
- - при согласовании со смежными службами снабжения (*например, выяснение наличия материалов на складах поставщиков и минимальной партии отгрузки*), сбыта (*рациональный ассортимент в отгружаемых партиях*), складскими службами, службами транспортировки (*например, предпочтительный размер и количество изделий для рациональной упаковки, обеспечивающий удобное хранение и транспортировку*)

2.3. Технологичность изделий

При отработке деталей на технологичность анализируют следующие признаки:

- правильность выбора заготовки (с целью сокращения количества и продолжительности операций механической обработки);
- рациональность выбора материала;
- оптимальность простановки размеров;
- степень совмещения конструкторских, технологических и метрологических баз;
- рациональность сути и последовательности операций механической обработки;
- рациональность операций сборки;
- рациональность упаковки и транспортировки.

2.4. Технологичность заготовок

В качестве критерия при выборе заготовок может быть использован коэффициент сложности формы детали:

$$K_{\phi} = \frac{M_n}{M_{\phi}}$$

где M_n – масса детали, M_{ϕ} – масса условной заготовки в форме цилиндра или параллелепипеда, в который можно вписать данную деталь. Чем меньше значение K_{ϕ} , тем ниже технологичность детали и тем целесообразнее применение литья или штамповки для получения заготовки [8, 9]. При K_{ϕ} менее 0,16 для получения заготовки из стали целесообразно применение технологических процессов обработки металлов давлением или литья уже при незначительной партии деталей. Следует учитывать, что конструкция заготовки не должна значительно усложнять последующую механическую обработку. Одновременно оценку технологичности конструкции заготовки следует проводить с учетом выполнения заготовительных процессов и последующих операций сборки, стараясь обеспечить наименьшую трудоемкость и наименьшую себестоимость изготовления изделия в целом.

Технологичность отливок. В настоящее время широкое применение современных методов прототипирования сокращает время изготовления модели и упрощает процесс изготовления литейной формы. Соответственно, применение литейных технологий для получения заготовок становится рациональным при минимальной партии деталей. Технологичность конструкции отливок оценивают коэффициентом использования металла (отношением массы готовой детали к массе отливки) и коэффициентом необрабатываемой поверхности (отношением площади необрабатываемой поверхности по всей поверхности отливки). При разработке конструкции отливок целесообразно:

- минимизировать число поверхностей разъема формы;
- желательно чтобы плоскость разъема модели совпадала с плоскостью разъема формы;
- минимизировать число стержней;
- полки для крепления других деталей и ребра жесткости следует располагать перпендикулярно к плоскости разъема формы, чтобы исключить появление «теневых» поверхностей (поднутрений);
- необходимо предусмотреть литейные уклоны для удаления модели из формы без разрушения последней (при литье в песчаные формы) и для облегчения извлечения отливки;
- необходимо обеспечить равномерность толщины стенок отливки и их рациональную толщину (которая зависит от материала, способа литья, размеров отливки и т. п. Так, минимальная толщина стенки отливки из серого чугуна при длине отливки до 800 мм составляет 6...8 мм);
- необходимо обеспечить плавный переход от тонких стенок к сечениям большей толщины, а также правильное сопряжение стенок (отношение толщины сопрягаемых стенок не должно превышать 4:1).

Технологичность заготовок, штампуемых из листа. При разработке конструкции штампованных заготовок следует использовать следующие рекомендации:

- допуск на толщину стенки детали должен быть больше допуска на толщину листа заготовки;
- в качестве баз при простановке размеров выбирают поверхности, точность обработки которых наиболее высока;
- требуемые размеры детали должны обеспечиваться размерами инструмента. Например, для деталей, получаемых вытяжкой, указывают внутренние, а не наружные размеры;
- сложную по форме деталь целесообразно расчленять на отдельные части простой формы, собираемые между собой;
- рационально одностороннее расположение выступающих элементов, что позволяет повысить точность деталей, снизить расход металла;
- следует избегать резких переходов по сечению детали; площадь поперечного сечения по длине детали не должна изменяться более чем в три раза;
- выступы и ребра не должны располагаться близко друг к другу, т. к. это затрудняет течение металла в выступы и снижает стойкость штампов;
- нежелательно, чтобы деталь ребра с неодинаковой толщиной.

2.5. Технологичность деталей при обработке резанием

При разработке конструкции деталей, изготавливаемых при помощи операций резания, следует использовать следующие рекомендации [10]:

- желательно малое число поверхностей детали, так как это уменьшает трудоемкость ее изготовления;
- малая протяженность обрабатываемых поверхностей и повышенная точность заготовок сокращает трудоемкость механической обработки;
- желательно совмещение установочных и измерительных баз. При несоблюдении этого условия необходимо пересчитывать размерные цепи и ужесточать допуски на составляющие размеры;

- желательна высокая жесткость детали. В этом случае силы резания и закрепления не приводят к значительной деформации, что позволяет вести обработку на повышенных режимах;
- обеспечение удобного подвода режущего инструмента и измерительных средств к обрабатываемым поверхностям и сокращение пути врезания инструмента;
- выполнение обрабатываемых поверхностей выступающими над необрабатываемыми, что обеспечивает удобство подвода инструмента и обработку напроход нескольких поверхностей (снятие слоя материала с одной или нескольких поверхностей заготовки при свободном входе и выходе инструмента);
- для повышения технологичности рекомендуется отверстия делать сквозными, так как их обработка проще, чем глухих.

2.6. Технологичность материалов

Важнейший показатель технологичности материалов – их обрабатываемость резанием. К показателям, ухудшающим технологичность можно отнести следующие свойства материалов:

- малая теплопроводность материала приводит к разогреву и затуплению режущего инструмента;
- образование в результате обработки структур закалки приводит к упрочнению поверхности;
- высокая вязкость материала приводит к налипанию на режущую поверхность и изменению геометрии режущего инструмента.

Материалы более технологичны если они:

- менее чувствительны к температуре и времени тепловой обработки;
- более стойки к окислению;
- могут изготавливаться с использованием современных способов обработки;
- обладают повышенной трещиностойкостью;
- обладают меньшим изменением объема при тепловом воздействии;

- обладают высокой закаливаемостью и прокаливаемостью при термической обработке

2.7. Технологичность сборочных операций

При конструировании сборных изделий следует использовать следующие рекомендации:

- конструкция изделий должна допускать возможность их сборки из предварительно собранных составных частей (принцип поузловой сборки);
- изделия должны иметь простую компоновку и простое конструктивное решение. Установка и снятие сборочных единиц и деталей не должны быть затруднены;
- конструкция изделия должна обеспечивать возможность его сборки без сложных приспособлений;
- базовая деталь изделия должна иметь развитую технологическую базу, обеспечивающую достаточную устойчивость собираемого объекта, и возможность сборки без поворота базовой детали;
- возможность взаимозаменяемости, компенсирования и регулирования деталей;
- выбор рациональных способов соединений, сопряжений, креплений;
- использование при сборке стандартизованных и нормализованных деталей, что сокращает номенклатуру сборочных инструментов;
- сокращение количества крепежных элементов;
- упрощение сборочных операций, в частности, однозначности последовательности установки;
- устранение операции пригонки деталей;
- при сборке нужно обеспечивать возможность удобного и свободного подвода высокопроизводительных механизированных инструментов к местам соединения деталей. Желательно применение прямолинейных вертикальных движений.

2.8. Технологичность сварных конструкций

При конструировании сварных конструкций следует использовать следующие рекомендации [11]:

- в конструкциях необходимо использовать наиболее удобно выполняемые типы соединений;
- сварные швы располагают в доступных местах;
- желательно использование методов сварки, позволяющих получать сварные соединения с максимальным качеством при минимальной квалификации исполнителя;
- конструкция и габариты сварного изделия должны позволять проведение термических операции снижению остаточных напряжений, приводящих к короблению изделия;
- следует стремиться к симметричному расположению сварных швов, что должно снизить вероятность возникновения сварных деформаций;
- смежные сварные швы по возможности отдаляют друг от друга, чтобы свести их влияние друг на друга к минимуму;
- следует избегать соединения сварных заготовок различной толщины;
- для обеспечения точного относительного расположения соединяемых деталей предусматривают их взаимную фиксацию конструктивными элементами непосредственно на деталях либо используют специальные оправки.

Раздел №3 Разработка технологических процессов изготовления художественных изделий

3.1 Этапы разработки технологических процессов.

Создание оптимального технологического процесса происходит в несколько этапов [12,13]. Основные этапы разработки технологических процессов, решаемые задачи и необходимые документы представлены в таблице 3.

Таблица 3. Этапы разработки технологических процессов.

Этапы разработки технологических процессов	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы
1. Анализ исходных данных	<p>Ознакомление с конструкцией и назначением объекта.</p> <p>Поиск дополнительной справочной информации</p>	<p>Конструкторская документация на изделие.</p> <p>Сведения о программе выпуска</p>
2. Группирование изделий	<p>Создание укрупненных групп предметов производства, обладающих общностью технологических характеристик.</p> <p>Разработка или выбор комплексного изделия для каждой группы изделий</p>	<p>Конструкторская документация и рабочие чертежи на изделие.</p> <p>Руководящие материалы по группированию изделий</p>
3. Поиск или разработка типового или группового технологического процесса	<p>Разработка маршрута изготовления комплексного изделия</p> <p>Определение количества и последовательности групповых технологических операций процесса</p>	<p>Конструкторская документация на изделие</p> <p>Технологическая документация на типовой, групповой или единичный процесс</p> <p>Рабочие чертежи и технические условия на типовые изделия</p> <p>Документация технологических процессов</p>

4. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления	<p>Определение вида исходной заготовки</p> <p>Выбор метода изготовления заготовки</p> <p>Технико-экономическое обоснование выбора заготовки</p>	<p>Технологическая документация на типовой, групповой или единичный процесс изготовления заготовок</p> <p>Стандарты на материалы и заготовки</p> <p>Методика расчета и технико-экономической оценки выбора заготовок</p>
5. Выбор технологических баз	<p>Выбор поверхностей базирования</p> <p>Оценка точности и надежности базирования</p>	<p>Классификатор способов базирования</p> <p>Методика выбора технологических баз</p>
6. Составление технологического маршрута обработки	<p>Определение последовательности технологических операций (или уточнение по типовому маршруту)</p> <p>Определение состава средств технологического оснащения</p>	<p>Документация типового, группового или единичного технологического процесса</p>
7. Разработка технологических операций	<p>Разработка (уточнение) последовательности переходов в операции</p> <p>Выбор средств технологического оснащения</p> <p>Выбор технологической оснастки</p> <p>Выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса</p>	<p>Документация типового, группового или единичного технологического процесса</p> <p>Стандарты каталоги оборудования и оснастки</p> <p>Материалы по выбору нормативов обработки</p>

	Назначение и расчет режимов обработки	
8. Нормирование технологического процесса	Установление исходных данных для расчета нормативов Расчет и нормирование затрат труда Расчет и нормирование материалов Обоснование уровня профессиональной подготовки исполнителей	Нормативы трудоемкости операций и расходов материалов Классификаторы разряда работ и профессий Методики разработки норм времени
9. Определение требований техники безопасности	Разработка или выбор имеющихся требований по технике безопасности	Инструкции по ТБ и стандарты ССБТ
10. Расчет экономической эффективности процесса	Выбор оптимального варианта техпроцесса	Методика расчета экономической эффективности процесса
11. Оформление технологических процессов	Нормоконтроль технологической документации Согласование технологической документации	Стандарты ЕСТД

3.2. Подготовка и изучение исходных данных

Основой анализа является рабочий чертеж изделия, который должен иметь информацию о геометрических параметрах деталей, их точности, качестве поверхности, свойствах используемого материала и т. д. Чертеж детали сложной

формы обычно несет в себе большое количество информации, его анализ требует продолжительного времени. При проектировании технологического процесса необходимо учитывать конфигурацию и особенности применяемой заготовки, а также организационно-технические особенности производственного процесса на предприятии. Принятие технологических решений требует высокой квалификации исполнителя и в основном сводится к определению способов базирования, выбору поверхностей, обрабатываемых с одного станка, видов инструментов и оснастки, позволяющих обеспечить соосность, параллельность и т. д. Эти решения диктуются не только техническими требованиями чертежа детали (иногда и заготовки), но организационно-техническими факторами, существующими на предприятии. На этом этапе целесообразна подготовка карты исходных данных, в которой консолидирована информация о деталях, в частности об:

- обрабатываемых поверхностях (их номер или обозначение на чертеже);
- их шероховатости;
- точности изготовления;
- исходных технических требований к заготовкам;
- наименование планируемых операций (переходов) и их число;
- другие возможные технологические операции, которые могут обеспечить выполнение технических требований чертежа.

Первый этап работ заканчивается анализом информации, собранной в картах исходных данных.

3.3. Группирование изделий

Все технологические процессы, используемые на предприятии, могут быть классифицированы следующим образом (рисунок 3).

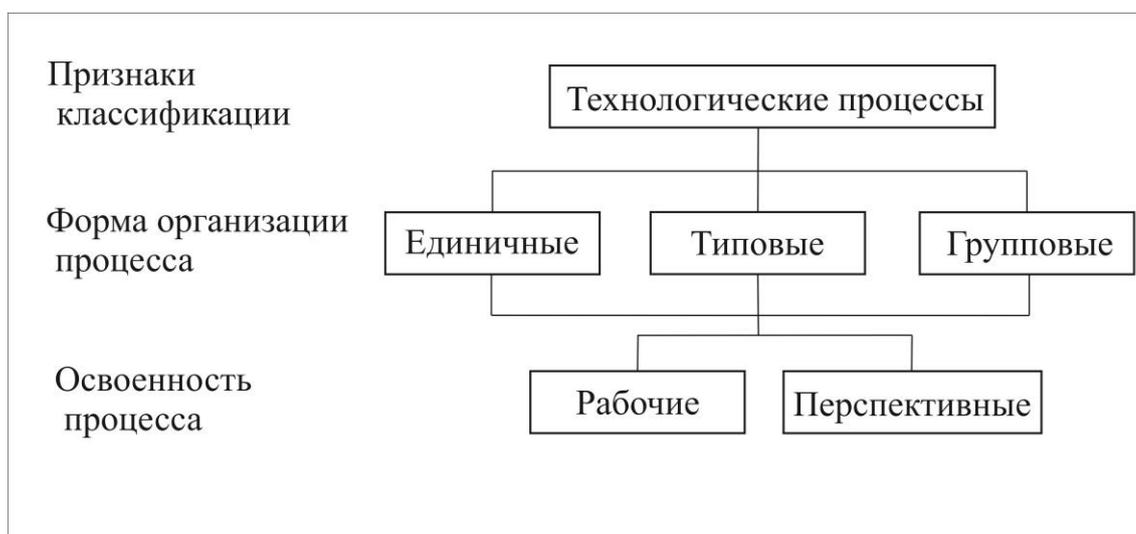


Рис. 3. Классификация технологических процессов

- *Единичный технологический процесс* - это процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства, т. е. персональный техпроцесс изделие.
- *Типовой технологический процесс* - это процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Использование заранее разработанных технологических процессов, обеспечиваемых не только типовыми документами, но и типовым оборудованием, приспособлениями, режущими, измерительными и вспомогательными инструментами, позволяет значительно повысить производительность труда, ускорить процесс освоения новых изделий и уменьшить их себестоимость.
- *Групповой технологический процесс* - это процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Групповая технология позволяет использовать переналаживаемую оснастку, чтобы, заменив лишь вкладыш у приспособлений и стандартный инструмент для получения требуемых размеров у разных деталей, можно было без переналадки станка обрабатывать любую из деталей данной группы.

- *Типовая технологическая операция* - это операция, характеризующаяся единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками

Работы по разработке технологического процесса начинаются с классификации изделий и количественной оценки полученных классов. Групповой технологический процесс охватывает комплексы групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах для изготовления определенной группы изделий. При разработке групповой технологической операции предусматривают значительную величину технологически однородных работ для обеспечения непрерывной загрузки средств технологического оснащения в течение экономически целесообразного периода. При реализации группового технологического процесса допускается только частичная наладка средств технологического оснащения. Принципиальное отличие типовой и групповой технологий друг от друга заключается в том, что типовые процессы характеризуются общностью последовательности и содержания операций при обработке изделий с одинаковыми конструктивными признаками. Групповая обработка объединена общностью оборудования и оснастки при выполнении отдельных операций или при обработке деталей с разными конструктивными признаками. Группирование предметов производства следует осуществлять на основе их классификации и результатов комплексного анализа данных:

- программы выпуска изделий;
- существующей структуры производственных подразделений;
- технико-экономических показателей производства.

Групповой технологический процесс разрабатывается с целью применения методов и средств крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного производства. Обязательным этапом, предшествующим разработке групповых процессов, является группирование предметов производства по технологическому подобию. Основой разработки

группового технологического процесса и выбора общих средств технологического оснащения служит комплексное изделие. Его конструкция должна содержать основные подлежащие обработке элементы всех изделий группы. Комплексное изделие может быть:

- - одним из изделий группы;
- - реально существующим, но отсутствующим в группе;
- - искусственно созданным (условным).

3.4. Подбор типового или составление нового технологического процесса

На этапе технологической подготовки производства принцип типизации технологических процессов имеет большое значение. Все детали, проходящие механообработку, делятся на определенные типы, на которые составляются карты типового технологического процесса. Это позволяет обрабатывать типовые детали по одному и тому же известному маршруту, обеспечивая высокую точность и чистоту поверхности, а так же использовать одинаковое оборудование и технологическую оснастку. Типизация позволяет до 60 % снизить трудозатраты на составление технологической документации. Технически и экономически целесообразно внедрять типизацию технологических процессов на этапе подготовки производства новых изделий или при техническом перевооружении производства. Типовой процесс разрабатывают на основе анализа существующих и перспективных технологических процессов изготовления на типовых представителях групп изделий, обладающих общими показателями функционального назначения или общими технологическими признаками (например, общность метода обработки, единство средств технологического оснащения и т.д.). Выбор типового процесса зависит от:

- объема производства (количества изделий);
- качества изделий;
- стоимости изделий.

3.5. Выбор заготовок

Одну и ту же деталь можно изготовить из заготовок, полученных различными способами. Одним из основополагающих принципов выбора заготовки является применение способа изготовления, обеспечивающего максимальное приближение к конфигурации готовой детали. В этом случае значительно снижается расход материалов, сокращается продолжительность последующей механической обработки и общий производственный цикл изготовления детали. Однако использование методов получения заготовок сложной формы увеличивают расходы на технологическое оборудование и оснастку заготовительного производства. При выборе способа получения заготовки целесообразно проводить технико-экономический анализ двух этапов производства - заготовительного и механообрабатывающего. Выбор метода получения заготовок является многовариантной задачей и зависит от:

- конструкции и формы деталей;
- физико-механических свойств материала;
- имеющихся материально-технических ресурсов;
- сроков подготовки производства;
- наличия соответствующего технологического оборудования.

В связи с неоднозначностью решения задачи о выборе метода получения заготовки, как правило, рассматривают несколько альтернативных вариантов ее изготовления и принимают решение на основании результатов экономического анализа. Существующие виды заготовок могут быть классифицированы следующим образом (рис. 4) [8].



Рис. 4. Классификация заготовок

Из всего многообразия заготовок преимущественное применение имеют заготовки из проката, отливки и поковки. Заготовки из проката используют в тех случаях, когда форма детали наиболее близко соответствует форме какого-либо сортового материала, нет значительной разницы в поперечных сечениях детали для получения окончательной ее формы. При использовании заготовок из сортового проката основная задача заключается в выборе технологии их раскроя. Технологии раскроя условно можно классифицировать на традиционные и перспективные (рис. 5). Стоимость технологического оборудования при реализации новых технологических процессов раскроя больше, чем при резке традиционными способами, но при этом выше показатели производительности и качества поверхности (таблица 4). В некоторых случаях использование технологий лазерной, плазменной и гидроабразивной резки позволяет сразу получать готовые детали без их последующей механической обработки.



Рис.5. Традиционные и перспективные технологии раскроя

Таблица 4. Технические характеристики различных технологий раскроя

Название технологии	Скорость резания (при толщине 10 мм), м/мин	Максимальная толщина реза, мм	Качество поверхности реза, Ra мкм	Точность получаемого изделия, мм
<i>Резка ленточными пилами</i>	0,2	300	10...20	± 0,2
Лазерная резка	1	20	5...12	± 0,1
Гидроабразивная резка	0,3	300	2,5...5	±0,05
Плазменная резка	6	100	5..10	±0,05

Выбор методов получения литых заготовок. Литьем получают заготовки практически любых размеров, как простой, так и очень сложной конфигурации из всех металлов и сплавов. Качество отливки зависит от используемых материалов способов литья. Характеристики отливок, получаемых традиционными и новыми способами литья, приведены в таблице 5.

Таблица 5. Технические характеристики различных технологий изготовления ОТЛИВОК

Технология литья	Точность, мм (для размера 100мм)	Шероховатость, Ra мкм	Относительная трудоемкость	Коэффициент использования материала, %	Относительный расход формовочных материалов*	Относительный расход энергоносителей*
В песчаные формы	± 1,2	10...16	1	60...70	1	1
В кокиль	± 0,5	3,2...6,3	0,7...0,8	75...80	–	1,1...1,3
Под давлением	± 0,4	1,6...6,3	0,7...0,8	90...95	–	1,2...1,6
Центробежное	± 0,5	3,2...6,3	0,7...0,8	80...90	–	1,1...1,3
По холодно-твердеющим смесям	± 0,8	6,3...10,0	0,7...0,9	70...75	2...4	0,9...1,1
Вакуум пленочная формовка	± 0,8	3,2...6,3	1,1...1,2	90...95	0,2...0,5	1,1...1,3
По выплавляемым моделям	± 0,5	3,2...5,0	2,3...2,5	90...95	5...10	1,7...3,0
По газифицируемым моделям	± 0,4	3,2...6,3	0,9...1,1	85...90	0,2...0,5	0,9...1,1

Выбор методов получения поковок. Обработкой металлов давлением получают кованные и штампованные заготовки, часто называемые поковками и ли штамповками. Свободную ковку применяют в единичном, мелкосерийном производстве. В массовом производстве производство заготовок осуществляют в специальных инструментах – штампах. Штамповка позволяет получить заготовки, близкие по конфигурации к готовой детали. Механические свойства заготовок,

полученных обработкой давлением, выше, чем литых. Технологические возможности новых и традиционных способов обработки металлов давлением приведены в таблице 6.

Таблица 6. Технические характеристики различных технологий изготовления поковок

Технология	Точность, мм (база 100 мм)	Шероховатость Ra, мкм	Усилие деформирования, %	Коэффициент использования материала
Объемная штамповка в открытых штампах	± 1	5-20	100	70
Холодная листовая штамповка	±0,1 (вытяжка)	0,63-5	100	60
Точная штамповка	±0,25	2,5-10	100	98
Гидроформовка	±0,25	0,32-2,5	50	90
Секционная штамповка	±0,25	0,63-5	20	85
Винтовая штамповка	± 1	5-20	50	80
Тиксштамповка	±0,01	2,5-10	25	95
Термическое прессование	±0,25	1,25-5	50	95
Электровысадка	± 1	5-20	20	90

Основной тенденцией заготовительного производства является повышение точности и улучшение качества поверхностного слоя заготовок. Однако достижение этих показателей при малой программе выпуска может оказаться экономически невыгодным, так как расходы на оснастку для заготовительных процессов могут превысить экономию на механической обработке. При минимальной партии деталей целесообразно применение обработки металлов давлением или литья для получения заготовки из стали при коэффициенте сложности формы K_{ϕ} менее 0,16, а для сплавов на основе меди при K_{ϕ} менее 0,6

$$K_{\phi} = \frac{M_n}{M_{\phi}}$$

где M_n – масса детали, M_{ϕ} – масса условной детали в форме цилиндра или параллелепипеда, в который можно вписать данную деталь [14]

3.6. Выбор технологических баз

По назначению базы подразделяются на конструкторские, технологические и измерительные (рис.6). *Конструкторская (конструктивная) база* это совокупность поверхностей, линий или точек, определяющую положение детали в изделии или в сборочной единице. Деталь может иметь несколько конструктивных баз и размер того или иного элемента детали должен быть задан от той конструктивной базы, с которой он связан в изделии. От конструктивных баз наносятся, как правило, размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей детали. Они подразделяются на основные и вспомогательные. *Основная база* это конструкторская база детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии. *Вспомогательная база* это конструкторская база детали или сборочной единицы, используемая для определения присоединяемого к ним изделия.

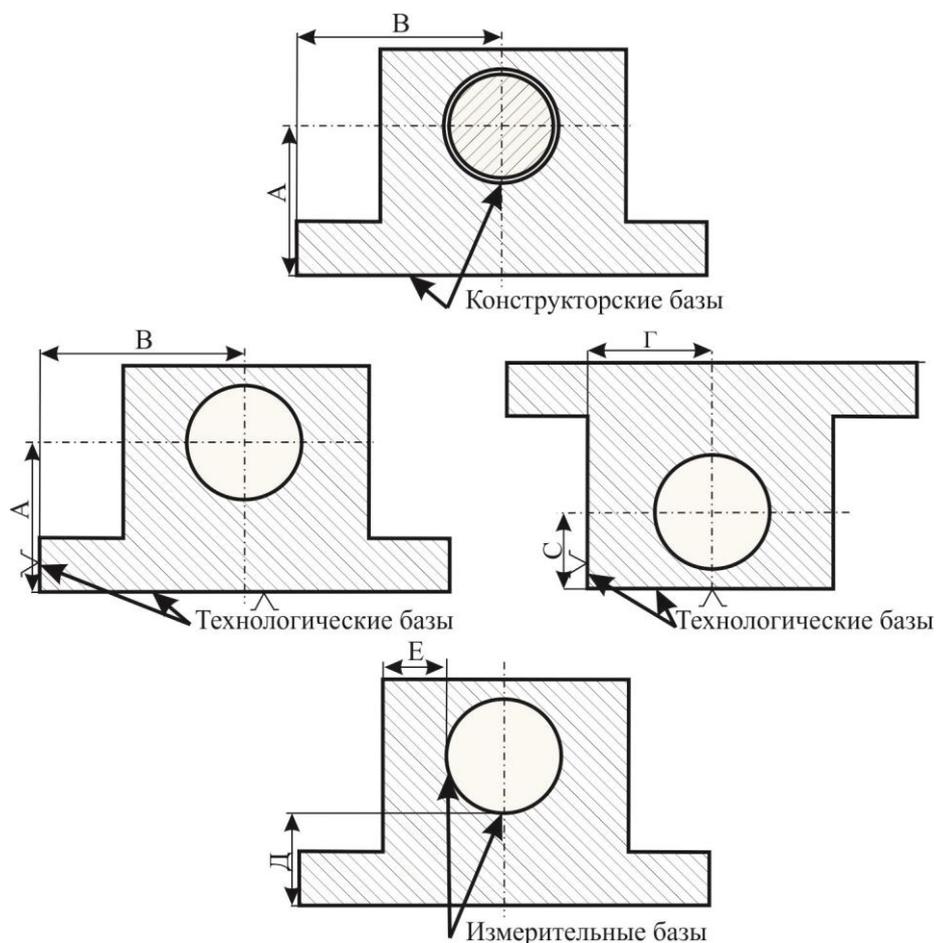


Рис . 6. Виды баз

Базирование при механической обработке - это придание заготовке с помощью комплекта баз требуемого положения для ее обработки. В значительной степени маршрут операций технологического процесса предопределяется выбором и назначением комплектов технологических баз. *Технологической базой* называют совокупность поверхностей, линий или точек, относительно которых выдерживают размеры элементов детали при ее обработке. От технологических баз указывают свободные несопрягаемые размеры [15,16]. Технологические базы назначают при технологическом проектировании изготовления изделий и непосредственно в процессе их производства. В зависимости от лишаемых заготовку степеней свободы базы подразделяют на установочные, направляющие или опорные. *Установочная база* – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов

вокруг двух других осей. *Направляющая база* - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси. *Опорная база* – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. Графические обозначения баз, опор, зажимов и установочных элементов, приводятся на операционных эскизах операционных карт технологических процессов, а также на сборочном чертеже оснастки [17].

Различают искусственные, черновые и чистовые технологические базы. Искусственная технологическая база – база, которая как конструктивный элемент не требуется для готового изделия. Пример искусственных баз, центровые отверстия вала, их используют для установки при изготовлении изделия. Черновой технологической базой называют базу, используемую при выполнении первого установочного после получения заготовки. Их назначение в том, чтобы обработать и подготовить чистовые (обработанные и более точные) базы для выполнения последующих операций изготовления изделия. Черновые базы при обработке заготовки должны использоваться только один раз – при выполнении первого установочного или при изготовлении изделия с одной установкой. Чистовая технологическая база - база которая в целях повышения точности базирования обрабатывается с более высокой точностью, чем требуется по служебному назначению.

Измерительной базой называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. При контроле размеров, точности формы и расположения поверхностей выполняются измерения с использованием измерительных баз

Способы базирования

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат. При сборке под базированием понимается ориентация одних деталей относительно других в сборочных

единицах. При механической обработке под базированием понимают ориентацию заготовки относительно тех элементов станка, которые обеспечивают траекторию движения подачи. Существует три основных способа базирования.

1. *Базирование по разметке* состоит в том, что контроль положения заготовки в приспособлении выполняется по предварительно нанесенным линиям разметки. Применяется в единичном и мелкосерийном производстве, а также при обработке крупногабаритных заготовок. Достоинства этого способа базирования заключается в возможности проверки пригодности заготовки до начала ее обработки, а так же наиболее рациональное размещение контура детали в теле заготовки. Недостатками являются низкая точность (0,8...1,3 мм); высокие требования к квалификации рабочего, низкая производительность.

2. *Базирование сопряжением* осуществляется при соприкосновении технологических баз заготовки с установочными элементами приспособления. Метод обеспечивает высокую производительность и высокую точность, находит широкое применение в массовом и крупносерийном производстве.

3. *Базирование выверкой* состоит в том, что после установки заготовки в приспособлении проверяют фактическое положение ряда ее поверхностей. Обнаруженные отклонения в положении могут быть компенсированы смещениями и поворотами стола станка или коррекцией управляющей программы. Применяется в серийном производстве при обработке на станках с ЧПУ

Обозначения технологических баз указаны в ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. «Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения» (рис.7).

<i>Опора</i>	<i>Вид спереди, сбоку, сзади</i>	<i>Сверху</i>	<i>Снизу</i>
<i>Неподвижная</i>			
<i>Подвижная</i>			
<i>Плавающая</i>			
<i>Регулируемая</i>			

Рис. 7. Условные обозначения опор

Правила выбора баз

1. *Принцип совмещения баз.* В качестве технологических баз целесообразно назначать поверхности, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами. При отсутствии сборочного чертежа и невозможности определения конструкторской базы за нее следует принимать поверхность, определяемую размером до обрабатываемой поверхности. При несовпадении технологической базы с конструкторской и измерительной появляется погрешность базирования, величину которой необходимо определять расчетом.

2. *Принцип постоянства баз.* При разработке и реализации технологического процесса необходимо стремиться к использованию одного и того же комплекта технологических баз на всех операциях изготовления изделия (детали). Смена технологических баз по ходу технологического процесса приводит к увеличению длины технологических размерных цепей, увеличивая тем самым погрешности обработки. При обработке сложных, многочисленных поверхностей, полностью обеспечить принципы совмещения и постоянства баз, практически невозможно. В любом случае при выборе установочных и направляющих баз предпочтение отдают конструктивным элементам с наибольшими габаритными размерами и точностью наложенных размерных связей.

3. В качестве установочной технологической базы применять по возможности наиболее протяженные и наиболее точно и чисто обработанные поверхности.

4. Необработанные поверхности применять в качестве технологических установочных (черновых) баз только для первых операций технологического процесса.

5. При использовании черновых баз не допускать на их поверхности наличия следов литников, выпоров, облоя и других следов.

6. При выборе черновых баз для первой операции желательно использование таких поверхностей заготовки, которые будут оставаться необработанными после окончательной обработки детали.

Точность и удобство базирования зависят от формы базовых элементов. Приоритет конструктивных элементов при выборе баз следующий:

- призматические (с плоскими поверхностями);
- конические (с центрирующими и направляющими поверхностями);
- цилиндрические (с направляющими и опорными поверхностями);
- фасонные (со сложной конфигурацией).

3.7. Разработка технологических процессов производства художественных изделий и составление технологического маршрута обработки

Выбор способа обработки тесно связан и со стадией (этапами) технологического процесса изготовления детали. Существует большое количество методов изготовления одной и той же поверхности, которые можно разделить на три группы:

- методы резания и абразивной обработки;
- методы пластического деформирования;
- физико-химические методы.

Выбор метода обработки зависит от:

- формы детали;
- размера детали;
- качества поверхности;
- конструкции изделия;

- материала детали;
- расположения изготавливаемой поверхности на детали;
- доступности к ней того или иного инструмента.

Общая схема технологического процесса изготовления детали может быть представлена в виде последовательных приближений к показателям детали в соответствии с требованиями чертежа.

- операции 1-го приближения (заготовительные);
- операции 2-го приближения (черновая обработка);
- операции 3-го приближения (чистовая обработка);
- операции 4-го приближения (отделочные работы).

Подобный подход объясняется тем, что на стадии черновой обработки появляются сравнительно большие погрешности, вызываемые деформациями, возникающими в процессе резания, а также значительным нагревом заготовки. Кроме того, черновую обработку могут выполнять рабочие более низкой квалификации на оборудовании с низкой точностью. Вынесение отделочных операций в конец маршрута уменьшает риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей в процессе транспортировки. При проведении обработки целесообразно соблюдение принципа концентрации обработки, когда в одной операции на одном оборудовании совмещаются переходы черновой и чистовой обработки. Изложенный принцип построения маршрута, желателен, но не обязателен. Последовательность обработки зависит от назначенных конструкторских баз, а так же от вида типового или группового способа обработки. После операции механообработки, как правило, назначают контрольную операцию. При разработке технологических процессов изготовления деталей обычно руководствуются рекомендациями по средней точности различных способов обработки, представленными в виде таблиц в справочниках и другой литературе.

Технологическим маршрутом называют последовательность (порядок) обработки изделия. По виду заготовки выбирают первый начальный метод маршрута. Возможные методы окончательной обработки выбирают по заданным

показателям точности и шероховатости данной поверхности с учетом размера, массы и формы обрабатываемой детали. Основываясь на завершающем и первом методе обработки, устанавливают промежуточные операции, при этом каждый последующий способ обработки должен быть точнее предыдущего. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученные на предшествующем этапе обработки, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намеченный последующий метод обработки (рекомендуется технологический допуск принимать в 2 - 4 раза меньше припуска на последующую операцию). В общем случае последовательность технологических операций устанавливают, пользуясь следующими методическими рекомендациями:

- сначала обрабатывают поверхности, служащие в дальнейшем технологическими базами;
- затем обрабатывают те поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволяет своевременно обнаружить и устранить внутренние дефекты, не допуская дальнейшей обработки бракованных заготовок;
- обработку остальных поверхностей ведут в последовательности, обратной степени их точности;
- заканчивают обработку теми поверхностями, которые являются наиболее точными и наиболее важными для нормального функционирования детали;
- обработку легкоповреждаемых поверхностей (например, наружной резьбы) рекомендуется выносить в конец маршрута;
- вспомогательные операции (сверление мелких отверстий, прорезание канавок и галтелей, снятие фасок, зачистка заусенцев и т.п.) выполняют на стадии чистовой обработки;
- отделочные операции, такие как шлифование, хонингование, притирка и пр., выполняют в последнюю очередь, обычно после термической, химико-термической и других немеханических операций, деформирующих, как правило, весь технологический процесс на части;

- технический контроль проводят после тех операций, на которых возможно повышение брака, после сложных дорогостоящих операций, после законченного цикла, а также по окончании изготовления детали.

Разрабатывая маршрут обработки детали, сначала намечают (или уточняют) технологические операции (без подробной проработки их содержания). Предварительно объединяют те переходы на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. В массовом производстве содержание операций определяют из условия, чтобы их длительность была равна или кратна такту выпуска изделия. При обработке тяжелых заготовок следует сокращать число перестановок заготовок со станка на станок, что также сказывается на содержании операций. При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования, их характеристики, размеры. Модели уточняют и корректируют при детальной проработке технологических операций. При разработке технологического маршрута необходимо ориентироваться на типовые технологические процессы обработки деталей данного типа. При проектировании технологического процесса для существующего цеха учитывают наличие, возможности и расположение обрабатывающего оборудования (наличие поточных линий, участков групповой обработки и т. п.), а также оснащенность транспортными средствами и прочие условия. Последовательность обработки устанавливают с учетом возможного сокращения путей и времени транспортирования деталей.

3.8. Разработка (выбор) содержания операций и выбор технологического оборудования

Разработку (выбор) содержания операций и выбор технологического оборудования производят в несколько этапов.

1. Выбор метода обработки по возможности обработки заданной поверхности.

1. Выбор метода обработки по критерию точности.
2. Подбор метода по критерию шероховатости и качества поверхности.
3. Выбор инструмента, реализующего отобранный метод обработки.
4. Выбор и расчет оптимальных режимов обработки, обеспечивающих высокую производительность и стойкость инструмента.

В случае невозможности получения заданной точности или шероховатости поверхности данным методом обработки или выбранным инструментом, возвращаются к отвергнутым методам обработки и выбирают методы, при помощи которых можно сформировать поверхность. При наличии нескольких вариантов обработки, лучший из них выбирается по критерию максимальной производительности или минимальной себестоимости. Например, для получения отверстий можно использовать различные методы обработки:

- сверление;
- рассверливание (сверление отверстия несколькими сверлами различного диаметра). Рассверливание позволяет получить более точные отверстия и уменьшить увод сверла от оси детали);
- высверливание (высверливание небольшого количества материала для позиционирования другого сверла);
- зенкерование (способ обработки поверхностей отверстий, предварительно просверлённых, полученных горячей или холодной штамповкой и литьём);
- развертывание (способ получения отверстий высокой точности и чистоты).

На начальном этапе выбирают метод формирования отверстия в зависимости его диаметра в соответствии с требованиями обеспечения заданной точности и шероховатости (таблица 7). Затем в зависимости от обрабатываемого материала выбирают материал режущего инструмента и режимы обработки (таблица 8).

Таблица 7. Сравнительные характеристики операций сверления

Обеспечение размера (d) диаметра отверстия

п/п	Метод обработки	Диаметр, мм											
		3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
1	Сверление												
2	Расверливание												
3	Высверливание												
4	Зенкерование												
5	Развертывание												

Обеспечение точности диаметра отверстия

п/п	Метод обработки	Квалитет точности											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Сверление												
2	Расверливание												
3	Высверливание												
4	Зенкерование												
5	Развертывание												

Обеспечение шероховатости поверхности отверстия

п/п	Метод обработки	Шероховатость, Ra, ГОСТ 2789-73 мкм																															
		0.08	0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.32	0.4	0.5	0.8	1.00	1.25	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20	25	32	40	50	80	100		
1	Сверление																																
2	Расверливание																																
3	Высверливание																																
4	Зенкерование																																
5	Развертывание																																

Таблица 8. Сравнительные характеристики режущего инструмента

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача s, мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			C_v	q	y	m	
Сталь конструкционная высокоуглеродистая, $\sigma_B=750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть
		$> 0,2$	9,8		0,50		
Сталь жаропрочная 12X18H9T, 141 HB		-	3,5	0,50	0,45	0,12	
Чугун серый, 190 HB	BK8	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,12	Нет
		$> 0,3$	17,1		0,40	5	
	BK8	-	34,2	0,45	0,30	0,20	
Чугун ковкий, 150 HB	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,12	Есть
	BK8	$> 0,3$	25,3		0,40	5	
	BK8	-	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет
Медные гетерогенные сплавы средней твердости, 100...140 HB	P6M5	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,12	Есть
		$> 0,3$	32,6		0,40	5	
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B=100...200$ МПа, HB ≤ 65 ; дюралюминий, HB ≤ 100		$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,12	Есть
$> 0,3$	40,7		0,40	5			

Выбор технологического оборудования. К технологическому оборудованию относятся металлорежущие станки литейные машины, прессы, печи, гальванические ванны, контрольные и испытательные стенды и т.д. Выбор технологического оборудования (станков) определяется:

- методом обработки;
- точностью и качеством обрабатываемой поверхности;
- габаритными размерами и массой заготовок
- мощностью, необходимой для резания или деформации;
- экономически целесообразной производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства;
- возможностью уборки отходов и соблюдения правил экологии;
- возможностью приобретения и стоимостью станка;

- удобством и безопасностью работы.

Параметры используемого оборудования связаны с соответствующими параметрами детали или изделия (таблица 10).

Таблица 10. Выбор параметров оборудования по параметрам детали.

Параметры детали	Параметры оборудования
Форма детали	Тип оборудования, движения (их количество и виды), тип станочного приспособления
Габаритные размеры	Рабочее пространство
Количество и виды обрабатываемых поверхностей	Движения (количества и виды), количество инструмента и его номенклатура
Материал заготовки	Режимы резания, мощность приводов
Точность изготовления детали	Точность станка
Шероховатость	Режимы резания
Такт и программа выпуска	Производительность

Выбор оборудования осуществляется в следующей последовательности с оценкой соответствующих показателей.

1. Функциональные возможности оборудования. Это диапазон осуществляемых технологических операций (диапазон устанавливаемых деталей, типы обрабатываемых материалов, системы контроля и т.д.). Как правило, он может быть оценен с помощью технической документации на оборудование. Выбор станков по функциональным возможностям обычно производят в соответствии со спецификой предприятия.
2. Габариты деталей (высота, длина, ширина и их форма). Для расчетов важно знать размеры самых больших деталей.
3. Свойства материала изделий.
4. Производительность оборудования (желательно рассчитывать под типовое изделие). Для большинства типов оборудования может быть проведено

моделирование процесса обработки с оценкой оптимальной производительности, при которой можно достичь требуемого уровня качества. Расчет ведется на основе текущего или перспективного планов производства.

5. Технологическая гибкость оборудования, время переналадки с одного вида продукции на другой, возможность производства максимального ассортимента продукции.
6. График работы производственного участка.
7. Требования к наличию соответствующих инженерных коммуникаций, ограничения по мощности, давлению газа, объему воды, сточным и газовым выбросам в окружающую среду.
8. Требования к количеству и квалификации персонала, задействованного в процессе работы
9. Размеры оборудования или станка, при которых он вписывается в имеющиеся производственные площади, не загромождая проходы, проезды и аварийные выходы.
10. Потребление энергоресурсов.
11. Надежность и прочность конструкции станка.
12. Возможность быстрой покупки недорогих запчастей, быстрота ремонт.
13. Наличие программного обеспечения, легкость настройки и управления программным обеспечением.
14. Максимальная автоматизация работ.
15. Возможность совершенствования программы на предприятии своими силами.
16. Быстрота и удобный монтаж оборудования.
17. Безопасность работы.
18. Гарантия и послепродажное обслуживание.

В целом при выборе технологического оборудования нужно учитывать следующие рекомендации:

- для условий единичного или мелкосерийного производства, обработку необходимо вести на универсальном оборудовании, стремясь к наиболее полному использованию его возможностей;
- с целью устранения трудоемких переустановок крупногабаритных и тяжелых заготовок, черновую и чистовую обработку таких заготовок выполняют за одну операцию.
- наиболее точные станки используют для чистовой и отделочной обработки, выделяемые в отдельные операции.

3.9. Нормирование производства художественных изделий

Нормирование производства изделий является важным этапом подготовки производства. Оно является основой для планирования работы подразделений, определения производственных заданий, необходимого количества рабочих и оборудования, повышения производительности труда снижения себестоимости и повышения качества продукции. Нормативные материалы в зависимости от назначения разделяют на нормативы режимов работы оборудования, нормативы численности и нормативы времени. Нормативы режимов работы оборудования необходимы для расчета затрат основного времени. Нормативы численности регламентируют численность исполнителей работы. Нормативы времени определяют затраты времени на выполнение отдельных элементов работы. Для нормирования труда используют методы.

- Аналитически-исследовательский метод. Затраты времени определяются с помощью анализа данных, полученных непосредственно на рабочем месте.
- Аналитически-расчетный метод. Нормирование труда осуществляется по нормативным материалам и по формулам.
- Суммарный метод. Нормы труда по суммарному методу устанавливаются в целом на всю работу или операцию на базе опыта нормировщика, имеющихся статистических данных или путем сравнения анализируемой работы с аналогичной, ранее пронормированной работой.

При производстве художественных изделий часто используют укрупненные (устанавливается норма труда на комплекс приемов (например, сборка деталей на приспособление и разборка их) и дифференцированные (на отдельные приемы или трудовые движения) нормативы времени [18]. Укрупненное нормирование является одной из форм аналитически расчетного метода определения обоснованных норм затрат труда. Нормируемая работа расчленяется на сложные укрупненные части, объединяющие ряд элементов операции. Основная задача – упрощение нормирования и сокращение времени на разработку норм. Данные по укрупненным нормативам обычно приводят в специализированных сборниках. Укрупненные нормативы подразделяют на:

- нормативы типовых технологических режимов;
- нормативы вспомогательного времени операций;
- нормативы штучного времени технологических переходов;
- типовые нормы по обработке деталей, связанных общим типовым технологическим процессом.

При проектировании оригинальных технологических процессов поиск данных укрупненных нормативов времени в справочниках часто представляет сложную задачу. В этом случае при расчете оперативного времени можно использовать метод микроэлементного нормирования [19]. Микроэлементное нормирование (МЭН) – это инструмент для разложения действий рабочего на отдельные элементы, длительности которых уже известны, а затем их суммирования для вычисления искомой нормы времени на производственную операцию. При микроэлементном нормировании труда сложные трудовые действия рабочего разделяют на ряд простых элементов, таких, как «взять», «повернуть», «установить» и т. п. Имея нормативы времени на отдельные микроэлементы, можно спроектировать и определить норму времени на разнообразные трудовые процессы, как выполняемые, так и не выполняемые в производстве. Микроэлемент состоит из одного или нескольких движений, выполняемых непрерывно, и представляет такой элемент трудового процесса, который дальше расчленять нецелесообразно. Затраты времени на выполнение

микроэлементов с учетом влияющих факторов представлены в справочниках микроэлементных нормативов. Пользуясь данной системой, можно охватить микроэлементным нормированием до 80% ручных трудовых процессов, встречающихся на различных видах работ. Микроэлементное нормирование является одним из наиболее перспективных и развивающихся методов организации единства норм труда, повышения их качества и возможности использования при составлении компьютерных программ для обоснования и расчета затрат труда на выполнение определённого вида работ [20]. Одним из основных преимуществ микроэлементного нормирования труда является то, что оно позволяет создавать в короткие сроки нормативы без проведения больших исследований. Микроэлементное нормирование несколько сложнее хронометража, однако это компенсируется большими возможностями использования методологии и меньшим количеством недостатков. К достоинствам МЭН можно отнести:

- точность и объективность получаемых нормативов, на которые не может повлиять намеренное негативное поведение работника;
- простота методики проведения замеров;
- возможность использования для проектируемых технологических процессов, где отсутствует возможность провести замеры фактических трудозатрат;
- возможность прогнозировать выигрыши для тех или иных мер по их оптимизации без их практической реализации.

Недостатком МЭН является то, что оно не применимо там, где речь идет не о физических движениях рабочего, а о "мыслительных" процессах, а также в случаях, когда длительность рабочей операции определяется не действиями оператора, а временем работы станка. За рубежом созданы автоматизированные системы микроэлементного нормирования, такие, как Most, Univation, Wocom, 4M-Data, Modapts Plus, Work Factor и др. Наиболее распространенной, является система МТМ (Methods-Time Measurement), которая содержит 460 значений нормативов времени, охватывающих 19 основных движений: 8 движений рук, 9 –

ног и корпуса, 2 – глаз. В России создана аналогичная система микроэлементного нормирования, которая получила название «Базовая система микроэлементных нормативов времени 1-го уровня (БСМ-1)». Система состоит из 41 микроэлемента (26 микроэлементов, выполняемых руками, 6 – ногами, 7 – туловищем и 2 – глазами), объединенных в 20 групп, в том числе 10 из них приходится на элементы, выполняемые руками, 5 – на движение корпуса, 3 – на движение ног, 2 – на движения глаз.

При нормировании трудовых процессов и оптимизации процессов обработки целесообразно учитывать следующие рекомендации по выполнению трудовых движений [21].

1. Устранение лишних движений. Необходимо устранить

- Передачу предметов из одной руки в другую;
- Наклоны и повороты корпуса;
- Движение «держать»;
- Трудно координируемые движения;
- Длинные и сложные движения.

2. Экономия движений

- Движения рук должны сводиться к простейшим, коротким, естественным и привычным
- Движения должны быть ритмичными, т. е. повторяемость в процессе работы должна быть равномерной.
- Надо стремиться к плавным и непрерывным движениям рук, которые предпочтительнее зигзагообразных;
- Чередовать усилия различных мышц;
- Стремиться к совмещению движений

3. Проектирование одновременной работы обеих рук

- Обе руки должны одновременно начинать движения
- Движения обеих рук должны по возможности осуществляться в одном направлении

- Нужно стремиться к равномерной нагрузке обеих рук от начала до конца действия, при этом целесообразно нагрузку на левую руку по сравнению с правой уменьшить на 8 - 10%

4. Учет скорости движения

- Там, где требуется быстрая реакция, предпочтительны движения к себе.
- Скорость горизонтального движения всегда больше скорости вертикального.
- Скорость движений слева направо для правой руки больше, чем скорость в обратном направлении
- Скорость движений правой руки больше, чем скорость левой
- Скорость движений уменьшается с увеличением нагрузки

5. Учет точности выполнения

- Точные движения выполняются лучше сидя, а не стоя
- Наиболее точно координируются движения с амплитудой 8 - 12 см
- Наибольшая точность движений достигается в горизонтальной плоскости в зоне расположения на расстоянии 35 см от средней линии тела

6. Учет экономии усилий

- Силы давления и тяги при движении рук перед корпусом больше, чем сбоку
- Сила мышц предплечья больше при согнутой руке чем при вытянутой
- Сила вращения при повороте внутрь больше чем в обратном направлении
- Усилия в горизонтальной плоскости в положении стоя максимальны на уровне плеча, а в положении сидя – на уровне локтя
- В положении сидя сила давления больше чем сила тяги

7. Оптимальное расположение на рабочем месте

- Расположение инструмента и деталей в оптимальной зоне досягаемости. То что используется чаще должно лежать ближе, а то что реже – дальше

8. Оптимальность конструкции оборудования и инструмента.

- По возможности следует объединять два и более инструмента в один
- Рукоятки и маховики должны располагаться таким образом чтобы обеспечить минимальное изменение положений корпуса

- Нужно освобождать руки от выполнения действий, которые могут быть выполнены с помощью педалей
- При значительном усилии форма органов управления должна обеспечивать большую площадь соприкосновения с ладонью

Результаты нормирования в дальнейшем используют для расчета технико-экономических показателей проекта.

3.10. Определение требований техники безопасности.

Требования охраны труда необходимо учитывать, начиная со стадии разработки технического задания на художественное изделие. Конструкция изделия и технологические процессы, используемые при его изготовлении, должны отвечать требованиям техники безопасности и производственной санитарии. Основными из этих требований являются безопасность для жизни и здоровья людей, облегчение и оздоровление условий труда, удобство изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. В ряде случаев требования техники безопасности являются основополагающим фактором при выборе варианта технологического маршрута

3.11. Расчет экономической эффективности процесса

Общее правило при расчете экономической эффективности процесса заключается в снижении производственных расходов при неизменных показателях качества художественного изделия. Наиболее точным считается метод прямого калькулирования - элементный метод, при котором сравнивают технологическую себестоимость обработки C_T [22]. В общем случае величина C_T – равна цеховой себестоимости и складывается из следующих элементов:

$$C_T = C_{зр} + C_{зн} + C_{э} + C_{вм} + C_{ри} + C_{об} + C_p + C_{п} + C_{пл} + C_{ц} + C_{заг}$$

где: $C_{зр}$, $C_{зн}$ - соответственно заработная плата рабочих и наладчиков с начислениями;

$C_{э}$ - затраты на силовую электроэнергию;

$C_{вм}$ - затраты на вспомогательные материалы (СОЖ, обтирочные и др.);

$C_{ри}$, $C_{к.и}$ - затраты на эксплуатацию и амортизацию режущего инструмента, контрольно-измерительного инструмента и приборов соответственно;

$C_{об}$ - затраты на амортизацию оборудования;

$C_{р}$ - затраты на ремонт и эксплуатацию оборудования;

$C_{п}$ - затраты на эксплуатацию и амортизацию станочных приспособлений;

$C_{пл}$ - затраты на эксплуатацию и амортизацию производственных площадей;

$C_{ц}$ - общецеховые расходы (заработная плата вспомогательных рабочих, инженерно-технического персонала, служащих, а также затраты на эксплуатацию и ремонт оргтехники и пр.);

$C_{заг}$ - стоимость исходной заготовки (ее изготовление, материал за вычетом стоимости реализуемых отходов - стружки).

При помощи метода калькулирования сравнивают различные технологические маршруты и выбирают наиболее рациональный технологический процесс изготовления изделий.

Раздел 4 Оформление технологической документации

4.1. Общие положения

Все решения, принятые в процессе технологической подготовки производства (ТПП) изделия оформляют документально. Технологическая документация (ТД) выполняет две основные функции – организационную и информационную. Информационная функция заключается в том, что ТД содержит необходимую информацию для различных служб предприятия и используется для определения загрузки оборудования участков и цехов, установления потребности в средствах технологического оснащения и материалах, расчета себестоимости изделия. В то же время ТД служит средством организации труда всех участников производственного процесса и обеспечивает изготовление деталей и сборочных единиц. Для эффективного использования ТД стандартизируют и унифицируют. Создание и оформление технологической

документации производят в соответствии с Единой системой технологической документации (ЕСТД), которая включает в себя комплекс государственных стандартов и руководящих нормативных документов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения порядок разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (таблица 11). Комплекс стандартов и руководящих нормативных документов ЕСТД предусматривает:

- применение единых правил оформления технологических документов в зависимости от типа и характера производства, состава и вида разрабатываемых технологических процессов (операций), применяемых способов их описания;
- применение унифицированных бланков технологических документов и централизованного их размножения;
- обеспечение оптимальных условий при передаче технологической документации на другое предприятие (другие предприятия) с минимальным переоформлением;
- создание базы для автоматизированных систем управления и проектирования;
- создание предпосылок по снижению трудоемкости инженерно-технических работ в сфере технологической подготовки и управления производством;
- создание необходимых условий для разработки прогрессивных, типовых и групповых технологических процессов;
- обеспечение взаимосвязи с разработанными и разрабатываемыми системами стандартов ЕСКД, ЕСТПП и др.

Таблица 11. Перечень стандартов ЕСТД

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
ГОСТ 3.1001-2011 Единая система технологической документации. Общие положения.
ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ СТАНДАРТЫ

- ГОСТ 3.1102-2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.
- ГОСТ 3.1103-2011 Единая система технологической документации. Основные надписи.
- ГОСТ 3.1104-81 Единая система технологической документации. Общие требования к формам, бланкам и документам.
- ГОСТ 3.1105-2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.
- ГОСТ 3.1107-81 Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
- ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий
- ГОСТ 3.1116-2011 Единая система технологической документации. Нормоконтроль.
- ГОСТ 3.1118-82 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.
- ГОСТ 3.1119-83 Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.
- ГОСТ 3.1120-83 Единая система технологической документации. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации.
- ГОСТ 3.1120-83 Единая система технологической документации. Общие правила требований безопасности труда в технологической документации
- ГОСТ 3.1121-84 Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).
- ГОСТ 3.1122-84 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов специального назначения. Ведомости

технологические.

- ГОСТ 3.1123-84 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления технологических документов, применяемых при нормировании расхода материалов.
- ГОСТ 3.1125-88 Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок
- ГОСТ 3.1126-88 Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки.
- ГОСТ 3.1127-93 Единая система технологической документации. Общие правила выполнения текстовых технологических документов.
- ГОСТ 3.1128-93 Единая система технологической документации. Общие правила выполнения графических технологических документов.
- ГОСТ 3.1129-93 Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.
- ГОСТ 3.1130-93 Единая система технологической документации. Общие требования к формам и бланкам документов.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

- ГОСТ 3.1201-85 Единая система технологической документации. Система обозначения технологической документации.

ФОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ВИДАМ РАБОТ

- ГОСТ 3.1401-85 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы литья
- ГОСТ 3.1402-84 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы раскроя материалов.
- ГОСТ 3.1403-85 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операцииковки и штамповки.

- ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
- ГОСТ 3.1405-86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки.
- ГОСТ 3.1407-86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.
- ГОСТ 3.1408-85 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы получения покрытий.
- ГОСТ 3.1409-86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции) изготовления изделий из пластмасс и резины.
- ГОСТ 3.1412-87 Единая система технологической документации. Требования к оформлению документов на технологические процессы изготовления изделий методом порошковой металлургии.
- ГОСТ 3.1428-91 Единая система технологической документации. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) изготовления печатных плат.

ФОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ НА ИСПЫТАНИЯ И КОНТРОЛЬ

- ГОСТ 3.1502-85 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технический контроль
- ГОСТ 3.1507-84 Единая система технологической документации. Правила оформления документов на испытания.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ

- ГОСТ 3.1603-91 Единая система технологической документации. Правила

оформления документов на технологические процессы (операции) сбора и сдачи технологических отходов.
ПРАВИЛА ЗАПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 3.1701-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Холодная штамповка. • ГОСТ 3.1702-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. • ГОСТ 3.1703-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы. • ГОСТ 3.1704-81 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Пайка и лужение. • ГОСТ 3.1705-81 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Сварка. • ГОСТ 3.1706-83 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Ковка и горячая штамповка. • ГОСТ 3.1707-84 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Литье.
ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА
<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 3.1901-74 Единая система технологической документации. Нормативно техническая информация общего назначения, включаемая в формы технологических документов.

4.2. Виды описания технологического процесса

Содержание разработанного технологического процесса (ТП) записывают с различной степенью детализации описания.

1. *Маршрутное описание* – это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. Маршрутное описание ТП используют в документах на ТП, выполняемые в опытном и мелкосерийном типах производства. Маршрутное описание применяют для операций

обработки резанием, разъемной сборки, отдельных действий, связанных с техническим контролем. Выполнение таких операций не связано с жесткой регламентацией режимов и предусматривает высокую квалификацию исполнителей, которая позволяет за счет производственного опыта самостоятельно настраивать оборудование на оптимальный режим работы. Не рекомендуется применять маршрутное описание для операций, связанных с опасностью выполняемых работ, с надежностью изготовления изделий и их эксплуатацией и т. п.

2. *Операционное описание* – это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов. Операционное описание ТП характерно для документов, разрабатываемых и применяемых в серийном и массовом типах производства. Соответствующая форма организации таких производств определяет постоянное закрепление за каждым рабочим местом документов с подробным описанием выполняемых действий.

3. *Маршрутно-операционное описание* – это сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах. Маршрутно-операционное описание используют для технологических процессов, в которых присутствуют отдельные операции, использующие оригинальный технологический подход, сложное в обслуживании и наладке технологическое оборудование, или в случае использования в технологическом процессе операций, требующих строгого соблюдения технологического режима. Например, маршрутно-операционное описание может быть применено для технологического процесс сборки-сварки, в котором для основной части процесса, связанной с подготовкой комплектующих составных частей под сварку, принято маршрутное описание, а для операций, непосредственно связанных со сваркой, – операционное. Или, например, ТП обработки резанием, включающим операции, выполняемые на автоматах и полуавтоматах, станках с ЧПУ. Выбор

степени детализации определяет разработчик ТД с учетом стадии разработки документов, типа производства и сложности выпускаемых изделий.

4.3 Виды технологических документов

Технологическим документом называют графический или текстовый документ, который отдельно или в совокупности с другими документами определяют технологический процесс или операцию изготовления изделия. В зависимости от назначения технологические документы подразделяют на *основные и вспомогательные* [23]. К основным технологическим документам относят документы: содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач; полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия). К вспомогательным технологическим документам относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании вспомогательных технологических процессов и операций, например, карта заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др. Основные технологические документы подразделяют на документы *общего и специального* назначения. К документам общего назначения относят технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы (операции), независимо от применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например, карты эскизов и технологические инструкции (таблица 12). К документам специального назначения относят документы, применяемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от типа, вида производства и применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например, маршрутные карты, карты

технологического процесса, карты типового (группового) технологического процесса, ведомости изделий (деталей, сборочных единиц) т.д.(таблица 13)

Таблица 12. Документы общего назначения

Вид документа	Условное обозначение	Назначение документа
Титульный лист	ТЛ	Является первым листом комплекта технологических документа (комплекта документов)
Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операция или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения
Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации.

Таблица 13. Документы специального назначения.

Вид документа	Условное обозначение	Назначение документа
Маршрутная карта	МК	Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного

		состава технологических операций с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.
Карта технологического процесса	КТП	Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.
Карта типового технологического процесса	КТТП	То же но только для типового технологического процесса
Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.
Карта типовой операции	КТО	Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, общих данных о средствах технологического оснащения и режимах.
Карта технологической	КТИ	Документ предназначен для указания дополнительной информации, необходимой при

информации		выполнении отдельных операций (ТП). Допускают применять при разработке типовых (групповых) ТП для Указание переменной информации с привязкой к обозначению изделия (составной его части)
Комплектовочная карта	КК	Документ предназначен для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия. Применяют при разработке технологических процессов сборки.
Технико-нормировочная карта	ТНК	Документ предназначен для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов. Применяют при решении задач нормирования трудозатрат
Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия. Применяют для решения технологических и производственных задач
Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость оборудования	ВО	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о

		заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяют для решения задач по нормированию материалов
Ведомость удельных норм расхода материалов	ВУН	Документ предназначен для указания данных об удельных нормах расхода материалов, используемых при выполнении технологических процессов и операций изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия). Применяют для решения задач по нормированию расхода материалов
Ведомость сборки изделия	ВСИ	Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава
Ведомость операций	ВОП	Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяют совместно с МК или КТП
Ведомость деталей к типовому (групповому) технологическому процессу	ВТП (ВТО)	Указание состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) ТП (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах

Ведомость технологических документов	ВТД	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий). Применяют при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое
--------------------------------------	-----	---

4.4 Выбор и построение форм технологических документов

В системах технологической подготовки производства применяют большой состав различной технологической документации (таблица 14). Ее выбор определяется:

- типом и видом производства;
- технологическими методами, применяемыми при изготовлении деталей;
- наличием специфического оборудования;
- стадией разработки технологической документации;
- объемом выпуска изделий.

Для специфических или ответственных производств применяют оригинальные (настандартизованные) формы подробного описания технологических операций или технологических процессов. Подробные технологические карты так же применяют для сложного технологического оборудования, или оборудования, имеющего определенную специфику настройки и управления. Комплектность документов для каждого единичного технологического процесса [23] устанавливается разработчиком документов применительно к конкретным условиям производства. Допускается применение дополнительных технологических документов (в соответствии с ГОСТ 3.119-83).

Таблица 14. Выбор состава технологической документации в зависимости от стадии разработки.

Предварительный проект	Разработка документации для изготовления макета изделия или его составных частей
------------------------	--

Разработка документации опытного образца	Разработка документации для изготовления опытного образца изделия Корректировка документации по результатам предварительных испытаний опытного образца
Разработка документации опытной партии изделий	Разработка документации для изготовления опытной партии изделий Корректировка документации по результатам предварительных и приемочных испытаний опытной партии изделий
Разработка документации для серийного производства	Разработка документации для изготовления серийного (массового) производства изделий

Стадия предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство.

Вариант 1. Маршрутный технологический процесс. Маршрутная карта выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки, например ЕТП слесарных, слесарно-сборочных работ (таблица 15).

Таблица 15. Перечень документов на стадии предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство. Вариант 1.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Ведомость операций (ВОП)	желательно
6	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Стадия предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство.

Вариант 2 . Маршрутный технологический процесс. Маршрутная карта (МК) выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки, например ЕТП слесарных, слесарно-сборочных работ. Карта технической информации разрабатывается для отдельных сложных операций или технологических процессов (например, сварки, пайки, штамповки) с указанием режимов, применяемых материалов, норм расхода и т.д. (таблица 16).

Таблица 16. Перечень документов на стадии предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство. Вариант 2.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Ведомость операций (ВОП)	желательно
6	Карта технологической информации (КТИ)	обязательно
7	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Стадия предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство.

Вариант 3 . Маршрутно-операционное описание технологического процесса. Маршрутная карта (МК) выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки. В ведомости операций указываются технологические переходы отдельных операции (например, сборки) дающие представление о ходе данной операции (таблица 17).

Таблица 17. Перечень документов на стадии предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство. Вариант 3.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Ведомость операций (ВОП)	обязательно
6	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Стадия предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство.

Вариант 4 . Маршрутно-операционное описание технологического процесса.

Маршрутная карта (МК) выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки. В операционных картах подробно описывается ход технологического процесса для наиболее ответственных операции с подробным указанием режимов, переходов, материалов, технологической оснастки и оборудования (таблица 18).

Таблица 18. Перечень документов на стадии предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство. Вариант 4.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Операционная карта (ОП)	обязательно
6	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Стадия предварительного проекта. Серийное производство.

Вариант 5 . Операционное описание технологического процесса. Маршрутная карта (МК) выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов

обработки. Второй основной документ – альбом операционных карт, где подробно описывается каждая операция (таблица 19).

Таблица 19. Перечень документов на стадии предварительного проекта. Единичное и мелкосерийное производство. Вариант 5.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Операционная карта (ОП)	обязательно
6	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Стадия окончательной разработки пакета документов для серийного производства.

Вариант 6 . Операционное описание технологического процесса. Маршрутная карта (МК) выполняет роль первого основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки. Второй основной документ – альбом операционных карт, где подробно описывается каждая операция или подробные технологически инструкции на каждую операцию. Третий обязательный документ - ведомости технологических операций или инструкций (таблица 20).

Таблица 20. Перечень документов на стадии серийного производства. Вариант 6.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
4	Комплектовочная карта (КК)	желательно
5	Операционная карта (ОП) или	обязательно

	Технологическая инструкция (ТИ)	
6	Ведомости технологических операций (ВТО)	обязательно
7	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Требования к комплексности и оформлению документов на типовые и групповые технологические процессы. Стадия предварительного проекта.

Требования к комплексности и оформлению документов на типовые и групповые технологические процессы и возможные варианты заполнения технологической документации на стадии предварительного проектирования изделия представлены в таблицах 21-23

Таблица 21. Перечень документов на типовые и групповые технологические процессы на стадии предварительного проекта. Вариант 1. Маршрутная детализация

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость технологических документов	желательно
4	Ведомость технологических процессов (ВТП)	обязательно
5	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
6	Комплектовочная карта (КК)	желательно
7	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Таблица 22. Перечень документов на типовые и групповые технологические процессы на стадии предварительного проекта. Вариант 2. Маршрутно-операционная детализация.

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость технологических документов	желательно

4	Ведомость технологических процессов (ВТП)	обязательно
5	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
6	Комплектовочная карта (КК)	желательно
7	Карта типовой операции (КТО)	обязательно (на отдельные операции)
8	Ведомость деталей к типовой операции (ВТО)	обязательно (на отдельные операции)
9	Карта эскизов (КЭ)	желательно

Таблица 23. Перечень документов на типовые и групповые технологические процессы на стадии предварительного проекта. Вариант 3. Операционная детализация

1	Титульный лист (ТЛ)	желательно
2	Маршрутная карта (МК)	обязательно
3	Ведомость технологических документов	желательно
4	Ведомость технологических процессов (ВТП)	обязательно
5	Ведомость оснастки (ВО)	желательно
6	Комплектовочная карта (КК)	желательно
7	Карта типовой операции (КТО)	обязательно (на все операции)
8	Ведомость деталей к типовой операции (ВТО)	обязательно (на все операции)
9	Карта эскизов (КЭ)	желательно

4.6. Заполнение основной надписи на технологических документах.

Все виды технологических документов содержат единую форму основной надписи, содержание и правила заполнения которой регламентируются ГОСТ 3.1103-82 [24]. Форма основной надписи представлена на рисунке 9, а данные, вносимые в основную надпись, приведены в таблице 23.

ГОСТ 3.1115-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
										4	12	13			
Разраб.	8	9	10	11	1			2			3				
										7			5	6	
Н. контр.															
M 01															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ		
M 02															
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
B	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИЦ	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.
A 03															
B 04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
14														15	

Рис. 9. Бланк с основной надписью

Таблица 23. Содержание основной надписи

Номер графы	Содержание вносимой информации
1	Наименование организации в полном или сокращенном виде
2	Обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу

3	Обозначение документа:
4	<input type="checkbox"/> - место кода организации разработчика или учебного заведения <input type="checkbox"/> - код характеристики документа, выбираемый из ГОСТ 3.1201-85.
5	Литера, присвоенная технологическому документу по ГОСТ 3.1102-81: П – предварительный проект; А – серийное производство; Б – массовое производство; <i>(КП – курсовой проект; ДП – дипломный проект)</i>
6	Номер операции
7	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу
8	Характер работы, выполняемой лицами, подписывающими документ
9	Фамилии лиц, участвующих в разработке, оформлении и контроле документа
10	Подпись ответственного лица, участвующего в разработке
11	Дата подписи (Написание месяца римскими цифрами не допускается)
12	Общее количество листов документа
13	Порядковый номер листа документа
14	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81. МК – маршрутная карта; КЭ – карта эскизов; ОК – операционная карта
15	Графа для сквозной нумерации листов всего комплекта или всей пояснительной записки

4.7. Карта эскизов

Карты эскизов содержат графическую иллюстрацию определенной операции изготовления детали и являются дополнением к тексту

соответствующей операционной карты. Вычерчивают карты эскизов с полным соблюдением правил ЕСКД. Масштаб выбирают произвольным, однако принятый масштаб изображения желательно выдерживать на всех эскизах. На каждом эскизе показывают (рис.10):

- заготовку в рабочем положении;
- поверхность, обрабатываемую на данной операции - контурной линией;
- остальную часть детали тонкой сплошной линией или штрихпунктирной линией с двумя точками с обязательным изображением предыдущих обработанных поверхностей;
- условные обозначения технологических баз, опор, зажимов и установочных устройств
- размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и требуемой шероховатости обработанных поверхностей. Поверхности обозначают арабскими цифрами, помещенными в окружности диаметром 6...8 мм.

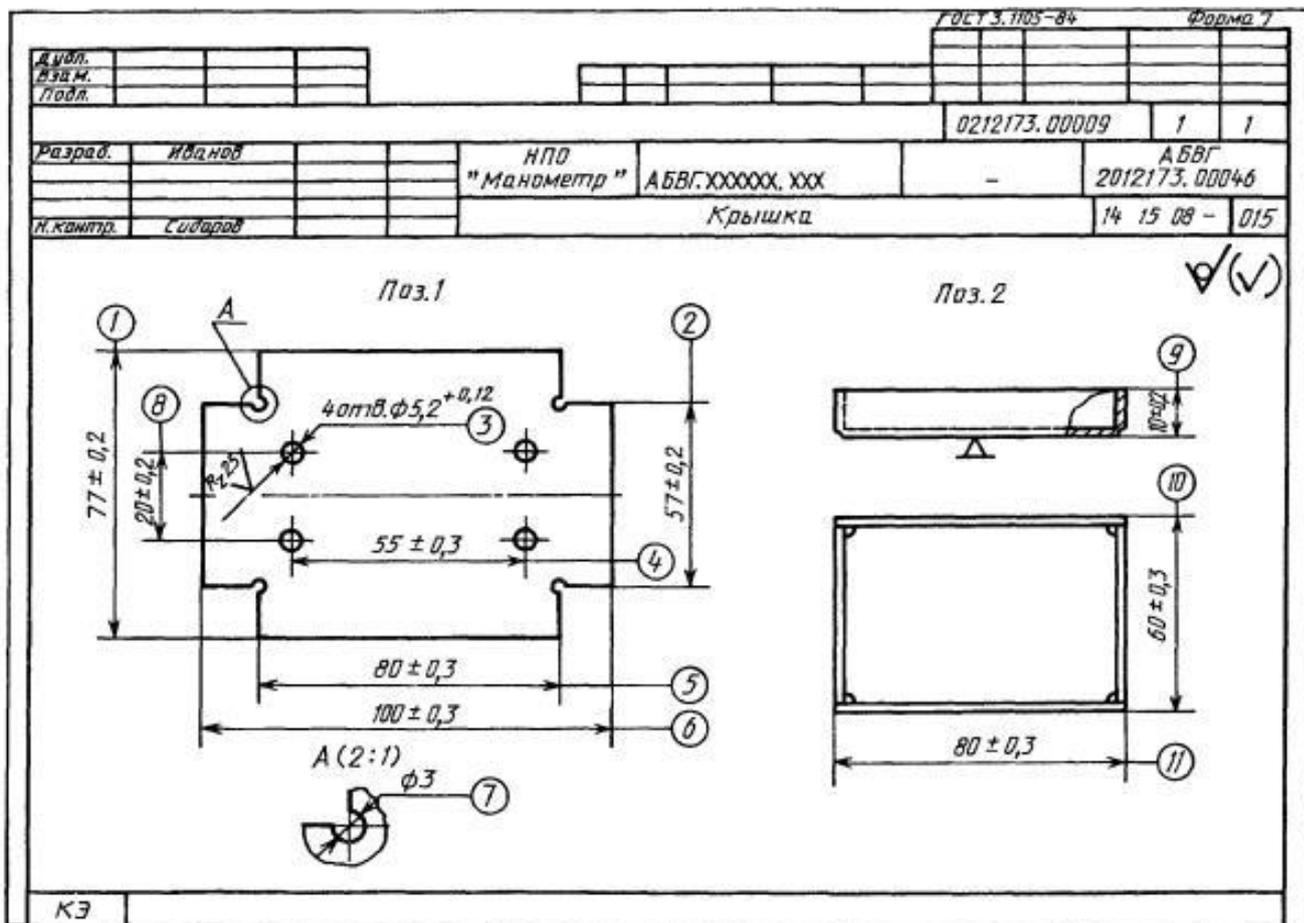


Рис.10. Карта эскизов

Порядок оформления карты эскизов регламентирован следующими стандартами:

- ГОСТ 3.1128-93 ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов.
- ГОСТ 3.1105-84 Единая система технологической документации. Форма и правила оформления документов общего назначения.
- ГОСТ 3.1107-81 Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
- ГОСТ 3.1125-88 Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
- ГОСТ 3.1126-88 Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки.
- ГОСТ 3.1201-85 Единая система технологической документации. Система обозначения технологической документации.

4.7 Общие требования к оформлению технологических документов

Общие требования к оформлению технологических документов могут быть сформулированы следующим образом.

- Для описания технологических процессов (ТП) в технологической документации (ТД) используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.
- В качестве обозначения служебных символов используют буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки и выполняемые прописной буквой. После служебного символа следует порядковый номер строки на текущей странице ТД. Например, **М05**, **А10** и т.д.
- Допускается для удобства восприятия вместо начальной цифры **0** указывать символ **Ø**. Например, **МØ5** и т.д.
- Нумерацию строк производят отдельно для каждой страницы. Нумеруют все строки страницы технологического документа, в том числе пустые или не имеющие служебного символа.
- Служебные символы определяют содержание информации, записываемой в графах данного типа строки. Применяемые служебные символы, а так же содержание информации, записываемой в строки формы ТД, определяется соответствующим стандартом ЕСТД.
- Простановка служебных символов обязательна, при этом допускается не проставлять служебный символ на последующих строках, несущих однотипную информацию при описании одной и той же операции.
- Строки могут быть разделены на графы. Размеры граф установлены соответствующими стандартами.
- Для внесения изменений оставляют одну-две пустые строки между строками с разными служебными символами. В строках **Ø** можно оставлять пустые строки перед описанием содержания каждого перехода.

4.8 Маршрутная карта

Маршрутная карта является **основным** технологическим документом; ее разрабатывают на всех стадиях составления рабочей документации. Она содержит описание технологического процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, профессии и разряде рабочего, количестве одновременно обрабатываемых деталей и количестве рабочих, занятых выполнением операции, единице нормирования, объеме производственной партии, норме штучного и подготовительно-заключительного времени. В маршрутной карте также указывается наименование и твердость материала, масса детали и заготовки, вид, профиль и размеры заготовки, номер и наименование операции, сведения по охране труда.

Формы маршрутных карт являются унифицированными и применяются вне зависимости от типа производства и степени детализации технологических процессов (таблица 24). При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Информация, вносимая в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбирается с помощью ГОСТ 3.1118-82 [25]. Форма и содержание типовой маршрутной карты приведены на рисунке 11 и таблице 25.

Таблица 24. Номер формы маршрутных карт для различных процессов

Вид технологического процесса	Номер формы МК
Единичные технологические процессы, выполняемые с применением различных методов обработки	1,3,5

Типовые и групповые технологические процессы,
выполняемые с применением различных методов
изготовления и ремонта

2,4,6

		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
		ГОСТ 3.1178-82 Форма 1																							
		Дубл.																							
		Взам.																							
		Подп.																							
5	Разраб.																								
4	Проз.																								
3	Н. контр.																								
2	М 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КМД	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ														
1	М 02	А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа														
	Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тп.з.	Тшт.							
	А 03																								
	Б 04																								
	05																								
	06																								
	07																								
	08																								
	09																								
	10																								
	11																								
	12																								
	13																								
	14																								
	15																								
	16																								
	МК																								

Рис.11. Форма маршрутной карты

Таблица 25. Содержание маршрутной карты

Номер графы	Содержание вносимой информации
1	<p>Обозначение служебных символов:</p> <p>А – номер цеха, участка, рабочего места, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции.</p> <p>Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам.</p> <p>М – информация о применяемом основном материале и исходной</p>

	<p>заготовке, вспомогательных и комплектующих материалах с указанием их кода, кода единицы величины, количества на изделие и нормы расхода.</p> <p>О – содержание операции (перехода). Информация записывается по всей строке, при необходимости продолжение информации переносится на следующие строки.</p> <p>Т – информация о технологической оснастке в такой последовательности: приспособления; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; слесарно-монтажный инструмент; средства измерения.</p> <p>Р – строка вводится, если требуется указать информацию о режимах обработки.</p>
2	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения, производится через 5 позиций: 005, 010, ... 095, 100, 105 и т.д
3	Код материала.
4	<p>В графе «М01» указывается наименование, сортамент, размер и марка материала, номер стандарта, т.д. В данной графе запись выполняется одной строкой с разделительным знаком « / ».</p> <p>Круг 80мм ГОСТ 7417-75 /Сталь 45ГОСТ 1050-88</p>
5	Код единицы величины – массы, длины, площади и т.п. детали или заготовки по классификатору. Например: для массы код в килограммах – 166; в граммах – 163; в тоннах – 168
6	Масса детали по конструкторскому документу
7	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1, 10, 100 и т.д.)
8	Норма расхода материал
9	Коэффициент использования материала
10	Код операции согласно классификатору технологических операций
11	Код оборудования, краткое наименование оборудования.

12	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т.п.)
13	Код степени механизации труда, указывается однозначной цифрой: 1-Наблюдение за работой автоматов 2-Работа с помощью машин и автоматов 3-Вручную при машинах и автоматах 4--Вручную без машин и автоматов 5-Вручную при наладке машин и ремонте
14	Код профессии согласно классификатору
15	Профиль и размеры исходной заготовки.
16	Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Код включает три цифры. Первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие – код формы и системы оплаты труда: 10 – сдельная оплата труда 11 – сдельная система оплаты труда прямая 12 – сдельная система оплаты труда премиальная 13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная 20 – повременная форма оплаты труда 21 – повременная система оплаты труда простая 22 – повременная система оплаты труда премиальная
17	Код условий труда, включает в себя цифру – условия труда: 1 – нормальные, 2 – тяжелые и вредные, 3 – особо тяжелые, особо вредные букву, указывающую вид нормы времени: Р – аналитически-расчетная, И – аналитически-исследовательская,

	X – хронометражная, O – опытно-статистическая.
18	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции.
19	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции.
20	Количество одновременно обрабатываемых заготовок.
21	Единица нормирования, на которую установлена норма времени. Например: 1, 10, 100.
22	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
23	Масса заготовки.
24	Объем производственной партии в штуках
25	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании зависит от количества обслуживаемых станков: Количество станков 1 2 3 4 5 6 Коэффициент 1 0,65 0,48 0,39 0,35 0,32
26	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
27	Норма штучного времени на операцию

4.9 Операционная карта

Операционная карта содержит подробное описание технологического процесса изготовления детали с расчленением по переходам и указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, режимам резания и времени. Правила записи операций и переходов обработки резанием металлов изложены в ГОСТ 3.1702-79 [26]. Наименование операций должно отражать применяемый вид оборудования и записывается именем прилагательным в именительном падеже (названия операций приведены в ГОСТ 3.1702-79) и

соответствовать номеру и наименованию операции, приведенным в маршрутной карте («токарная», «фрезерная» и т.д.). Операция состоит из переходов. В содержании перехода записывается следующая информация:

- ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме («точить», «фрезеровать», «сверлить» и т.д.);
- наименование обрабатываемой поверхности в винительном падеже, конструктивных элементов или предметов производства («заготовку», «лыску» и т.д.);
- информация о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах и указанием обрабатываемой поверхности арабскими цифрами в окружности диаметром 6...8 мм;
- дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки («предварительно», «последовательно» и т.п.);
- режущий, вспомогательный и контрольно-измерительный инструмент;
- режимы обработки;
- дополнительная информация об операции, в которой в технологической последовательности изложены необходимые действия, выполняемые исполнителем по обработке заготовки на одном рабочем месте.

Значительное количество граф операционных карт содержат информацию, аналогичную графам маршрутных карт (рис.12). Формы операционных карт могут быть различными, и предназначены как для оформления операций, выполняемых на универсальном технологическом оборудовании с ручным управлением, так и на станках с ЧПУ. Графы операционных карт заполняются в соответствии с таблицей 26.

1	9	10	2	16	17	18	3	11	19	12	4	20	5	13	14	21	22	23	6	24	7	8	
Дубл.																			ГОСТ 3.1404-86	Форма 3			
Взам.																							
Подл.																							
Раб.б.																							
Пов.																							
И контр.																							
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОЛ						
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				T_p	T_e	$T_{н.з.}$	$T_{шт}$	СОЖ											
<i>P</i>			<i>III</i>	<i>D или B</i>	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>v</i>	T_s	T_f											
Ø1																							
Ø2																							
Ø3																							
Ø4																							
Ø5																							
Ø6																							
Ø7																							
Ø8																							
Ø9																							
10																							
11																							
12																							
OK																							

Рис. 12. Форма операционной карты

Таблица 26. Содержание операционной карты.

Номер графы	Содержание вносимой информации
1	Наименование операции
2	Краткая форма записи наименования и марки материала
3	Твердость материала заготовки, поступившей для обработки
4	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1, 10, 100 и т.д.)
5	Масса детали по конструкторскому документу
6	Профиль и размеры исходной заготовки
7	Масса заготовки
8	Количество одновременно обрабатываемых деталей

9	Краткое наименование или модель оборудования
10	Обозначение программы (для станков с ЧПУ)
11	Норма основного времени на операцию
12	Норма вспомогательного времени на операцию
13	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
14	Норма штучного времени на операцию
15	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости
16	Номер позиции инструментальной наладки. (для станков с ЧПУ)
17	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали
18	Расчетный размер длины рабочего хода
19	Глубина резания
20	Число проходов
21	Подача, мм/об
22	Число оборотов шпинделя в минуту
23	Скорость резания, м/мин
24	Норма вспомогательного времени (на переход)
25	Норма основного времени (на переход)

Правила записи операций и переходов в операционной карте (ГОСТ 3.1129-93)

- Нумерацию операций следует выполнять числами ряда арифметической прогрессии, кратной пяти, например 5; 10; 15; 20 и т. д. Допускается применять трехзначную нумерацию, например 005; 010; 015; 020 и т. д. или четырехзначную нумерацию, например 0005; 0010; 0015; 0020 и т. д.
- В случае необходимости промежуточные цифры используют для нумерации дополнительных операций, или операций, разрабатываемых взамен аннулированных, из-за изменения чертежа, уточнения технологического процесса и т. п. Нумерация аннулированной операции не применяется. (Например, если в МК аннулирована операция 10, вместо нее вводят две

другие операции: под номером 11 и 12, при этом номер 10 больше не применяют)

- Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже (за исключением операции «Галтовка»). Например «Токарно-винторезная», «Абразивно-отрезная», «Слесарная». Перечень названий приведен в с ГОСТ 3.1702–79.
- Номер и наименование операции заносят в строку А маршрутной карты и карты технологического процесса.
- Нумерацию установов следует выполнять русскими буквами в порядке возрастания, например А, Б, В и т.д.
- Нумерацию переходов следует выполнять арабскими цифрами в порядке возрастания, например 1, 2, 3 и т.д.
- Установы и переходы наименований не имеют. Записывают слово «Установ» («Переход») и его порядковый номер. После указания установка (перехода) следует ставить точку. Начало записи перехода следует начинать с прописной буквы.
- Номер установка (перехода) заносят в строку О соответствующих технологических документов (МК, ОК, КТП).
- Запись содержания операций следует выполнять в форме маршрутного или операционного описания. В содержании операции должны быть отражены все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем или исполнителями, по обработке изделия или его составных частей на одном рабочем месте. В случае выполнения на данном рабочем месте прочих видов работ, выполняемых другими исполнителями, их действия также следует отражать в операционной карте. Запись о содержании операции (перехода) заносят в строку О соответствующих технологических документов (МК, ОК, КТП). Запись о содержании операции (перехода) начинают с ключевого слова, характеризующего метод обработки. Ключевое слово представляет собой

глагол в неопределенной форме (например, «точить», «сверлить», «фрезеровать» и т. п.). При маршрутном описании операции допускается указывать в одном предложении несколько ключевых слов, характеризующих последовательность обработки изделия в данной операции (например, «сверлить, зенкеровать, развернуть»).

- После ключевого слова записывают информацию об обрабатываемой поверхности, конструктивном элементе или предмете производства («цилиндр», «галтель», «заготовка» и т. п.).
- Перед наименованием обрабатываемого элемента может быть указана дополнительная информация об их числе (например, «2 паз», «4 фаски», «10 отверстий» и т.п.) и особенностях обрабатываемой поверхности (например «шпоночный паз», «фасонную поверхность» и т.п.).
- После информации об обрабатываемой поверхности или конструктивном элементе записывают информацию о размерах и их предельным отклонениям (например, «точить поверхность $D = 10 - 0,15$ » т.п.). При указании размера может использоваться словосочетание «выдерживая размер» или только слово «выдерживая», особенно при наличии нескольких размеров (например, «точить поверхность, выдерживая $D = 10 - 0,15, L = 80 \pm 0,5$ » и т.п.). В случае окончательной обработке или наличии технологического эскиза предельные отклонения размеров можно не указывать (они указаны на чертеже или эскизе). При наличии технологического эскиза вместо размера может быть указано условное обозначение размера (например, «сверлить отверстие 1, выдерживая размеры 1 и 2» и т.п.).
- Завершают запись о содержании операции (перехода) дополнительной информацией, характеризующей особенности процесса обработки (например, «предварительно», «одновременно», «по копиру» и т. д.).
- В записи операции или перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. При маршрутном описании эта информация имеется на чертеже детали, а при операционном описании

указывается на карте эскизов имеющей зону для графической иллюстрации. Информацию о шероховатости поверхности допускается указывать в тексте, если она относится к предварительно обрабатываемым поверхностям и не может быть указана на карте эскизов.

- При записи содержания операции (перехода) допускается полная или сокращенная форма записи. Установление полной или сокращенной записи для каждого случая определяется разработчиком документов.
- Полную запись содержания операции следует выполнять при отсутствии графических изображений и для комплексного отражения всех действий, выполняемых исполнителем или исполнителями и при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров (пример полной записи: «Сверлить 10 сквозных отверстий с зенкованием фасок, выдерживая $d = 10 + 0,2$, $d = 45 \pm 0,05$, УГОЛ = $90^\circ \pm 30'$ и $1 \times 45^\circ$ »)
- Сокращенную запись следует выполнять при наличии графических изображений (технологических эскизов), которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке. В этом случае в записи содержания операции дополнительную информацию не указывают. При неполном изложении информации в текстовой записи применяют дополнительную информацию «Согласно чертежу» или «Согласно эскизу» (пример сокращенной записи «Сверлить 4 отв. $d = 10 + 0,2$, зенковать фаски $1 \times 45^\circ$ согласно чертежу»)
- Дополнительную информацию «Предварительно» или «Окончательно» применяют при предварительной или окончательной обработке поверхности или конструктивных элементов.
- Дополнительную информацию «По копиру», «По программе», «С подрезкой торца», «С подрезкой торцов», «По разметке» применяют только при маршрутном описании технологических операций
- Запись вспомогательных переходов следует выполнять так же, как и технологических переходов. Запись вспомогательных переходов допускается не выполнять при маршрутном описании технологических

операций и при операционном описании и применении карты эскизов (КЭ) или соответствующих операционных карт (ОК), имеющих место для графического изображения обрабатываемой заготовки с указанием условных обозначений применяемых баз и опор.

Правила записи информации о технологических режимах

Информацию о технологических режимах указывают при операционном описании технологических процессов после записи информации о технологической оснастке. Запись параметров технологических режимов выполняют:

- в соответствующих графах, предусмотренных формами документов;
- на отдельных строках с привязкой к служебному символу «Р» и одновременным указанием данных по технологическим режимам и их параметрам;
- на строках, где выполняют запись содержания технологических переходов с привязкой к служебному символу «О».

При применении специализированных форм документов, предусматривающих соответствующие графы для указания технологических режимов, запись значения их параметров выполняют с новой строки с привязкой к служебному символу «Р». В этом случае обозначения соответствующих единиц величин записывать в строках, где указывают параметры режимов. При условии указания данных только по двум-трем параметрам допускается такую информацию записывать после текста содержания перехода. При невозможности размещения информации по технологическим режимам на одной строке, ее допускается переносить на последующую строку (последующие строки). Запись данных по технологическим режимам следует выполнять через разделительный знак точка с запятой «;».

4.10. Операционные карты слесарных и слесарно-сборочных операций

Нумерацию операций, установов и переходов в картах слесарных и слесарно-сборочных операций производят так же, как и для операций обработки резанием с некоторыми корректировками заполнения граф (таблица 27).

- Наименование операций следует записывать в документах в сокращенной или полной форме. При применении сокращенной формы наименование операции следует записывать именем существительным в именительном падеже. Исключение составляют такие наименования операций, как «Слесарная», «Сверлильная» и т.п. Полная запись наименования операций должна содержать сокращенную форму с указанием предметов производства, обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов. Например: «Запрессовывание штифтов». Наименование операции следует записывать в соответствии с ГОСТ 3.1703–79 [27]
- При записи операции допускается применять обобщенное или конкретное наименование. Например, «Сборка», «Опиловка». Обобщенное наименование операций следует применять для операций, состоящих из нескольких переходов. Например, «Слесарная» операция, включающая выполнение таких переходов, как «Разметка», «Керновка», «Опиловка».
- Запись содержания операций следует выполнять в форме маршрутного или операционного описания.
- Маршрутное описание следует применять при разработке технологических процессов для обработки или сборки изделий без указания переходов и технологических режимов. Допускается применение комплектовочной карты (КК) при описании сборочных работ.
- Операционное описание следует выполнять на формах карт технологического процесса (КТП), карт типового технологического процесса (КТТП), ведомости деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу (операции) (ВТП), (ВТО) и операционных картах (ОК).

- При разработке технологического процесса на слесарные или сборочные работы, включающие несколько видов выполняемых работ (обработка резанием, холодная штамповка и др.), технологическую документацию следует применять из состава документов по данному виду работы.
- В целях исключения текстовой записи вспомогательных переходов при базировании и закреплении следует применять технологические эскизы с указанием условных обозначений опор и зажимов.
- Запись о содержании операции (перехода) начинают с ключевого слова, характеризующего метод сборки изделия. Ключевое слово представляет собой глагол в неопределенной форме (например, «притереть», «развальцевать», «собрать» и т. п.). При маршрутном описании операции допускается указывать в одном предложении несколько ключевых слов, характеризующих последовательность сборки изделия в данной операции (например, «отрезать, опилить, притереть»).
- После ключевого слова записывают информацию об обрабатываемой поверхности, конструктивном элементе или предмете производства (например, «лыска», «деталь», «заготовка» и т. п.)
- После информации об обрабатываемой поверхности или конструктивном элементе записывают информацию по размерам, их предельным отклонениям и другим требованиям. При указании размера может использоваться словосочетание «выдерживая размер» или только слово «выдерживая», особенно при наличии нескольких размеров («Опилить заготовку, выдерживая размеры $L = 55 \pm 0,1$, $b = 30 + 0,1$, обеспечивая параллельность плоскостей $0,05$ »). При окончательной обработке или наличии технологического эскиза предельные отклонения размеров можно не указывать. При наличии технологического эскиза вместо размера может быть указано условное обозначение размера (например, «Опилить заготовку, выдерживая размеры 1 и 2» и т.п.). Завершают запись о содержании операции (перехода) дополнительной информацией, характеризующей особенности процесса слесарной обработки и сборки

(например, «по разметке», «обеспечивая герметичность», «по шаблону» и т. п.).

- При проектировании технологических процессов допускается полная и сокращенная формы записи содержания операции и перехода. При отсутствии графического материала в полной записи содержания операции и перехода следует указывать размеры или другую дополнительную информацию.
- При наличии графического материала в сокращенной записи содержания операции (перехода) следует указывать условные обозначения обрабатываемых поверхностей, например «Опилить поверхности 1 и 2».
-

Таблица 27. Корректировка содержания граф операций карт слесарных и слесарно-сборочных операций.

№ графы (условное обозначение)	Содержание графы
9(Опер.)	Номер рабочего места, на котором применяется данная технологическая оснастка, оборудование
10(Код, наименование операции)	Код операции по технологическому классификатору операций (ТКО), наименование операции.
11 (Обозначение ТО)	Код (обозначение) технологической оснастки
12(Кол)	Количество технологической оснастки одного обозначения, применяемой на операции
13(Наименование ТО)	Наименование технологической оснастки
14(Код, наименование)	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер.

оборудования)	Информацию следует указывать через разделительный знак «;». Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель.
15	Графа для особых указаний

Раздел № 5 Технологическая оснастка. Основы конструирования и выбора

5.1. Классификация и виды приспособлений

Станочными приспособлениями называются дополнительные устройства к оборудованию и станкам, служащие для установки и закрепления обрабатываемых деталей и инструмента. Приспособления, предназначенные для установки и закрепления деталей называться просто приспособлениями. Приспособления для закрепления режущего инструмента называются вспомогательным инструментом. Станочные приспособления вместе с режущим и вспомогательным инструментом принято называть технологической оснасткой [28, 29]. Использование приспособлений позволяет решить ряд задач.

1. *Расширение технологических возможностей оборудования.* В этом случае существенную экономию получают из-за того, что применение специальных приспособлений позволяет отказаться от приобретения других станков, или транспортирования деталей на другой участок или предприятие, где имеется соответствующее оборудование.

2. *Повышение производительности оборудования.* Применение приспособлений позволяет увеличить производительность оборудования за счет различных аспектов, среди которых можно выделить четыре наиболее важных.

а) Сокращение времени на установку и закрепление деталей (вспомогательное время). При обработке деталей сложной формы с высокой точностью требуется большое время на установку, закрепление и позиционирование детали, при этом основное время операции может быть небольшим. Например, сверление детали, без кондуктора требует дополнительной трудоёмкой операции разметки.

Использование специальных приспособлений позволяет уменьшить вспомогательное время в несколько раз.

б) Увеличение числа одновременно работающего инструмента. Одновременное выполнение технологических переходов несколькими инструментами позволяет уменьшить основное время операции.

в) Одновременная обработка нескольких деталей, при этом время на выполнение отдельных элементов операции не увеличивается пропорционально числу деталей, а останется таким же, как при обработке одной детали.

г) Повышение режимов обработки. Этот фактор имеет существенное значение при обработке не жестких деталей. Сборка деталей в пакеты позволяет повысить жесткость конструкции и соответственно применить высокие режимы резания.

3. Изменение назначения станка. Наиболее часто этот способ применяют в цехах индивидуального и мелкосерийного производства, имеющих ограниченный парк станков при большой номенклатуре изделий. Приобретение станков всех типов обычно экономически нецелесообразно из-за сложности их полной загрузки. В этом случае ряд операций проводят на непрофильном оборудовании с использованием специальных приспособлений. Например, на токарном станке можно шлифовать изделия при помощи шлифовального приспособления, устанавливаемого на суппорте вместо резцедержателя. Можно применять сверлильные станки для отделки поверхности внутренних отверстий. Все эти операции, как правило, отличаются низкой производительностью, потому применяются только в индивидуальном производстве.

4. Повышение точности и качества изготовления и сборки изделий. Применение приспособлений позволяет уменьшить погрешности, возникающие на различных этапах технологического процесса, повысить единообразие свойств и размеров изготавливаемых изделий, сокращает расход материала из-за уменьшения припусков на обработку, снижает трудоемкость последующей обработки, а так же обеспечивает взаимозаменяемость элементов конструкции и возможность быстрой сборки изделия.

5.Облегчение условий труда и повышение безопасности работы. Применение приспособлений позволяет рационально осуществлять ход технологического процесса, устранять в процессе работы ненужные, лишние и малоэффективные трудовые движения, совмещать их за счет параллельности выполнения отдельных работ. Кроме того механизация позволяет повысить безопасность персонала при выполнении опасных и вредных операций.

6.Сокращение количества работающих и снижение необходимой квалификации для выполнения операций. Значительная доля подготовительно-заключительного времени приходится на настройку технологического оборудования. Использование различных регулировочных и вспомогательных устройств позволяет быстро и с достаточной точностью придать требуемое положение детали или заготовки относительно рабочих органов станка, что позволяет уменьшить численность персонала и требования к квалификации рабочих.

Для мелкосерийного производства, которое характерно для производства художественных изделий, наиболее типично применение приспособлений, основным назначением которых является расширение технологических возможностей станка. Проектирование приспособлений для изменения назначения станка требует детального ознакомления с конструкцией станка, т.к. использование его не по назначению может вызвать перераспределение усилий, действующих на узлы при работе, что может привести к выходу станка из строя или негативно скажется на его точности. Поэтому в некоторых случаях необходимо переделывать или усиливать узлы станков.

По целевому назначению все приспособления для механической обработки деталей подразделяются на пять основных групп.

Станочные приспособления, которые делятся в зависимости от вида механической обработки на сверлильные, фрезерные, расточные токарные, строгальные и т.д. К этой группе можно отнести приспособления специального назначения (приспособления для гибки, рихтовки и т.д.).

Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента, которые выполняют роль связующего звена между инструментом и станком. Благодаря

широкой стандартизации и нормализации рабочих инструментов рассматриваемая группа приспособлений характеризуется большим количеством нормализованных устройств.

Сборочные приспособления предназначены для соединения сопрягаемых деталей в узлы и целые изделия. Они подразделяются на приспособления для крепления базовых деталей (или узлов) собираемого объекта; для обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия; для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор, разрезных колец); для запрессовки, клёпки, развальцовки.

Приспособления для захвата, перемещения и перевёртывания обрабатываемых заготовок применяют для тяжелых объектов, перемещение которых мускульной силой рабочего невозможно или затруднительно.

По степени специализации приспособления могут быть классифицированы на:

- а) *универсальные приспособления*, которые применяют в условиях индивидуального и мелкосерийного производства. Это машинные тиски, патроны, делительные головки, поворотные столы, планшайбы, и т.д.;
- б) *специализированные приспособления*, которые выполняют на базе универсальных приспособлений. Их налаживают для обработки определённых деталей с использованием дополнительных или сменных устройств (например, специальных губок для машинных тисков);
- в) *специальные приспособления*, которые конструируют и изготавливают в индивидуальном порядке для деталей определённого типа.

По степени механизации и автоматизации приспособления делятся на:

- ручные;
- механизированные;
- полуавтоматические;
- автоматические.

5.2. Элементы приспособлений

В состав приспособлений входят следующие элементы:

- установочные элементы, предназначенные для точного расположения деталей относительно технологических баз;
- зажимные устройства, предназначенные для надежной фиксации деталей;
- элементы, фиксирующие и направляющие инструмент;
- делительные устройства, предназначенные для поворота детали на заданный угол;
- копирующие устройства, предназначенные для движения инструмента по заданной траектории;
- приводы приспособлений, позволяющие осуществлять механическое движение деталей;
- корпуса и вспомогательные устройства.

Установочные элементы приспособлений могут быть в виде точечных опор, опорных шайб или пластин, призм (рис.13). *Точечные опоры* используют для установки небольших по размерам заготовок. Опоры со сферической опорной поверхностью служат для установки на них деталей и заготовок с необработанными базами. Детали и заготовки с обработанными базами устанавливаются на опоры с плоской опорной поверхностью. Опоры с насеченной опорной поверхностью, как правило, являются боковыми опорами или служат для установки по черновым базам.

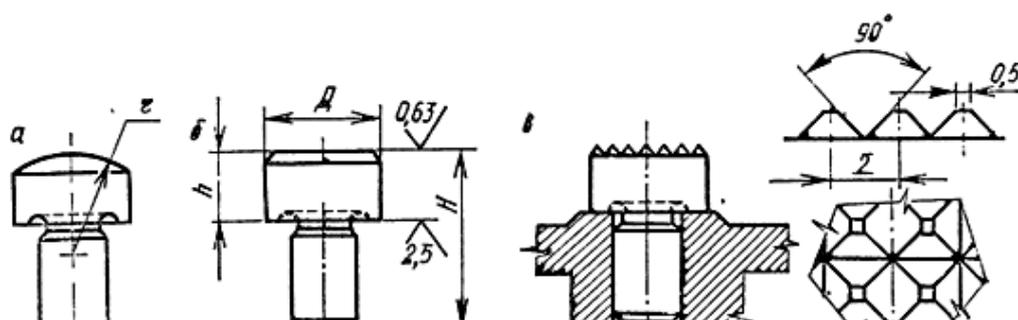


Рис. 13. Точечные опоры

Опорные шайбы и опорные пластины служат для установки заготовок по окончательно обработанным поверхностям (рис.14). Шайбы используют для установки мелких, а пластины – средних и крупных по размерам заготовок.

Опорные пластины без пазов служат боковыми и верхними опорами, а опорные пластины с пазами - нижними опорами (в пазах собирается стружка).

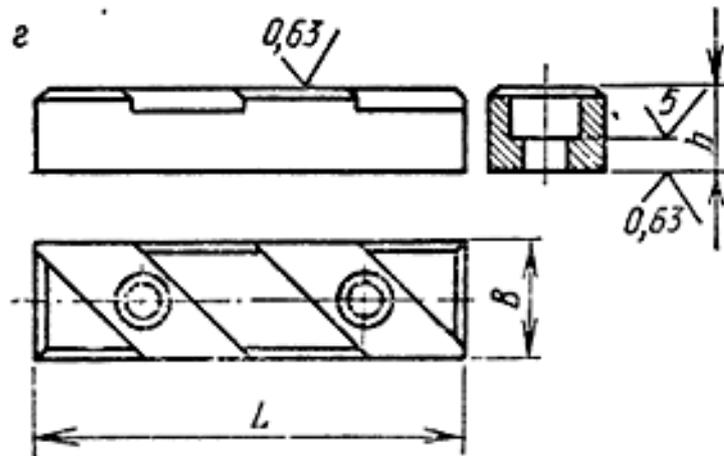


Рис. 14. Опорные пластины

Заготовки цилиндрической формы удобно закреплять в *призмах*. Призмой называется установочный элемент, имеющий две рабочие плоскости, расположенные друг к другу под углом α , называемым углом призмы (рис.15)

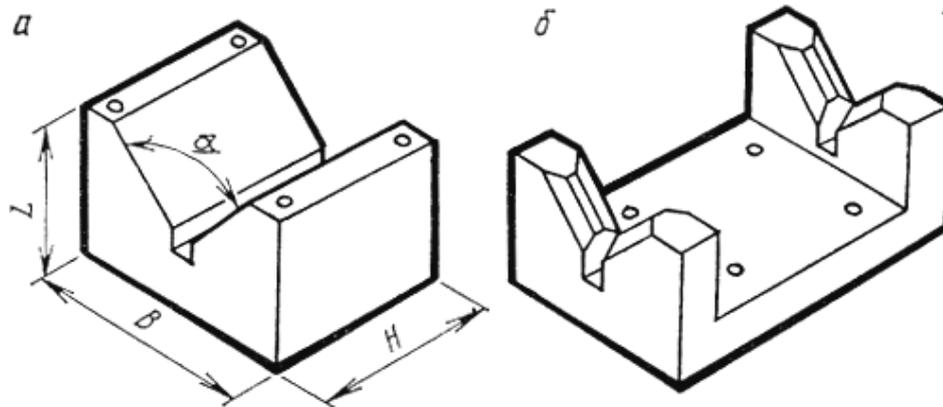


Рис. 15. Призмы

Регулируемые опоры (рис.16) применяют для установки заготовок с необработанными поверхностями; при больших изменениях припуска на механическую обработку; при выверке заготовок по разметочным рискам.

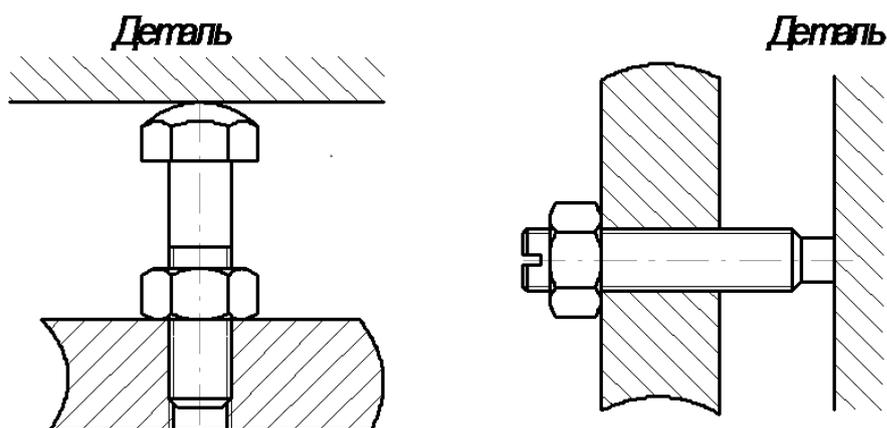


Рис. 16. Регулируемые опоры

Установку деталей и заготовок по отверстию осуществляют с использованием установочных пальцев, оправок и самоцентрирующих патронов. *Вспомогательные опоры (подводимые)* используют для увеличения жесткости установки если 3-х опорных точек недостаточно. Такие опоры в счёт опорных точек не входят, а конструкция их может быть такой же, как и регулируемых. *Самоустанавливающиеся опоры*, имеют несколько подвижных точек, которые связаны между собой таким образом, что давление на одну точку, заставляет её опускаться и одновременно поднимать остальные точки до тех пор, пока последние же достигнут базы. Комбинированную установку применяют, когда в качестве баз используют совокупность отдельных элементарных поверхностей заготовок. При этом необходимо обращать внимание на то, чтобы ни один из установочных элементов приспособления не дублировал функции другого

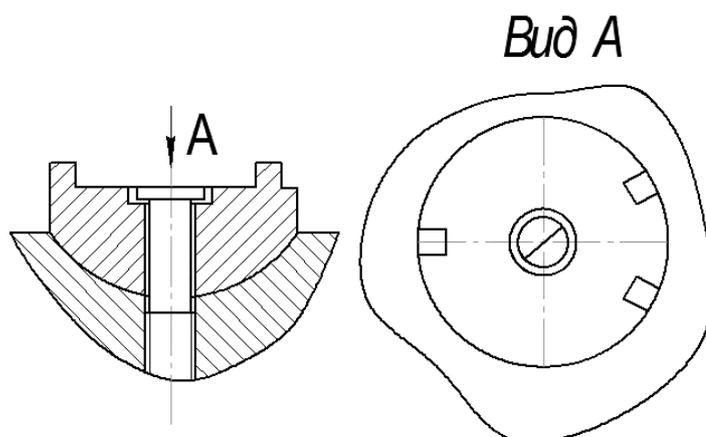


Рис. 17. Самоустанавливающиеся опоры

Требования к установочным элементам

- Контакт при установке должен быть в не более чем шести точках.
- Расстояние между опорами должно быть максимально большим. При этом не возникает опрокидывающий момент.
- Все опоры должны быть жестко связаны между собой.
- Установочные элементы должны располагаться в местах высокой жесткости.
- Установочные элементы не должны портить базы заготовки.
- Если деталь нежесткая необходимо большее число точек, если необходим поворот, то меньшее. Дополнительные опоры должны быть самоустанавливающимися.
- Конструкция установочных элементов должна обеспечивать их быструю замену.
- Чаще всего делают точечные опоры, так как они обеспечивают максимальную точность, но могут повредить поверхность.
- Обычно опоры изготавливают из сталей с закалкой до HRC 55-60.
- Плоские поверхности обычно устанавливают на точечные опоры и плоскости, цилиндрические поверхности - на призмы, кондукторные втулки, цанги, патроны, центры.
- При наличии внутренних отверстий в качестве опор используют пальцы, конуса или оправки.

Зажимные устройства. Основное назначение зажимного устройства – обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами и предотвратить в процессе обработки смещение заготовки под действием сил, возникающих в процессе обработки. Потребность в зажимных устройствах исключается в случаях, когда силы обработки весьма малы по сравнению с весом заготовок и силами трения или в тех случаях когда силы обработки (сборки) по направлению таковы, что не могут нарушить положение заготовки, обусловленное базированием.

Основные требования к зажимным устройствам:

- а) при зажиме не должно нарушаться положение детали, достигнутое установкой;

- б) сила зажима должна надёжно обеспечить неизменное положение детали во время обработки;
- в) смятие опорных поверхностей детали и её деформация в целом при зажиме должны быть минимальными и сила зажима должна быть оптимальной;
- г) закрепление детали при установке должно быть рациональным;
- д) простота, надёжность, жесткость и износостойкость;
- ж) Минимальное время закрепления - открепления заготовки.

Принцип действия и конструкцию зажимного устройства конструктор выбирает исходя из конкретных условий выполнения операций с учетом типа производства; величин сил, действующих на заготовку при выполнении операций; конструктивных особенностей заготовки; типа станка. При выборе места приложения силы зажима следует придерживаться следующих правил:

1) сила зажима не должна приводить к опрокидыванию заготовки или ее сдвигу по установочным элементам. Для этого необходимо, чтобы точка приложения силы зажима проецировалась:

- на установочный элемент (как можно ближе к его центру) или в треугольник, образованный линиями, соединяющими центры трех установочных элементов, расположенных в одной плоскости (как можно ближе к центру или в центр тяжести треугольника опор);
- на участок поверхности заготовки, параллельной поверхности установочных элементов, воспринимающих силу зажима;

2) действие сил зажима и вызываемых ими реакций опор не должно приводить к созданию изгибающих моментов, которые отрицательно сказываются на точности обработки нежестких заготовок;

3) точка приложения силы зажима должна быть как можно ближе к месту обработки, особенно для нежестких заготовок.

Классификация зажимных устройств

В зависимости от энергии источника различают следующие виды зажимов:

- механические;

- пневматические;
- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- электромагнитные;
- электрические;
- электростатические.

В зависимости от конструкции различают *простые зажимы*, у которых давление передаётся прямо на деталь (клиновые, эксцентриковые, резьбовые, рычажные) и *комбинированные зажимы*, у которых давление от штока на деталь передаётся с помощью промежуточных механизмов (рычажновинтовые, клиновинтовые, зажимы с пневмо-, гидро- и др. приводами).

Клиновые и клиноплунжерные зажимные механизмы используют для непосредственного зажима заготовки и в сложных зажимных системах, например в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов. Клиновые и клиноплунжерные самоцентрирующие механизмы применяют в конструкциях оправок (рис.18).

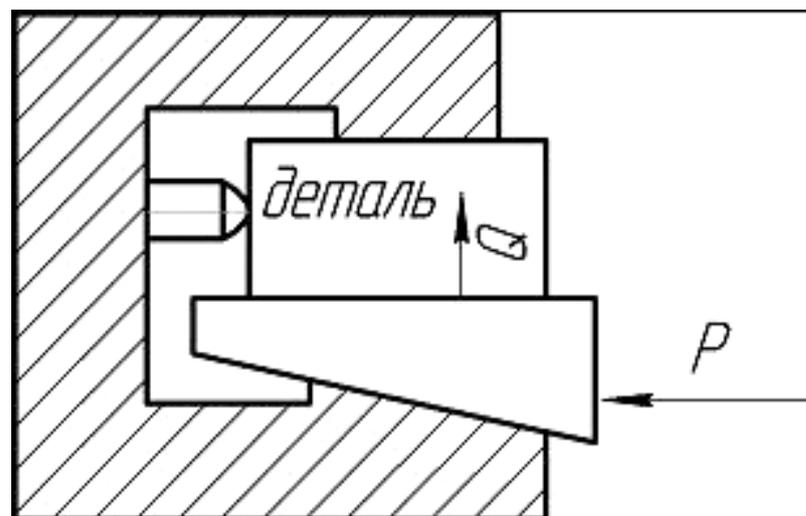


Рис.18. Клиновой зажимной механизм

Достоинствами клиновых механизмов являются простота и компактность конструкции; удобство в наладке и эксплуатации; способность к самоторможению (кроме механизмов с роликами); постоянство сил закрепления,

которые не зависят от допуска на размер заготовки. К основным их недостаткам можно отнести сосредоточенный характер сил закрепления, что затрудняет использование этих механизмов при обработке нежестких заготовок; низкую надежность, которая зависит от характера клинового сопряжения, формы поперечного сечения плунжеров и пазов под плунжеры, зазоров между плунжерами и пазами. Основными деталями клиновых и клиноплунжерных механизмов являются: клин, к которому приложена сила от привода; плунжеры (кулачки) развивающие силу закрепления; корпус с пазами, в которых перемещаются клин и плунжеры (кулачки); опорные ролики (если в механизме предусмотрено их использование). Важнейшим конструктивным элементом механизмов является угол скоса клина α . С уменьшением угла α увеличивается сила закрепления, но одновременно увеличиваются перемещения рабочих органов.

Рычажные зажимные механизмы выполняют в виде прихватов (прижимных планок) или в качестве рычагов усилителей силовых приводов (рис.19). Для облегчения установки заготовок рычажные механизмы выполняют поворотными, откидными и передвижными. По конструкции они могут быть прямолинейными и изогнутыми. Рычажные зажимы не обладают свойством самоторможения, не могут быть использованы как отдельные зажимные механизмы. Поэтому их применяют только в сочетании с другими зажимными. Позволяют, при относительной простоте, получить выигрыш в силе (или в перемещениях), обеспечить постоянство усилия зажима, осуществлять закрепление в труднодоступных местах.

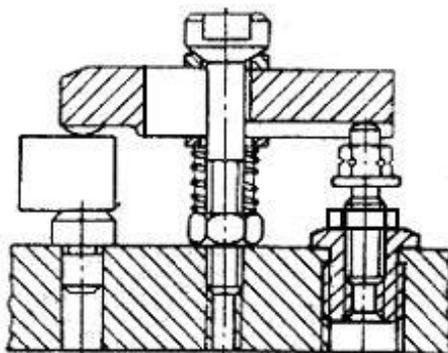


Рис. 19. Рычажный зажимной механизм

Винтовые зажимные механизмы применяются в зажимных устройствах с ручным закреплением деталей, в механизированных приспособлениях и на приспособлениях-спутниках (рис.20). Они обладают рядом достоинств: простотой и компактностью конструкции; широким использованием в конструкции стандартизованных деталей; удобством в наладке; хорошей ремонтпригодностью; возможностью получать значительную силу закрепления заготовок при сравнительно небольшом моменте на приводе; большим ходом нажимного винта (гайки), позволяющим надежно закреплять заготовки со значительными отклонениями размеров. К недостаткам винтовых зажимных механизмов относят сосредоточенный характер сил закрепления, что ограничивает применение винтовых зажимов для установки тонкостенных и термически необработанных заготовок; сравнительно большое время срабатывания винтовых зажимов; нестабильность сил закрепления винтовыми зажимами с ручным приводом, возможность смещения детали от силы трения на нажимном конце винта.

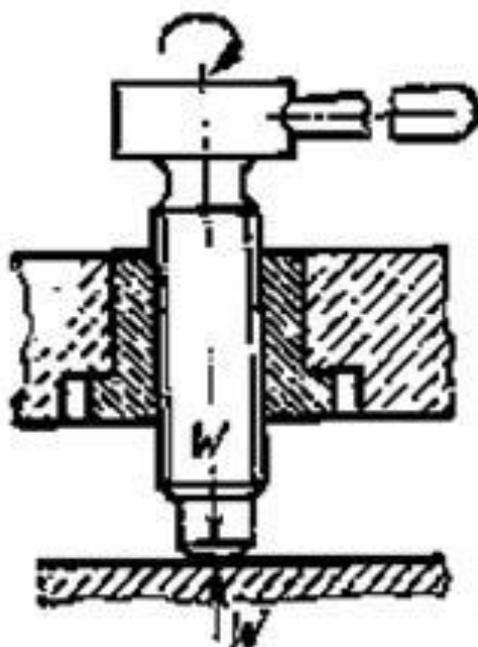


Рис. 20. Винтовой зажим

Эксцентрикковые зажимные механизмы (ЭЗМ) используются для непосредственного зажима заготовок и в сложных зажимных системах. В состав эксцентрикковых зажимных механизмов входят эксцентрикковые кулачки, опоры под них, цапфы, рукоятки и другие элементы. Различают три типа эксцентрикковых кулачков: круглые с цилиндрической рабочей поверхностью; криволинейные, рабочие поверхности которых очерчены по спирали Архимеда; торцевые кулачки. Из-за простоты изготовления наибольшее распространение получили круглые эксцентрики (рис.21). Преимущества эксцентрикковых зажимных механизмов заключаются в простоте и компактности конструкции; широком использовании в конструкции стандартизованных деталей; удобстве в наладке; способности к самоторможению и высоком быстродействию (время срабатывания около 0.04 мин). Основные недостатки - это сосредоточенный характер сил, что не позволяет применять эксцентрикковые механизмы для закрепления нежестких заготовок; нестабильность силы закрепления круглыми эксцентрикковыми кулачками; зависимость силы от размеров заготовок; пониженная надежность в связи с интенсивным изнашиванием эксцентрикковых кулачков.

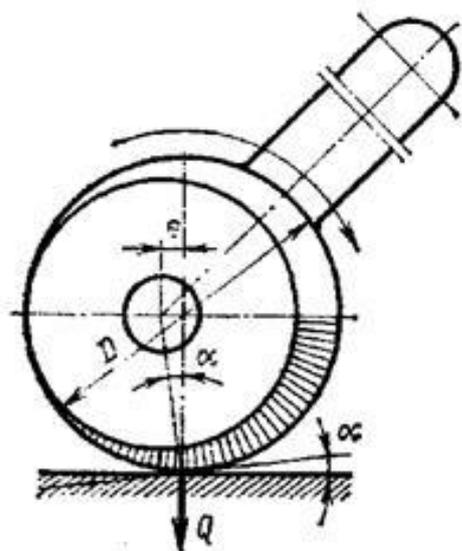


Рис. 21. Эксцентрикковый зажимной механизм

В пневматических зажимных устройствах исходной энергией является энергия сжатого воздуха. Широкому внедрению пневматических устройств

способствуют следующие их достоинства: относительная простота конструкции и эксплуатации; низкая первоначальная стоимость приспособлений и быстрая окупаемость затрат; надежность работы в широком диапазоне температур, влажности и запыленности окружающей среды; пожаро- и взрывобезопасность; большой срок службы; высокая скорость перемещения выходного звена пневматических исполнительных устройств (линейного до 15 м/с, вращательного до 100 000 об/мин); относительная простота передачи энергоносителя и возможность снабжения им большого количества потребителей от одного источника; отсутствие необходимости в защитных устройствах при перегрузке.

К основным недостаткам пневматических устройств можно отнести: недостаточную плавность перемещения рабочих элементов, особенно при переменной нагрузке; сложность позиционирования исполнительных органов пневмодвигателей из-за сжимаемости воздуха; относительно низкое усилие фиксации из-за небольшого давления сжатого воздуха в рабочих органах (0,4...0,6 МПа).

В гидравлических зажимных устройствах. исходной энергией является энергия сжатой жидкости (как правило минерального масла). Гидравлическая система состоит из нагнетательной аппаратуры, гидродвигателя или гидроцилиндра, системы управления, распределительных и предохранительных устройств. Гидроприводы обладают возможностью бесступенчатого регулирования в широких пределах скоростей и подач; простотой и легкостью управления; плавностью и бесшумностью работы; способностью развивать большие усилия при небольших габаритах; возможностью работать в динамических режимах, при частых включениях и реверсах. Рабочая жидкость в гидросистемах выполняет одновременно функции смазки, предохраняя движущиеся части привода от износа и коррозии. К недостаткам гидроприводов можно отнести их высокую первоначальную стоимость (из-за сложности конструкции насосов, гидродвигателей, управляющей и контрольно-регулирующей аппаратуры) и повышенные требования к эксплуатации в целях предотвращения утечки рабочей жидкости.

В вакуумных зажимных устройствах под обрабатываемой заготовкой или над ней создается разрежение, в результате чего заготовка надежно прижимается к бурту этой полости всей опорной поверхностью. В вакуумных приводах для создания разрежения используются пневмоцилиндры или вакуумные насосы. Конструкции вакуумных приводов просты, так как в них не требуется создание специальных механических устройств, для закрепления обрабатываемых заготовок. Особенно удобно применение вакуумных приводов для закрепления плоских тонкостенных заготовок из немагнитных материалов.

5.3. Выбор приспособлений

Выбор приспособлений осуществляется в следующей последовательности. На первом этапе получают и анализируют исходные данные, изучают рабочие чертежи заготовки или детали, требования, предъявляемые к приспособлению, изучают технологический процесс обработки детали. Второй этап заключается в определении технологических баз и в уточнении схемы установки детали, определении типа и величины установочных элементов и их взаимного расположения. На третьем этапе рассчитывают силы, возникающие при обработке, устанавливают место и положение сил закрепления и рассчитывают их величину. Затем выбирают тип зажимного устройства и определяют его основные параметры. На последнем этапе выявляют необходимые вспомогательные устройства, выбирают их конструкции и размеры. При разработке конструкции приспособления следует максимально использовать стандартные детали и узлы.

Раздел № 6. Планировка участков производства художественных изделий

6.1. Общие положения

Технологическая планировка является одним из завершающих этапов проектирования производства художественных изделий. При разработке планировки производственных участков решают комплекс взаимосвязанных технических и организационных задач:

- установление состава производственных участков и отделений, вспомогательных служб, санитарно-бытовых и административных помещений;
- расчет площадей цехов и производственных участков;
- выбор объемно-планировочных и конструктивных решений производственных и вспомогательных зданий;
- компоновка цеха, организация грузопотоков;
- выбор и расчет количества транспортирующих устройств;
- разработка общей технологической планировки цеха и ситуационного плана производственного корпуса;
- планировка производственных участков изготовления деталей, сборки узлов и изделий в целом.

Планировка представляет собой графическое изображение помещений и располагаемого в них технологического оборудования, энергетических и подъемно-транспортных устройств, инженерных коммуникаций. Составление планировок необходимо, как в случае разработки проектов на строительство или реконструкцию помещений, так и при решении отдельных производственных задач связанных с расстановкой нового оборудования. При перепланировках следует максимально использовать существующие инженерные коммуникации, подъемно-транспортные средства и санитарно-гигиенические устройства.

Исходными данными для составления планировок являются:

- ведомости на все виды оборудования и другие средства технологического оснащения с указанием габаритных размеров, массы, мощности, мест подключения к коммуникациям;
- чертежи производственного помещения, отводимого для проектируемого подразделения, с указанием ширины пролета, шага колонн, характера стен, расположения ворот, окон, подвалов и т.д.;
- схему части генерального плана предприятия, в которой находится проектируемое подразделение, с указанием мест размещения смежных

цехов и служб, с которыми данное подразделение поддерживает технологические связи;

- прочие сведения, которые могут оказать влияние на характер планировки, например вид межцехового транспорта и т.д.

Составлению планировки предшествует компоновка производственных площадей с изображением границ его отделений и участков, складов, мастерских, бытовых помещений, проездов и проходов. Компоновка должна быть увязана с планом завода в отношении характера транспортных средств, инженерных коммуникаций, складов и др. При компоновке выявляют потребные размеры производственных площадей, выбирают общецеховые подъемно-транспортные средства, тару, хозяйственный инвентарь [30].

6.2. Определение потребных производственных площадей и выбор параметра здания

По назначению площади цехов делятся на:

- производственную, занятую производственным оборудованием и рабочими местами у этого оборудования;
- вспомогательную, занятую вспомогательными подразделениями (ремонтными и инструментальными службами, лабораториями, объектами складского хозяйства), а также магистральными проездами между цехами;
- служебно-бытовую для административно-технического персонала, объектов санитарно-гигиенического назначения.

Ориентировочно площади можно определить по укрупненным нормативам.

Производственная площадь цеха (участка) $S_{пр}$, рассчитывается как произведение удельной производственной площади $S_{уд.пр}$ на принятое количество оборудования $C_{пр}$ в цехе или на участке:

$$S_{пр} = S_{уд.пр} * C_{пр} .$$

Удельная производственная площадь $S_{уд.пр}$ с учётом проходов составляет:

- для мелкого оборудования размером до 1800мм $S_{уд.пр} = 10...12 \text{ м}^2$ на один станок;

- для среднего оборудования размером до 4000 мм $S_{уд.пр} = 15...25 \text{ м}^2$ на одну единицу;
- для крупного оборудования $S_{уд.пр} = 30...90 \text{ м}^2$

Проезды и проходы считаются отдельно и составляют в среднем 25 – 30 % от производственной площади. Служебно-бытовые площади рассчитываются из расчёта 4- 6 м^2 на каждого работающего.

Промышленные здания и сооружения по назначению подразделяют на следующие основные группы:

- производственные, в которых размещают основные технологические процессы предприятия;
- подсобно-производственные, предназначенные для размещения вспомогательных процессов производства (ремонтные, инструментальные, тарные и т.п.);
- энергетические, в которых размещают установки, снабжающие предприятие электроэнергией, сжатым воздухом, паром и газом;
- транспортные, предназначенные для размещения и обслуживания средств транспорта;
- складские, необходимые для хранения сырья, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции, горюче-смазочных материалов и пр.;
- санитарно-технические, предназначенные для обслуживания сетей водоснабжения и канализации, для защиты окружающей среды от загрязнения (насосные и очистные станции, водонапорные башни, бассейны и т.п.);
- административные и бытовые здания.

При строительстве и реконструкции производственных зданий следует учитывать современные требования к производственным помещениям, которые можно сформулировать следующим образом.

- Сокращение числа трудящихся на производстве и повышение уровня их квалификации приводит уменьшению доли производственных площадей

занятых вспомогательными и бытовыми помещениями при одновременном повышении требований качеству организации рабочих мест.

- Внедрение в производство робототехники, станков с числовым программным управлением требует обеспечения стабильного теплового режима помещений, их низкой запыленности и хорошей освещенности.
- Высокая гибкость производства предполагает возможность оперативной перестановки оборудования, поэтому подводимые коммуникации должны быть легкодоступны. Общая тенденция, наблюдаемая при организации современных производств – это прокладка коммуникаций под потолком здания в доступных, быстромонтируемых кабель-каналах.
- Целесообразно объединение различных технологических линий и складских помещений в один корпус, имеющих значительную площадь.
- Создание гибких универсальных промышленных систем требует применения производственных зданий с полом, рассчитанным на максимально возможные нагрузки, так как оборудование монтируется не на фундамент, а ставится непосредственно на пол.
- Использование типовых промышленных объектов, собираемых из стандартных модулей, позволяет по-разному компоновать основные строительные конструкции, обеспечивая легкость перемещения или замены технологического оборудования и организации новых транспортных потоков.
- Применение индивидуальных систем отопления существенно уменьшает затраты на теплоснабжение. Наиболее перспективны для использования индивидуальные газовые котельные.
- Внедрение прогрессивных типов свайных оснований снижает объемы земляных работ, трудоемкость и сроки строительства фундаментов зданий.

Производственные здания могут быть одноэтажными и многоэтажными. Наиболее распространены - одноэтажные многопролетные здания прямоугольной формы с полом на бетонном основании и перекрытием, поддерживаемым системой колонн. Основные размеры здания в плане измеряются между

разбивочными осями, продольные обозначают заглавными буквами русского алфавита, поперечные - цифрами. Продольный размер пролета должен быть кратным шести, т.е. 6, 12, 18, 24, 30 м и т.д. Поперечный шаг равен 12 или 6 м. Высота от пола до низа несущих конструкций должна быть кратна 0,6 м (таблица 29) [31]. Высота от пола до низа несущих конструкций должна быть кратна 0,6 м, но не менее 3.6 метра. Несущие конструкции здания могут быть металлическими, железобетонными или смешанными. Металлическая конструкция состоит из металлических колонн и ферм. Железобетонная конструкция состоит из железобетонных колонн, связывающих рам, балок, подкрановых элементов здания. Железобетонные конструкции могут быть монолитными и сборными. Стены производственных зданий обычно делают панельными. Кирпичная кладка применяется для зданий небольшого объема. Смешанные конструкции состоят из железобетонных колонн, подкрановых балок, металлических ферм. По конструктивному признаку стены здания разделяются на несущие и каркасные. Несущие наружные стены делают из кирпича или бетона. В каркасных зданиях несущие функции выполняет каркас, состоящий из колонн и балок, а ограждающие функции – стеновое заполнение. Внутренние перегородки бывают различных видов в зависимости от назначения помещения. Для перегородок бытовых используют легкие строительные материалы: фанеру, древесностружечные плиты, гипсокартон. Для помещений с высоким уровнем освещенности используют перегородки с верхней стеклянной частью. Внутренние складские помещения огораживают металлической сеткой. Массивные кирпичные или железобетонные перегородки используют для ограждения механических или термических участков. Полы производственных помещений делают из керамической плитки, асфальта или бетона. Предельная ширина проходов производственных помещений должна быть не менее 1 м., коридоров – 1,4 м, дверей – 0,8 (для одинарных) или 2,4 м (для распашных). Высота дверей должна быть не менее 2,0 м. Ширина ворот должна быть не менее 1,8 м и должна превышать наибольшую ширину транспортных средств не менее чем на 600 мм. Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до выхода

наружу для одноэтажных зданий должны быть не более 100 м, для многоэтажных не более 75 м. Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух.

Таблица. 29. Унифицированные параметры одноэтажных производственных зданий

Высота от пола до оголовка колонны, м	Пролет, м	Шаг колонн, м	
		крайних	средних
3,6*	12	6, 12	6, 12
4,2*			
4,8	12, 18		
5,4	12, 18, 24		
6,0			
7,2	18, 24		
8,4			
9,6			
10,8	18, 24, 30	6, 12	12
12,6			
14,4	24, 30, 36		
16,2			
18,0			

* Высоту 3,6 и 4,2 принимают только при наружном водоотводе (у наружной стены).

6.3. Выбор подъемно-транспортных средств

В условиях единичного и мелкосерийного производства находят широкое применение универсальные транспортные средства и подъемно-транспортные устройства. Для подъема изделий применяют кран-балки и электрические погрузчики. [32]. Для перемещения изделий используют универсальные тележки с ручным перемещением или электроприводом (электрокары). Для выполнения загрузочно-выгрузочных и передаточных операций используют напольные загрузочные машины. Автотранспорт применяют для межцехового перемещения грузов и функций снабжения и сбыта. Для транспортирования грузов по всевозможным направлениям в пределах цехов

на планировках необходимо предусмотреть соответствующие транспортные проезды и проходы, а так же зоны разворота.

В условиях крупносерийного производства с постоянными грузопотоками изделий, наряду с универсальными, применяют специальные транспортные средства. Для перемещения деталей широко применяют конвейеры различного типа. Они не требуют дополнительных площадей и позволяют транспортировать грузы по сложным пространственным трассам. Если применение напольных конвейеров осложняет движение по цеху, применяют подвесные монорельсы, которые позволяют перемещать грузы весом до 250 кг в подвешенном состоянии. Однако применение конвейерного способа перемещения изделий и комплектующих требует значительных затрат на приобретение оборудования, его монтаж и последующего обслуживания, поэтому в условиях мелкосерийного производства художественных изделий обычно применяют универсальные тележки и этажерки.

6.4 Правила и рекомендации составления планировок

В рабочем проекте технологическую планировку оборудования участка или цеха выполняют:

- для производственных участков технологическую планировку оборудования в выполняют масштабе 1 : 50;
- для цехов, насчитывающих 50- 100 единиц оборудования ее выполняют в масштабе 1 : 100;
- для цехов насчитывающих более 100 единиц оборудования ее выполняют в масштабе 1 : 200.

Основой для разработки технологической планировки является ранее разработанная компоновка участка или цеха. Решение вопросов общей компоновки цеха не регламентировано строго определенными правилами и зависит навыков исполнителя проекта. Основным требованием, предъявляемым к компоновке плана проектируемого цеха, является рациональная взаимная

технологическая связь между всеми звеньями производственного потока, между производственными отделениями цеха и вспомогательными помещениями. Компоновочным планом цеха (корпуса), называется план без детального расположения оборудования, выполненный в масштабе 1:200 или 1:400. На компоновочном плане обозначают границы производственных и вспомогательных участков, служебно-бытовых помещений, магистральных проездов. Возможны различные типы компоновок производственных участков. *Произвольную компоновку* (рис. 22) чаще всего используют при недостатке производственных площадей. Основным недостатком данной компоновки - сложность и нерациональность транспортных маршрутов. *При Функциональной компоновке* (рис. 23) заготовки и детали последовательно проходят с начала до конца техпроцесса. Эта компоновка наиболее характерна для цеха мелкосерийного производства. *Модульная компоновка* (рис. 24) предусматривает выполнение аналогичных операций параллельно одинаковыми модулями. Она обладает определенными возможностями для резервирования производственных мощностей. *При групповой компоновке* (рис.25) каждая группа станков предназначена для обработки определенной номенклатуры деталей. *Ступенчатая компоновка* (рис.26) предусматривает наличие различных участков с персоналом, переходящим с участка на участок в зависимости от степени загруженности в рабочее время.

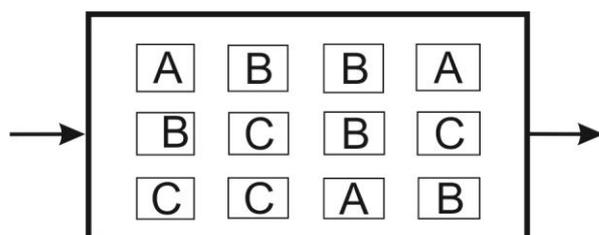


Рис. 22. Произвольная компоновка

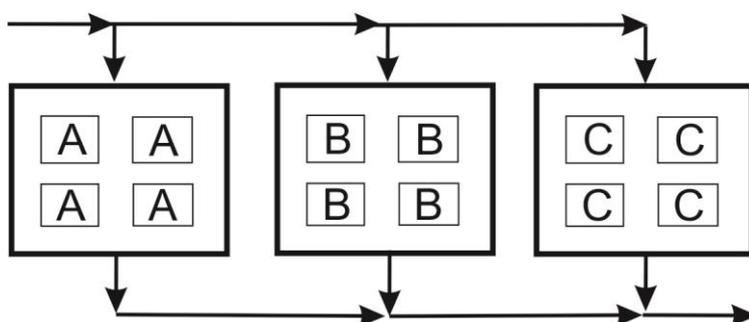


Рис. 23. Функциональная компоновка

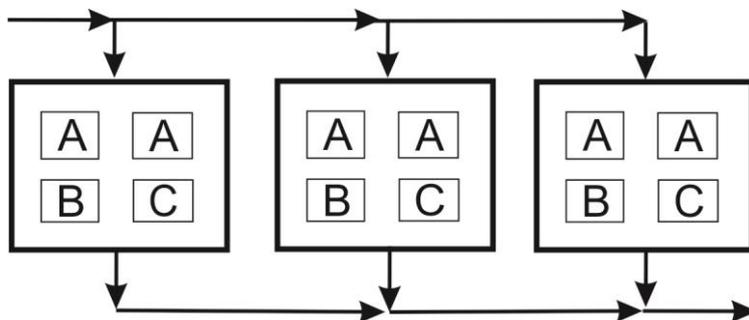


Рис. 24. Модульная компоновка

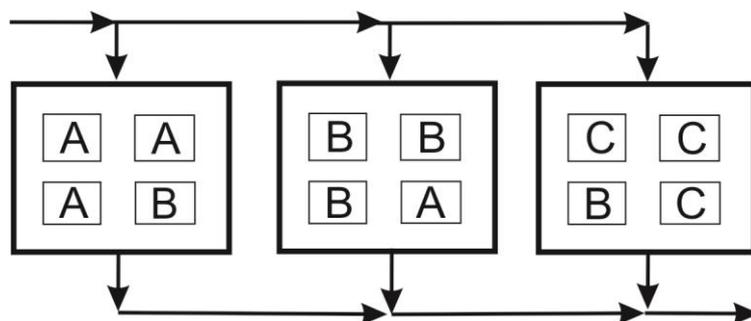


Рис. 25. Групповая компоновка

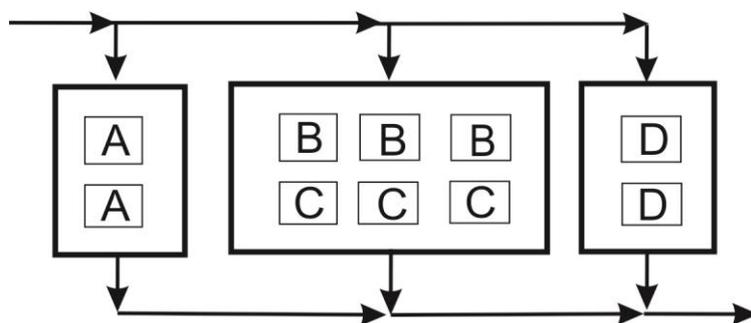


Рис. 26. Ступенчатая компоновка

Планировка производственного участка - это детальный план размещения рабочих мест и оборудования, который выполняют в условных обозначениях, принятых в нормах технологического проектирования (таблицы 29, 30, 31). Соблюдение стандартных условных графических обозначений является обязательным условием. Оборудование и рабочие места размещают с помощью темплетов (плоских масштабных моделей) на технологических планировках с помощью условных обозначений указывают: технологическое оборудование; рабочий персонал; стационарные подъемно-транспортные средства; санитарно-техническое оборудование; места складирования изделий; проходы и проезды с учетом применяемых напольных транспортных средств; средства пожаротушения

(гидранты, пожарные щиты и т.п.); на каких рабочих местах предлагается применение местной вентиляции; места подвода различного вида энергоносителей (электрического тока, пара, газа, сжатого воздуха и др.). Расположение оборудования и рабочих мест на планировках координируется относительно колонн. Пример планировки участка художественной обработки изделия приведен на рисунке 27. При расстановке станков руководствуются нормами технологического проектирования и следующими рекомендациями.

- При размещении оборудования на технологических планировках следует обеспечить свободный доступ к рабочим местам, удобство транспортирования заготовок к месту работы. Размер рабочей зоны должен составлять не менее 800 мм.
- Желательно производить размещение оборудования по участку
- С целью ликвидации влияния вредных факторов рабочие места желательно изолировать.
- Оборудование должно располагаться в соответствии с общим направлением основного грузопотока, чтобы не было встречных движений и транспортировки грузов над рабочими местами.
- Крупное оборудование желательно располагать вдоль цеха в несколько рядов.
- Крупные станки не должны стоять у окон, так как это приводит к затемнению цеха.
- При разных габаритах оборудования его располагают в одну линию по загрузочной стороне.
- Расстояние между оборудованием берут в соответствии с нормами с учетом наружных габаритных размеров станков, включающих крайние положения движущихся частей.
- При установке станков на индивидуальные фундаменты расстояние принимаются с учетом конфигурации фундаментов.
- При разных размерах двух рядом стоящих станков расстояние между ними принимается по большему из этих станков.

- Необходимо предусматривать наличие проездов в середине цеха или по краям. Ширина проездов или проходов выбирается по соответствующим нормам исходя из предполагаемых транспортных устройств и механизмов
- Транспортируемые изделия не должны выходить за пределы транспортных средств (на площадь прохода).
- При обработке деталей с большим количеством операций грузопотоку придают зигзагообразную форму с тем, чтобы длина каждого участка должна быть равна длине других участков, и не превышала 40 – 60 м.
- Следует предусматривать механизацию перемещения заготовок, деталей.
- Необходимо предусматривать наличие и близость расположения комнат курения, туалетов, раздевалок и других помещений бытового назначения.

Рациональная планировка производственных участков и цехов обеспечивает условия для высокопроизводительной и безопасной работы производственного и обслуживающего персонала, эффективное и экономичное использование производственных площадей, повышение уровня технического оснащения, организации и культуры производства.

Таблица 29. Нормы расстояний между оборудованием

Расположение станков		Обозначение на схеме	Расстояние, мм							
			Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство			Крупносерийное и массовое производство				
			Наибольший из габаритных размеров станка в плане, мм							
			До 1800	От 1800 до 4000	От 4000 до 8000	Св. 8000	До 1800	От 1800 до 4000	Св. 4000	
От проезда до	фронта	а	1600		2000 / 2400*		1000 / 1200*			
	тыльной стороны	б	500		500		500			
	боковых сторон	в	500		700	1000	500			
	в «затылок»	г	1700		2600		1400	1600	1800	
Относительно друг друга	тыльными сторонами	д	700	800	1000	1300	700	800	1000	
	боковыми сторонами	е	900		1300	1800	900		1200	
	фронтом при обслуживании одним рабочим	одного станка	ж	2100	2500	2600		1900	2300	2600
		двух станков	з	1700		–		1400	1600	–
	при П-образном расположении трёх станков, обслуживаемых одним рабочим	и	и	2500		–		1400	1600	–
		к	к	700		–		700		–
От стен и колонн до	фронта	л	1600		1600 / 2000*		1300	1500		
		л1	1300		1500		1300	1500		
	тыльной стороны	м	700	800	900	1000	700	800	900	
	боковых сторон	н	1200			900				

Примечание. В числителе указаны нормы расстояний для поточной формы организации производства, в знаменателе – для непоточной.

Таблица 30. Нормы ширины проездов

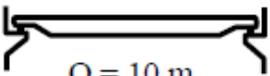
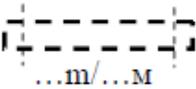
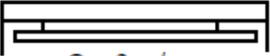
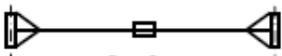
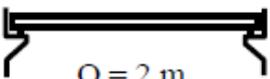
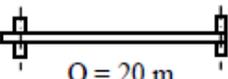
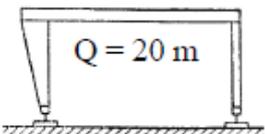
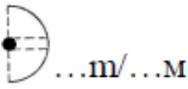
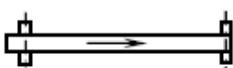
Вид проезда	Наименование транспортных средств	Ширина проезда, мм	
		при одностороннем движении	при двустороннем движении
Магистральный	Напольные: электротележки, электротягачи, электропогрузчики		4500
	автопогрузчики, автомашины, уборочные машины и пр.		5500
Цеховой	Все виды напольного электротранспорта, кроме робокар	$A^x + 1400$	$2A + 1600$
	Робокары	$A^x + 400$	–
Пешеходный проход		–	1400

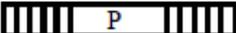
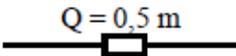
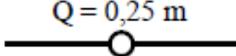
Таблица 31. Условное обозначение объектов на планировках

Объект	Условное обозначение	Объект	Условное обозначение
КОМПОНОВОЧНЫЙ ПЛАН			
Капитальная стена, сплошная перегородка до низа фермы или до потолка		Ворота откатные	
Легкие перегородки всех типов		Ворота складчатые	
Граница цеха, отделения, участка		Оконный проём	
Колонна задания	+	Остекленная перегородка	
Санитарный узел		Перегородка с сеткой	
Трансформаторная подстанция		Металлическая перегородка на каркасе	
ПЛАН РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ		Звукоизолирующая перегородка	
Строительные элементы		Технологическое оборудование	
Капитальная стена		Автоматические линии	
Колонна железобетонная с фундаментом *		Технологическое оборудование (станок и др.) и № по плану	
Колонна металлическая	I	Технологическое оборудование, существующее в цехе, непрерывно действующее	
Дверь однополюсная		Место рабочего	
Дверь двухполюсная		Место рабочего при многостаночном обслуживании	
Ворота распашные		Разметочная плита	
Ворота подъемные			
* Фундамент (штриховая линия) показывают только для колонн, вблизи которых располагают оборудование с индивидуальным фундаментом			

Объект	Условное обозначение
Контрольная плита	
Верстак	
Контрольный стол	
Резервное место под оборудование	
Складочное место заготовок и деталей	
Контрольный пункт деталей	
<i>Подводы промышленных жидкостей, газов и электротока; вентиляционные отсосы</i>	
Подвод холодной воды	
Подвод холодной воды с отводом в канализацию	
Подвод холодной воды с раковиной на стене (перегородке)	
То же холодной и горячей воды	
Слив отработанной охлаждающей жидкости в канализацию	

Объект	Условное обозначение
Подвод сжатого воздуха $\rho = 6$ ат	
То же, $\rho = 3$ ат	
Подвод эмульсии	
Подвод содового раствора	
Подвод масла (сульфофрезола)	
Подвод газа	
Местный вентиляционный отсос	
Подвод спецтоков	
Местное освещение	
Щит управления	
Пожарный кран	
Подвод пара	

Объект	Условное обозначение
Подъемно-транспортное оборудование (компоновочные планы и планы расположения оборудования)	
Электрический мостовой кран на плане здания	 Q = 10 м
То же на разрезе здания	 Q = 10 м
Кран однобалочный подвесной, кран-балка на плане здания	 ... м / ... м
То же на разрезе здания	 Q = 2 м / ... м
Кран мостовой однобалочный (опорный), кран балка опорная на плане здания	 Q = 2 м
То же на разрезе здания	 Q = 2 м
Электрический козловый кран в плане	 Q = 20 м
То же, вид спереди	 Q = 20 м
Кран поворотный в плане	 ... м / ... м
Подвесной цепной конвейер с примыкающим монорельсом	
Подъем и спуск подвесного цепного конвейера	 +5.5 +2.2
Ленточный транспортер	

Объект	Условное обозначение
Рольганг	 
Монорельс с тельфером	 Q = 0,5 м
Монорельс с пневматическим подъемником	 Q = 0,25 м
Электронструмент на монорельсе	
Желоб, склиз	

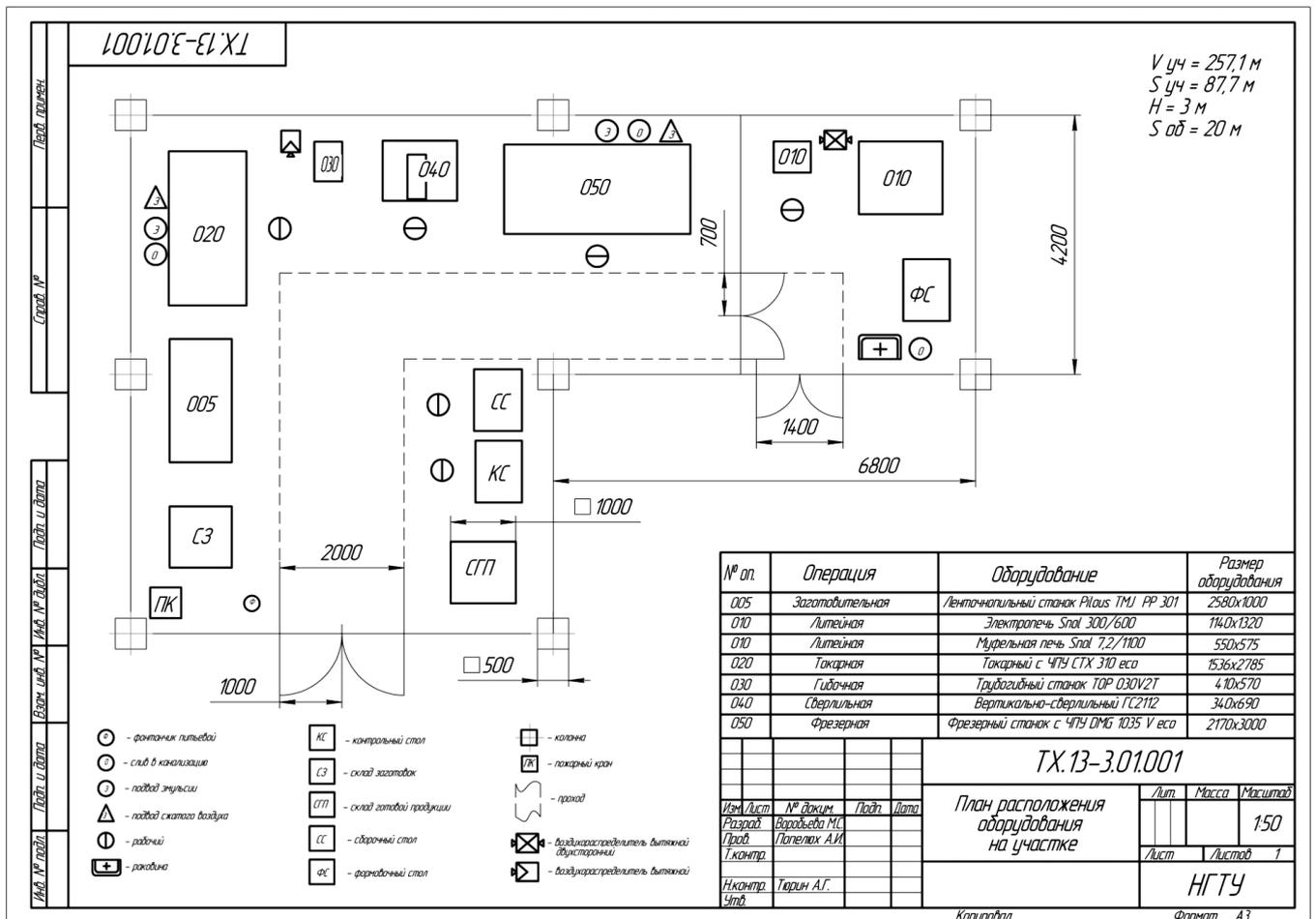


Рис. 27. Пример планировки участка художественной обработки изделий.

7. Вопросы для самопроверки

Раздел 1 Этапы подготовки и организация производства художественных изделий

- Каковы функции инженера инженер-технолога на различных этапах подготовки производства художественных изделий?
- Каковы функции заказчика (потребителя) при постановке изделий на производство?
- Каковы функции независимых экспертов при постановке изделий на производство?
- Каковы функции специализированных технологических организаций при постановке изделий на производство?
- Каковы функции изготовителя при постановке изделий на производство?
- В чем состоит структура технологического процесса производства художественных изделий?
- В чем состоят достоинства и недостатки штучной притонной и комбинированной обработки?
- В чем заключается отличие концентрированного и дифференцированного способа?
- Как осуществляется синхронизация операций?

Раздел №2. Повышение технологичности производства художественных изделий

- В чем заключается качественная и количественная, абсолютная и относительная оценка технологичности изделия?
- В чем состоят основные показатели технологичности при производстве изделий?
- Каковы основные методы повышения технологичности изделий?
- Каковы основные методы повышения технологичности заготовок?
- Каковы основные методы повышения технологичности деталей при обработке резанием?

- Каковы основные методы повышения технологичности сборочных операций?
- Каковы основные методы повышения технологичности сварных конструкций?

Раздел №3. Разработка технологических процессов изготовления художественных изделий

- В чем состоят основные этапы разработки технологических процессов?
- Каковы особенности подготовки и изучения исходных данных?
- В чем состоят основные методы группирования изделий?
- В чем состоят принципы выбора заготовок?
- Какие бывают виды баз и правила их выбора?
- Какова последовательность составления технологического маршрута обработки?
- В чем заключается выбор содержания операций и выбор технологического оборудования?
- Каковы основные методы нормирования производства художественных изделий?
- Как производится расчет экономической эффективности процесса?

Раздел 4 Оформление технологической документации

- Что предусматривает комплекс стандартов ЕСТД?
- Какие существуют виды описания технологического процесса?
- Какие существуют виды технологических документов?
- От чего зависит выбор и построение форм технологических документов?
- Как оформляют титульный лист?
- Как заполняют основную надпись на технологических документах?
- Как оформляют карту эскизов?
- Каковы общие требования к оформлению технологических документов?

- Как оформляют маршрутную карту?
- Как оформляют операционную карту?

Раздел № 5 Технологическая оснастка. Основы конструирования и выбора

- Какие виды приспособлений существуют?
- В чем заключаются преимущества при применении приспособлений?
- Какие существуют виды установочных элементы и где они применяются?
- Какие существуют виды зажимных устройств и их достоинства и недостатки?
- Как происходит выбор приспособлений?

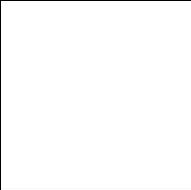
Раздел № 6. Планировка участков производства художественных изделий

- Что такое технологическая планировка?
- Как приблизительно определить величину необходимых производственных площадей?
- Каковы современные тенденции реконструкции производственных зданий?
- Как происходит выбор подъемно-транспортных средств?
- В чем заключаются основные рекомендации при составлении планировок?

Литература

1. Энциклопедия по экономике (электронный ресурс). <http://economy.ru.info/info/58723>.
2. ГОСТ 14.001-73. Единая система технологической подготовки производства. Общие положения
3. ГОСТ 3.1001-2011. Единая система технологической документации. Общие положения
4. ГОСТ Р 50995.3.1-96. Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства
5. Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием. Из-во: ИНФРА-М,- 2004.- 316 с.
6. Медведева С.А. Основы технической подготовки производства: Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО.- 2010. -69 с
7. ГОСТ 14.205-83. «Технологичность конструкции изделий. Термины и определения»
8. Афонькин М.Г. Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении Л: Машиностроение .- 1987.-225с.
9. Кондаков А.И., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении Из-во: Машиностроение.- 2007.- 560 с.
10. Суслов А.Г. Основы технологии машиностроения. Учебник. Из-во: Кронус.- 2016. - 288 с.
11. Сахновский М.М. Технологичность строительных сварных стальных конструкций. Киев: Будівельник.- 1980.- 264 с.
12. ГОСТ 14.311-75 ЕСТПП. Правила разработки рабочих технологических процессов
13. ГОСТ 14.301-83. Единая система технологической подготовки производства. Общие правила разработки технологических процессов
14. Н. М. Галдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук и др. Цветное литье: Справочник. М: Машиностроение.- 1989. -528 с.

15. В.У. Мнацаканян, В.В. Морозов, А.Г. Схиртладзе, В.А. Тимирязев.
Технология машиностроения. Изд-во: ВлГУ, 2013. - 524 с.
16. А. Суслов: Основы технологии машиностроения. Учебник. Изд-во:
Кнорус.- 2016.- 288 с.
17. ГОСТ 3.1107-81. Единая система технологической документации (ЕСТД).
Опоры, зажимы и установочные устройства.
18. А. В. Ахумов. Справочник нормировщика. Л: Машиностроение.-1987. -458
с.
19. Базовая система микроэлементных нормативов времени (БСМ-1).
Методические и нормативные материалы. Изд-во:Экономика.-.1989.-.122 с.
20. Д.Г. Максимов. Возникновение и развитие микроэлементного
нормирования труда// Вестник удмурдского университета. -2014. - Вып. 1-
С. 68-71.
21. Адамчук В.В. Эргономика. Изд-во: Юнити-Дана.- 1999.- 254 с.
22. Метод прямого калькулирования. Энциклопедия по машиностроению XXL
(электронный ресурс) <http://mash-xxl.info/info/602634/>
23. ГОСТ 3.1119-83. Единая система технологической документации. Общие
требования к комплектности и оформлению комплектов
24. ГОСТ 3.1103-82. Единая система технологической документации.
Основные надписи.
25. ГОСТ 3.1118-82. Единая система технологической документации. Формы и
правила оформления маршрутных карт.
26. ГОСТ 3.1702-79. Единая система технологической документации. Правила
записи операций и переходов.
27. ГОСТ 3.1703-79. Единая система технологической документации. Правила
записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы.
28. Р.С.Фаскиев, Е.В.Бондаренко. Проектирование приспособлений. Учебное
пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ.- 2006. -178 с.
29. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для
вузов. М: Машиностроение .- 1983.-277с.

- 
30. Бакунина Т. А., Тимофеева Е. В. Проектирование механосборочных цехов. Учебное пособие. Рыбинск: РГАТА имени П. А. Соловьева.- 2011. -154 с.
 31. Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. М: Машиностроение.- 1974.- 290 с.
 32. О. Гринаш: Грузоподъемные механизмы и транспортные средства Изд-во: ИД Ин-Фолио.- 2009.- 224 с.