

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Доктор технических наук,
профессор **Пашкевич**
Михаил Федорович

Объем учебной работы по дисциплине

- Лекций – **72** часа
- Практических занятий – **18** часов
- Лабораторных занятий – **36** часов
- Самостоятельная работа – **64** часа

Основная литература

1. Технология машиностроения: Учебное пособие / **М.Ф.Пашкевич** [и др.]; под ред. М.Ф.Пашкевича – Мн.: Новое знание, 2008, - 477с.
2. **Жолобов А.А.** Технология автоматизированного производства. Учебник для вузов. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000, - 624 с.
3. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов / **И. П. Филонов** [и др.]; под общ. ред. И.П. Филонова; + CD. – Мн.: УП «Технопринт», 2003, - 910 с.
4. Технология машиностроения: В 2 т. Т 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. Под ред. **А.М. Дальского**. – 2-е изд., стереотип. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001,- 563 с.

Дополнительная литература

1. **Технология сельскохозяйственного машиностроения: Учебное пособие / Л.М. Кожуро [и др.]; под ред. Л.М.Кожуро. – Мн.: Новое знание, 2006.**
2. **Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие / И.М. Колесов.– М.: Высш. шк., 1999.**
3. **Маталин А.А. Технология машиностроения.- Л.: Машиностроение, 1985.**
4. **Горбачевич А.Ф., Шкред В.А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Мн.: Выш. школа, 1983.**

Методические указания

1. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Технология машиностроения" (по 5 экз. для каждой лабораторной работы).
2. **Высоцкий В.Т., Пашкевич М.Ф.** Технология машиностроения. Методические указания для проведения практических занятий и выполнения контрольных работ для студентов специальности 1-36 01 01. Часть 1. – Могилёв: БРУ, 2008. – 100 экз.
3. **Пашкевич М.Ф., Высоцкий В.Т.** Технология машиностроения. Методические указания для проведения практических занятий и выполнения контрольных работ для студентов специальности 1-36 01 01. Часть 2. – Могилёв: БРУ, 2008. – 100 экз.

ТЕМА 1. Введение. Основные понятия и определения

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ КАК НАУКА

Технология машиностроения – наука, занимающаяся изучением закономерностей процессов изготовления машин с целью использования результатов исследований для обеспечения выпуска машин заданного качества, в установленном производственной программой количестве и при наименьших затратах.

Слово «технология» происходит от двух греческих слов **«ТЕХНОС»** - ремесло и **«ЛОГОС»** - наука и в переводе означает наука о производстве.

Этапы развития технологии машиностроения

1929 – 1930 г.г. – накопление отечественного и зарубежного опыта изготовления машин. Издаются первые руководящие и нормативные материалы.

1930 – 1941 г.г. – начало разработки общих научных принципов построения технологических процессов, начало формирования технологии машиностроения как науки в связи с опубликованием в 1933 – 1935 гг. научных трудов профессоров Соколовского А.П., Каширина А.И., Кована В.М., Яхина А.Б. и мн. других.

Этапы развития технологии машиностроения

1941 – 1970 г.г. отличаются интенсивным развитием технологии машиностроения, формированием научных основ технологической науки. Формируется современная теория точности обработки, разрабатывается расчётно-аналитический метод определения первичных погрешностей обработки и их суммирования.

1970 – 1990 г.г. – широкое использование достижений фундаментальных наук для решения задач технологии машиностроения. Расширяется применение ВТ при проектировании ТП и математического моделирования процессов механической обработки.

Этапы развития технологии машиностроения

С 1990 – х годов по настоящее время получают дальнейшее развитие ЭВМ, совершенствуются на их основе методики исследований, получают дальнейшее развитие автоматизированные производственные системы, осуществляется широкомасштабный переход к «безбумажному» методу проектирования ТП, на базе широкого применения ПЭВМ, разрабатываются новые методы управления качеством изделий машиностроения, основанные на применении систем искусственного интеллекта, способных к обучению и самообучению.

Основные понятия и определения

Машина – это механизм или сумма механизмов, осуществляющих целесообразные движения для преобразования энергии или производства работ.

Изделие – это предмет или сумма предметов, подлежащих изготовлению на предприятии.

Деталь – изделие, изготовленное из одного материала без применения сборочных операций (валик, литой корпус). Она представляет собой комплекс взаимосвязанных поверхностей.

Наиболее высокие требования предъявляются к качеству изготовления **сопрягающихся** и **функциональных** поверхностей деталей.

Основные понятия и определения

Если сопрягающаяся поверхность служит для присоединения данной детали к другим деталям и при этом определяет положение данной детали после сборки, то такая поверхность называется **основной базой**.

Если сопрягающаяся поверхность служит для присоединения к данной детали других деталей сборочного соединения, то такая поверхность называется **вспомогательной базой**.

При сборке основные базы одной детали опираются на вспомогательные базы другой. Остальные поверхности детали являются несопрягающимися, свободными. Они часто не обрабатываются.

Основные понятия и определения

Базовые детали – это детали с базовыми поверхностями, выполняющими в сборочном соединении роль соединительного звена, обеспечивающего определенное относительное положение других деталей.

Сборочная единица (узел) – это часть изделия, которая собирается отдельно и в дальнейшем участвует в сборке как одно целое. Сборочные единицы, входящие в изделие в процессе общей сборки называются сборочными единицами первого порядка. Сборочные единицы, входящие в сборочную единицу первого порядка, называются сборочными единицами второго порядка и т.д.

Основные понятия и определения

Крепежные детали могут входить в сборочные единицы любого порядка.

Собранное изделие – сб. единица нулевого порядка.

Сборочный комплект – это группа составных частей изделия, которые необходимы для сборки изделия или его составной части.

Комплекс – это два и более специфицированных изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных функций (автоматическая линия, станок с ЧПУ и управляющими панелями).

Основные понятия и определения

Агрегат – это сборочная единица, обладающая полной взаимозаменяемостью, возможностью сборки отдельно от других частей изделия, способностью выполнять определённую функцию в изделии или независимо, самостоятельно.

Сборка изделий из агрегатов называется **агрегатной** (модульной) сборкой.

Сборочные единицы имеют **соединения** подвижные и неподвижные, разъёмные и неразъёмные.

По форме сопрягаемых поверхностей бывают соединения цилиндрические, конические, сферические, плоские, винтовые, профильные; **по методу сопряжения** - резьбовые, клиновые, сварные, клееные, фальцованные и др.

Качество машины и его характеристики

Качество (машины, продукции) – это совокупность свойств, обуславливающих её способность удовлетворять определённым потребностям в соответствии с назначением.

Для общей оценки качества машины служат ряд характеристик:

Работоспособность – состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции при сохранении параметров, предусмотренных нормативно-технической документацией.

Надёжность – свойство изделия сохранять во времени свою работоспособность; это обобщённое свойство изделия, включающее понятие **безотказности и долговечности**.

Качество машины и его характеристики

Безотказность – способность изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки.

Долговечность – способность изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния.

Ресурс – время работы изделия, определяющее его долговечность.

Трудоёмкость – продолжительность изготовления изделия при нормальной интенсивности труда в часах.

Станкоёмкость - продолжительность работы станков или другого оборудования для изготовления всех деталей изделия (станко-часы).

Производственный процесс и его характеристика

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

Производственный процесс включает: подготовку и обслуживание средств производства; получение материалов, полуфабрикатов, заготовок и их хранение; различные виды обработки – механическую, термическую и т.д.; сборку изделий, транспортирование; контроль качества на всех стадиях производства; окраску, отделку, упаковку готовой продукции и другие действия, связанные с изготовлением выпускаемых изделий, а также все работы по **технической подготовке производства.**

Производственный процесс и его характеристика

В ходе технической подготовки производства **технологическое проектирование** составляет при мелкосерийном производстве 30...40% от трудоёмкости общей технической подготовки, при серийном - 40...50%, при массовом - 50...60%.

В ряде случаев трудоёмкость технологического проектирования многократно превосходит трудоёмкость конструирования машин (гусеничного трактора С - 80 - в 5 раз, мостового крана – в 4,2 раза, гидро- и паровых турбин для электростанций – в 2,5 – 3 раза).

Тема 2. Технологический процесс и его виды. Структура ТП. Технол. документация. Типы производства

Понятие о технологическом процессе (ТП)

В соответствии с ГОСТ 3.1109-82, технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

ТП строятся по отдельным методам их выполнения. Различают технологические процессы механической обработки, сборки, литья, термической обработки, покрытий (химических, гальванических, окрасочных и др.).

Виды технологических процессов

Согласно ГОСТ 3.1109-82, *технологический процесс может быть проектным, рабочим, единичным, типовым, стандартным, временным, перспективным, маршрутным, операционным, маршрутно-операционным.*

Единичный технологический процесс - ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс - ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс – ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Виды технологических процессов

Маршрутный технологический процесс - ТП, содержащий сокращённое описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционный технологический процесс - ТП, содержащий полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционный технологический процесс - ТП, содержащий сокращённое описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Тема 2. Структура технологического процесса

Структура технологического процесса

Технологический процесс расчленяется на отдельные составные части: **технологические операции, установки, позиции, переходы, ходы, приёмы.**

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте, над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми или собираемыми изделиями, одним или несколькими рабочими.

В условиях автоматизированного производства операция - это законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на автоматической линии (АЛ), которая состоит из нескольких станков, связанных автоматическими транспортно-загрузочными устройствами.

Структура технологического процесса

В условиях гибкого автоматизированного производства непрерывность выполнения операции может нарушаться направлением обрабатываемых заготовок на склад в период между отдельными позициями, выполняемыми на различных технологических модулях.

В поточном производстве и при обработке на АЛ в состав ТП включаются **вспомогательные операции** (транспортные, контрольные, по удалению стружки и т.д.).

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой единицы.

Структура технологического процесса

Позиция – отдельное фиксированное положение, занимаемое неизменно закреплённой обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей относительно инструмента или неподвижной части оборудования.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

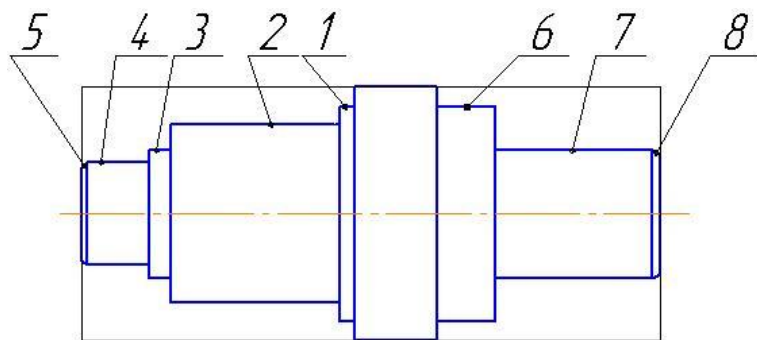
Структура технологического процесса

Рабочий ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением ее формы, размеров, качества и свойств.

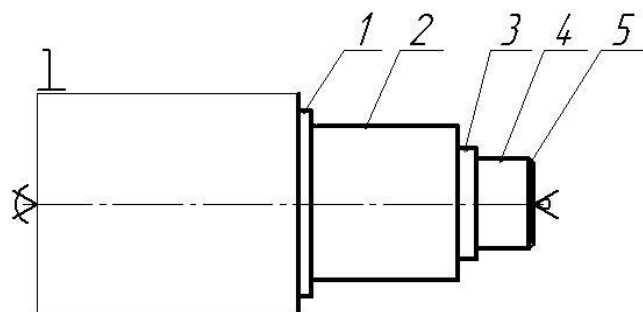
Вспомогательный ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Приём – законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части (установка деталей в приспособлении, её закрепление и снятие, управление станком, измерение детали).

Пример расчленения ТП на составные части

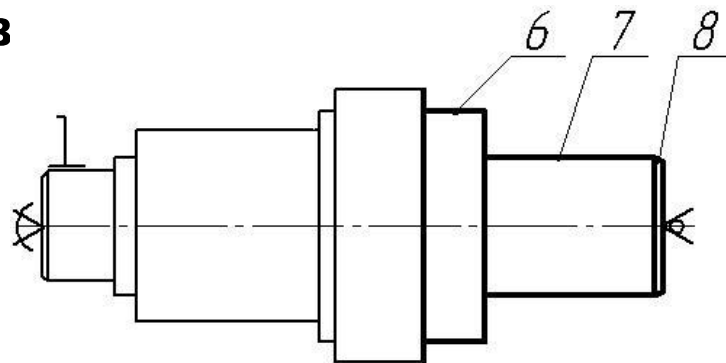


Деталь-заготовка



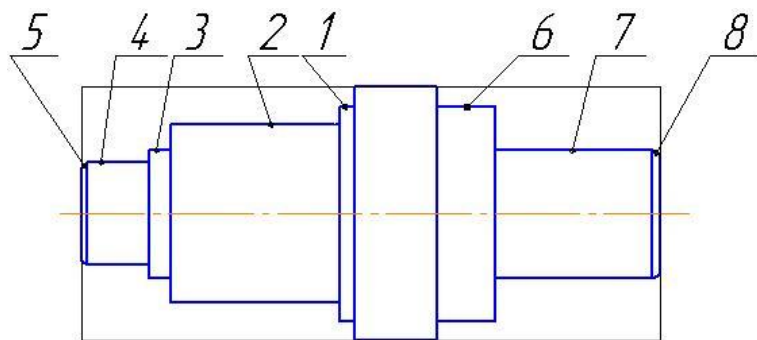
Операция 1

Если каждую из заготовок партии обрабатывают с одного конца (поверхности 1 – 5), затем снимают эту заготовку, переходят к обработке второй заготовки, а после обрабатывают каждую из заготовок на том же или другом станке с другого конца (пов. 6-8), то такое выполнение ТП в

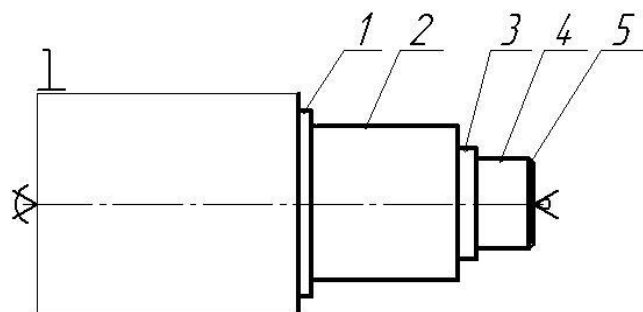


Операция 2

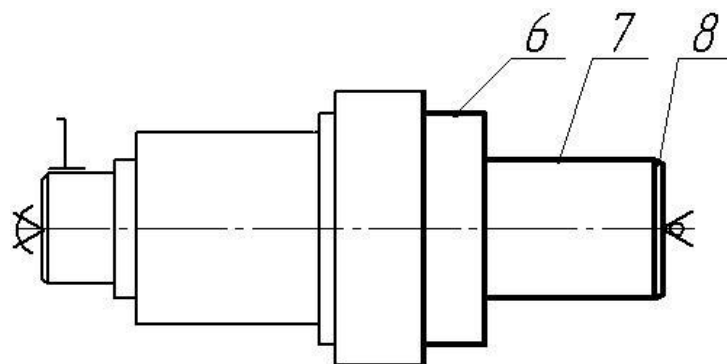
Пример расчленения ТП на составные части



Деталь-заготовка



Установ А



Установ Б

Если же каждую заготовку обрабатывают вначале с одного конца (поверхности 1 – 5), а затем ее поворачивают, вновь закрепляют и обрабатывают с другого конца (поверхности 6-8), то такое выполнение ТП ведется в одну операцию за два установка.

Содержание работы по созданию ТП механической обработки

Работа по созданию ТП механической обработки включает следующие этапы:

- 1. анализ исходных данных для разработки ТП;**
- 2. подбор действующего типового, группового ТП или поиск аналога единичного процесса;**
- 3. выбор заготовки и метода её изготовления;**
- 4. выбор технологических баз;**
- 5. составление технологического маршрута обработки;**
- 6. разработка технологических операций и последовательности переходов;**
- 7. выбор средств технологического оснащения (ТО) операций;**

Содержание работы по созданию ТП механической обработки

- 8. определение потребности средств ТО,
заказ новых средств;**
- 9. выбор средств автоматизации и
механизации, транспортных средств;**
- 10.назначение и расчёт режимов обработки;**
- 11.нормирование технологического
процесса;**
- 12.определение требований техники
безопасности;**
- 13.расчёт экономической эффективности
технологического процесса;**
- 14.оформление технологической
документации.**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ГОСТ 3.1102-81 подразделяет основные технологические документы на документы общего и специального назначения

Документы общего назначения:

Карта эскизов – это графический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, поясняющие выполнение технологического процесса, операции или перехода, включая контроль и перемещения.

Технологическая инструкция содержит описание технологического процесса, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении деталей, правил эксплуатации средств технологического оснащения.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Документы специального назначения :

Маршрутная карта содержит полное описание ТП, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали в технологической последовательности её изготовления с указанием сведений об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

Взамен маршрутной карты допускается использовать **карты технологического процесса**. Они служат для операционного описания ТП в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах ТО, материальных и трудовых затратах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Документы специального назначения :

Карта типового (группового) технологического процесса служит для описания технологического процесса изготовления или ремонта изделий в технологической последовательности по всем операциям одного вида обработки, сборки или ремонта с указанием переходов и общих данных о средствах ТО, материальных и трудовых затратах.

Операционная карта разрабатывается для единичных ТП, в которой содержится описание операции с указанием последовательности переходов, средств ТО, сведений о режимах и трудовых затратах.

Тип производства, объем и программа выпуска

Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

Объем выпуска продукции характеризуется количеством изделий, определенных наименований и типоразмеров, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием в течение планируемого интервала времени.

Программа выпуска определяется перечнем изделий, подлежащих изготовлению на предприятии с указанием объема выпуска по каждому наименованию в течение некоторого календарного периода.

Тип производства, объем и программа выпуска

Количество деталей, выпускаемых в год, определяется по следующей зависимости:

$$N_i = N \cdot m_i \left(1 + \frac{\beta_i}{100}\right)$$

где N - количество изделий, выпускаемых в год; m_i - количество деталей в одном изделии; β_i - процент запасных деталей.

При наличии планового брака имеем

$$N_i = N \cdot m_i \left(1 + \frac{\beta_i}{100}\right) \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

где α - процент брака (планового).

Характеристика единичного производства

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска одинаковых изготавливаемых или ремонтируемых изделий.

- отсутствие подробной технологической документации;
- обработка заготовок и сборка машины или узла определяются технологическим маршрутом;
- операционные карты не разрабатываются, за исключением особо сложных деталей;
- на рабочих местах обрабатываются разнообразные заготовки деталей;
- используются преимущественно универсальные станки, приспособления и стандартный режущий инструмент, а также универсальный измерительный инструмент;
- оборудование размещается группами по видам станков (токарные, фрезерные, сверлильные и т.д.);
- используются рабочие высокой квалификации;
- низкая производительность труда, высокая себестоимость продукции.

Характеристика массового производства

- Массовое производство характеризуется** узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.
- на рабочем месте выполняется постоянно одна операция;
 - оборудование расположено по технологическому признаку (в порядке выполнения операций);
 - используется, в основном, высокопроизводительное специальное оборудование, специальные приспособления, режущий и мерительный инструменты;
 - широко используются устройства для транспортировки заготовок вдоль поточной линии;
 - технический контроль механизирован и автоматизирован;
 - обеспечивается высокая производительность труда, низкая себестоимость продукции;
 - характерна низкая квалификация рабочих.

Характеристика серийного производства

Серийное производство характеризуется признаками:

- изделия изготавливаются сериями, обработка деталей ведется повторяющимися партиями;
- операции закреплены за определенным рабочим местом;
- технологический процесс построен по принципу дифференциации операций;
- оборудование устанавливается по технологическому процессу обработки;
- используется как универсальное, так и специализированное оборудование (револьверные и многорезцовые специальные станки, в том числе агрегатные);
- используется универсальная, специализированная и специальная оснастка;
- используются рабочие средней квалификации.

Типы серийного производства

В зависимости от количества изделий в партии (серии) различают **мелкосерийное**, **среднесерийное** и **крупносерийное** производство.

Производственной партией называют группу заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени.

Серийное производство является основным типом современного машиностроительного производства. Предприятиями этого типа выпускается 75...80% всей продукции машиностроения страны.

Серийность	Количество деталей в серии (партии)		
	крупные, 50 кг и выше	средние, 8...50 кг	мелкие, до 8 кг
Мелкосерийное	5...10	5...25	10...50
Среднесерийное	11...50	26...200	51...500
Крупносерийное	св.50	св. 200	св. 500

Определение типа производства

На начальной стадии проектирования, когда технологический процесс еще не разработан, **тип производства можно определить по массе детали и годовому объему выпуска**, пользуясь таблицей. После разработки техпроцесса, определения норм времени, расчета коэффициента загрузки оборудования с учетом его дозагрузки уточняется тип производства **по коэффициенту закрепления операций.**

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей, шт		
	крупные, 50 кг и выше	средние, 8.. 50 кг	мелкие, до 8 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Серийное	5...1000	10...5000	100...50000
Массовое	св. 1000	св. 5000	св. 50000

Определение типа производства

Коэффициент закрепления операций - это отношение числа различных операций O , закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом, к общему числу рабочих мест P , т.е.

$$K_{з.о.} = O / P$$

Рассчитанный $K_{з.о.}$ сравнивают с его нормативным значением и уточненно определяют тип производства.

Для **массового** производства $K_{з.о.} = 1$;

для **крупносерийного** $1 < K_{з.о.} \leq 10$;

для **среднесерийного** $10 < K_{з.о.} \leq 20$;

для **мелкосерийного** $20 < K_{з.о.} \leq 40$;

для **единичного** **производства** $K_{з.о.}$ не регламентируется, однако принято считать, что при $K_{з.о.}$ больше 40 производство будет единичным.

Определение типа производства

Для определения числа рабочих мест определяют расчетное количество станков по операциям

$$m_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}},$$

где N – годовой объем выпуска изделий в шт;
 $t_{шт}$ – штучное (штучно-калькуляционное) время на операции в мин; F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования в ч; $\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования,

значения которого принимают:

- для мелкосерийного производства 0,8...0,9;
- для среднесерийного 0,75...0,85
- для массового и крупносерийного 0,65...0,75.

В среднем, можно принимать 0,75...0,8.

Определение типа производства

Расчетное количество станков по операциям округляют до ближайшего большего целого числа и получают принятое количество станков.

При этом
$$\sum P_i = \sum m_{пр_i}$$

Фактический коэффициент загрузки оборудования по операциям при этом равен

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{m_{pi}}{m_{прi}}.$$

Количество операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте определяется из соотношения

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}$$

Определение типа производства

Действительный годовой фонд времени работы оборудования F_d зависит от его типа.

Оборудование	Номинальный годовой фонд, ч	Действительный годовой фонд, ч
Металлорежущие станки 1-30 категорий ремонтной сложности	4154	4029
Металлорежущие станки свыше 30 категории ремонтной сложности	4154	3904
Автоматические линии	4154	3738
Поточные линии	4154	3987

Пример определения типа производства

- **Пример.** Определить тип производства для техпроцесса механической обработки вала массой 6,5 кг при годовом объеме выпуска 120000 шт. Технологический процесс состоит из четырех операций: 1-Фрезерно-центровальной – $t_{шт} = 1,8$ мин; 2-Токарно-копировальной - $t_{шт} = 2,8$ мин; 3-Шлицефрезерной - $t_{шт} = 7$ мин; 4-Шлифовальной - $t_{шт} = 1,8$ мин. Обработка проводится на поточной линии.

- **Решение**

По таблице (см. слайд выше) ориентировочно устанавливаем **тип производства - массовое**. Уточняем тип производства по коэффициенту закрепления операций.

Определяем **расчетное количество станков** по операциям, принимая $F_d = 3987$ ч. и $\eta_{з.н.} = 0,75$.

Пример определения типа производства

Рассчитанные и принятые количества станков:

$$m_{p1} = \frac{N \cdot t_{шт}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{120000 \cdot 1,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 1,20 \quad \text{Принимаем 2 станка.}$$

$$m_{p2} = \frac{120000 \cdot 2,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 1,87 \quad \text{Принимаем 2 станка}$$

$$m_{p3} = \frac{120000 \cdot 7}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 4,68 \quad \text{Принимаем 5 станков}$$

$$m_{p4} = \frac{120000 \cdot 1,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 1,20 \quad \text{Принимаем 2 станка}$$

Тогда суммарное число рабочих мест

$$S P = 2+2+5+2 = 11.$$

Пример определения типа производства

Определяем фактические коэффициенты загрузки станков по операциям и число операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте

$$\eta_{з.ф.1} = \frac{m_{p1}}{m_{np1}} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

$$\eta_{з.ф.2} = \frac{m_{p2}}{m_{np2}} = \frac{1,87}{2} = 0,94$$

$$\eta_{з.ф.3} = \frac{m_{p3}}{m_{np3}} = \frac{4,68}{5} = 0,94$$

$$\eta_{з.ф.4} = \frac{m_{p4}}{m_{np4}} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

$$O_1 = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.1}} = \frac{0,75}{0,6} = 1,25$$

$$O_2 = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.2}} = \frac{0,75}{0,94} = 0,80$$

$$O_3 = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.3}} = \frac{0,75}{0,94} = 0,80$$

$$O_4 = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.4}} = \frac{0,75}{0,6} = 1,25$$

Пример определения типа производства

Определим суммарное число различных операций

$$\sum O_i = O_1 + O_2 + O_3 + O_4 = 1,25 + 0,8 + 0,8 + 1,25 = 4,1$$

Определим коэффициент закрепления операций
для рассматриваемого технологического
процесса

$$K_{з.о.} = \frac{4,1}{11} = 0,37$$

Следовательно, производство (уточненно)
является массовым.

Дифференциация и концентрация ТП

Можно разрабатывать различные варианты ТП, равноценные с точки зрения технологических требований к изделию, но имеющие различия по экономическим показателям.

В массовом и крупносерийном производстве ТП строится на **принципах дифференциации или концентрации** операций.

При использовании **принципа дифференциации** ТП расчленяется на элементарные операции с примерно одинаковым временем их выполнения, равным такту выпуска деталей $t = 60 \Phi_D / N$ или кратным ему. $\Phi_D = \Phi_N K$, где Φ_N – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, равный 2070 час – при односменной работе, 4140 час – при двухсменной работе, 6210 час – при трёхсменной работе, $K = 0,96 \dots 0,98$ – коэффициент потерь времени на ремонт оборудования

Дифференциация и концентрация ТП

При использовании **принципа концентрации** ТП предусматривает объединение простых операций в одну сложную, выполнение всех операций на одном рабочем месте, которые в этом случае проводятся на многошпиндельных автоматах, полуавтоматах, агрегатных, многопозиционных, многорезцовых станках, автоматических линиях.

Операции концентрируют тремя способами: **последовательным, параллельным и смешанным.** При последовательной концентрации операций режущие инструменты, входящие в инструментальную наладку, работают последовательно; при параллельной – большинство режущих инструментов, входящих в наладку, работает одновременно.