

Тема № 2

Наименование темы: Организация производственного процесса

Вопросы:

1. Производственный процесс и его структура
2. Основные принципы организации производственного процесса
3. Производственный цикл и его структура
4. Производственный цикл сложного процесса
5. Производственная структура предприятия и цеха

Вопрос 1. Производственный процесс и его структура

Производственный процесс представляет собой совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления продукции (ГОСТ 14.005-83).

Технологический процесс (ГОСТ 3.1109-82) является частью производственного процесса, содержащей целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета.

Законченная часть техпроцесса, выполняемая на одном рабочем месте, называется технологической операцией.

Производственный процесс состоит из трудовых и автоматических процессов, а также естественных процессов, не требующих, как правило, затрат труда (например, время на охлаждение отливок, старение заготовок).

Имеющая на практике классификация производственных процессов, позволяет построить код производственного процесса. Макет этого кода представлен на рис. 2.1.

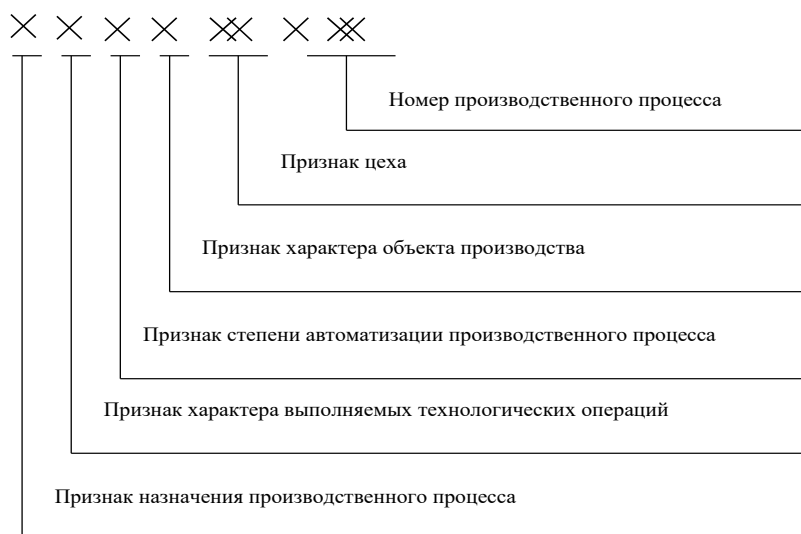


Рис. 2.1. Макет кода производственного процесса

Описание макета кода производственных процессов

Признак назначения производственных процессов занимает один первый разряд кода и имеет следующие значения:

- 1** – основные производственные процессы
- 2** – вспомогательные производственные процессы
- 3** – обслуживающие производственные процессы

Основные производственные процессы осуществляют непосредственное изменение формы или состояния материала продукции, являющейся в соответствии со специализацией предприятия товарной, например, в авиационном производстве – это процессы изготовления деталей самолета и сборки из них узлов, агрегатов и самолета в целом, на инструментальных заводах – это изготовление инструмента.

Вспомогательные производственные процессы осуществляют изготовление продукции, как правило, используемой на самом предприятии, для обеспечения нормального функционирования основных процессов, например, изготовление технологической оснастки, средств механизации и автоматизации собственного производства, запасных частей для ремонта действующего оборудования, производство на предприятии всех видов энергии (электроэнергия, газ, пар, и др.)

Обслуживающие производственные процессы обеспечивают основные и вспомогательные процессы услугами, необходимыми для их нормального функционирования, например, транспортные и складские.

Признак характера выполняемых технологических операций занимает один второй разряд и имеет следующие значения:

- 1** – заготовительные технологические операции
- 2** – обрабатывающие технологические операции
- 3** – сборочные технологические операции

Заготовительные технологические операции осуществляют изготовление литых, сварных, кованных и других заготовок.

Обрабатывающие технологические операции осуществляют обработку резанием, термообработку деталей, гальванопокрытие.

Сборочные технологические операции осуществляют сборку узлов и изделий и их упаковку.

Признак степени автоматизации производственного процесса занимает один третий разряд и имеет следующие значения:

- 1** – ручные производственные процессы
- 2** – механизированные производственные процессы

3 – автоматизированные производственные процессы

4 – автоматические производственные процессы

Ручные производственные процессы выполняются без помощи механизмов, например слесарные работы, ручная разметка заготовки и другие.

Механизированные производственные процессы выполняются рабочими с помощью средств, снижающих величину физических нагрузок, например работа на универсальном токарно-винторезном станке.

Автоматизированные производственные процессы частично выполняются без участия человека, за которым могут остаться только функции загрузки, корректировки, наблюдения, например при работе на полуавтоматическом станке.

Автоматические производственные процессы полностью высвобождают рабочего от выполнения операций, оставляя за ним функции наблюдения за ходом производства, загрузки заготовок и выгрузки готовых деталей, например при работе на обрабатывающем центре, станке с ЧПУ.

Признак характера объекта производства занимает один четвертый знак и имеет следующие значения:

1 – простые процессы

2 – сложные процессы

Простые процессы состоят из последовательно выполняемых операций, например изготовление одной детали, партии одинаковых деталей, группы разных по конструкции деталей, но имеющих технологическое сходство и обрабатываемых на одном рабочем месте, участке, линии, а также процессы сборки изделия или его узлов. Структура такого процесса (порядок выполнения операций) определена технологией изготовления деталей или сборочных единиц (ДСЕ).

Сложные процессы состоят из последовательно и параллельно выполняемых операций, например изготовление сборочной единицы (узла) из нескольких деталей или всего изделия, например изготовление изделия с использованием разузлования (См. рис.2.2).

Вершины определяют изделие, ДСЕ, а дуги – количество вхождений деталей в узлы и узлов в изделие. На рис. 2.2. представлено прямое вхождение. Полное вхождение можно посчитать, например вхождение детали 1 в изделие 1 составляет: $10 \times 6 \times 2 = 120$.

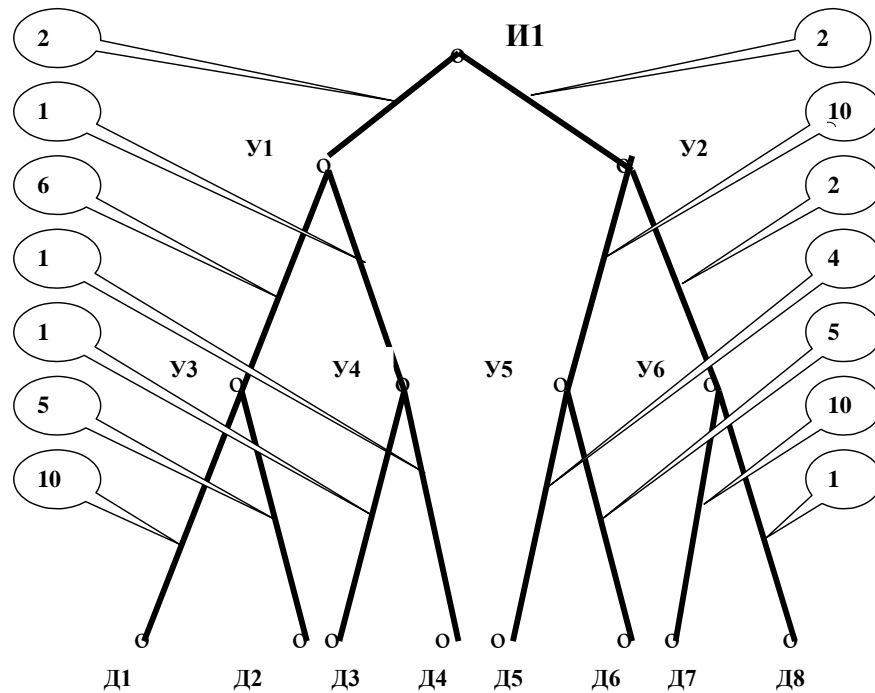


Рис. 2.2. Пример разузлования изделия

Структура сложного процесса зависит как от состава технологических процессов изготовления и сборки, так и от порядка их выполнения, определяемого конструкцией ДСЕ

Признак цеха занимает два разряда, пятый и шестой. Значения берутся из классификатора структурных подразделений конкретного предприятия.

Номер производственного процесса занимает три разряда, седьмой, восьмой и девятый. Он привязан к конкретному структурному подразделению машиностроительного предприятия. Создается классификатор производственных процессов машиностроительного предприятия в привязке к структурным подразделениям.

Вопрос 2. Основные принципы организации производственного процесса

Основными принципами являются: дифференциация, концентрация и интеграция, специализация, пропорциональность, параллельность, прямо точность, непрерывность, ритмичность, автоматичность, гибкость, электронизация.

Значение и важность этих принципов в конкретных условиях производства могут меняться. В связи с развитием и совершенствованием машиностроительного производства возникают новые принципы или утрачивают силу прежние.

Принцип дифференциации предполагает разделение производственного процесса на отдельные технологические процессы, операции, переходы, приемы, движения. Анализ особенностей каждого элемента частичного процесса позволяет выбрать наилучшие условия для его осуществления, обеспечивающие минимизацию суммарных затрат всех видов ресурсов. Это применительно к обычному оборудованию (станкам).

Принцип концентрации операций и интеграции производственного процесса применяется на современных обрабатывающих центрах и станках с ЧПУ, роботах. Операции становятся более объемными, сложными на прогрессивном оборудовании в сочетании с бригадным принципом организации труда. На поточных линиях в едином комплексе решаются задачи обработки, сборки транспортировки ДСЕ. Эффективность гибких производственных систем обеспечивается за счет взаимной координации процессов проектирования, изготовления, транспортирования, контроля, складирования, обслуживания и управления всей сложной производственной системой.

Принцип специализации основан на ограничении разнообразных элементов производственного процесса. В частности выделяются группы рабочих, специализирующихся по профессиям, что способствует росту их квалификации и производительности труда. Однако целесообразная организация производства в некоторых случаях требует овладения смежными профессиями, чтобы обеспечить взаимозаменяемость рабочих в процессе производства. Иногда переключение рабочих с одного вида работ на другие позволяет снизить нагрузки, вызванные монотонностью и однообразием операций. Уровень специализации рабочего места определяется коэффициентом закрепления операций $K_{з0}$, то есть количеством деталей операций, выполняемых на рабочем месте за определенный промежуток времени. :

$$K_{з0} = n_{то} / c_p,$$

где:

$n_{то}$ – число наименований технологических операций, выполняемых за плановый период (например, месяц)

c_p - расчетное число загруженных рабочих мест цеха (участка)

При $K_{30} = 1$ обеспечивается узкая специализация рабочего места и создаются предпосылки для роста производительности труда за счет выработки трудовых навыков рабочих, возможностей технического оснащения труда и т. п.

При закреплении за рабочим местом нескольких деталиеопераций или отсутствии постоянного закрепления возникают потери времени при переходе рабочего с одной операции на другую, замедляется выработка трудовых навыков. Специализация производственных участков, цехов, заводов предполагает ограничение номенклатуры деталей или изделий, обрабатываемых (или собираемых) в этих производственных подразделениях. Если объем выпуска и трудоемкость детали или изделия одного наименования обеспечивают полную загрузку рабочих мест, создаются одно-предметные поточные линии, предметно-замкнутые участки или даже специализированные заводы.

Принцип пропорциональности предполагает относительно равную пропускную способность всех структурных подразделений, выполняющих основные, вспомогательные и обслуживающие процессы. Нарушение этого принципа приводит к возникновению “узких мест” в производстве, или к неполной загрузке рабочих мест, участков, цехов, к снижению эффективности функционирования всего машиностроительного предприятия.

Коэффициент пропорциональности $K_{пр}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{пр} = 1 - n_{уч.уз.} / n_{общ.},$$

где:

$n_{уч.уз.}$ – число участков (или групп оборудования) являющихся “узким местом”;

$n_{общ.}$ – общее число участков (или групп оборудования).

Принцип параллельности заключается в максимально возможном совмещении отдельных производственных процессов во времени, что может существенно сократить время от запуска в производство до выпуска готовой продукции. Параллельность достигается при обработке одной детали на одном станке несколькими инструментами, одновременной обработкой разных деталей одной партии на нескольких рабочих местах или одновременном выполнении вспомогательных работ (ручных) с основными (машинными) работами. Соблюдение принципа параллельности ведет к сокращению длительности производственного цикла и времени пролеживания ДСЕ.

Принцип прямоточности заключается в обеспечении кратчайшего пути движения ДСЕ в процессе их производства. Не

должно быть возвратных движений объектов производства на участке, в цехе, на предприятии. Оборудование на участке располагается по ходу технологического процесса. Применяется в основном для массового производства.

Принцип непрерывности предполагает сокращение до возможного минимума перерывов в процессах производства. Перерывы могут возникать по технологическим или по организационным причинам. Перерывы по технологическим причинам необходимо устранять путем синхронизации технологических операций. Перерывы по организационным причинам должны устраняться путем совершенствования системы оперативно-календарного планирования (ОКП).

Принцип ритмичности заключается в выпуске равных в соответствии с планом объемов продукции предприятием, цехом, участком, рабочим местом за определенную единицу времени. Ритмичность позволяет наиболее эффективно использовать производственную мощность предприятия и каждого его структурного подразделения.

Принцип автоматичности заключается в автоматизации производственных процессов. Это приводит к увеличению объема производства, сокращению затрат живого труда, к повышению качества работ, замене рабочих обрабатывающими центрами и роботами. Уровень автоматизации определяется коэффициентом K_a .

$$K_a = t_a / t_{\text{общ}},$$

где:

t_a – количество автоматизируемых производственных процессов;

$t_{\text{общ}}$ – общее количество производственных процессов.

Этот коэффициент может считаться как по структурному подразделению, так и в целом по предприятию.

Принцип гибкости обеспечивает эффективную организацию работ, дает возможность мобильно перейти на выпуск другой продукции, входящей в производственную программу предприятия, или на выпуск новой продукции при освоении ее производства при наименьших потерях ресурсов. Наибольшее развитие этот принцип получает там, где внедряются САПР КТ, обрабатывающие центры, станки с ЧПУ, автоматические средства контроля, складирования, перемещения объектов производства.

Значения каждого из принципов меняется при развитии производства. Так, раньше наибольшее значение имели принципы, связанные с созданием поточного производства: непрерывность, параллельность, прямоточность. В настоящее время все большее

значение приобретают автоматичность и гибкость производственных процессов.

Вопрос 3. Производственный цикл и его структура

Производственным циклом (ПЦ) называется промежуток времени от начала до завершения производственного процесса. Например, производственный цикл изготовления детали – это период от поступления материала в обработку до окончания изготовления детали, а производственный цикл изделия – это период времени от запуска исходного материала и полуфабрикатов в обработку до окончания изготовления и комплектации предназначенного к реализации изделия. Структура ПЦ представлена на рис. 2.2.

Длительность производственного цикла является одной из важнейших характеристик уровня организации производства. Расчет длительности производственного цикла имеет многоцелевое назначение. Он используется при разработке производственной программы цехов, загрузки рабочих мест и оборудования, для расчета размера незавершенного производства (НЗП) и т. д.

Время выполнения одной операции, в течение которого изготавливается одна партия одинаковых или несколько различных деталей, называется **операционным циклом Топ**.



Рис. 2.2. Структура производственного цикла

Производственный цикл сложного процесса – это совокупность простых процессов. Он часто начинается с запуска в производство первой заготовки и заканчивается выпуском готового изделия или сборочной единицы. Производственный цикл включает циклы выполнения технологических T_t , контрольных T_k , транспортных $T_{тр}$ и складских $T_{ск}$ операций, естественных процессов T_e и время перерывов $T_{пер}$:

$$T_{ц} = f(T_t, T_k, T_{тр}, T_{ск}, T_e, T_{пер}).$$

При организации производственного процесса учитываются регламентированные перерывы, возникающие внутри рабочих смен и между ними.

Внутрисменные перерывы возникают при обработке деталей партиями из-за их пролеживания в ожидании обработки всей партии перед ее транспортировкой на следующую операцию (перерывы партионности); при несогласованности времени окончания одной и начала другой операции, выполненных на одном рабочем месте, из-за чего детали или партии деталей пролеживают в ожидании освобождения рабочего места (перерывы ожидания).

Длительность производственного цикла выражается обычно в календарном времени (днях).

Существует три вида построений производственных циклов по времени:

- последовательный;
- параллельный;
- параллельно-последовательный.

При последовательном виде движения обработка партии деталей на каждой последующей операции начинается лишь после того, как вся партия прошла обработку на предыдущей операции. Определение технологического цикла изготовления партии n на m операциях рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ц(послед)} = n \sum_{i=1}^m t_i / C_i,$$

где:

n – количество деталей в партии;

m – число операций обработки;

t_i – норма времени i -ой операции;

C_i – количество рабочих мест на i -ой операции.

**Рассмотрим пример 1 определения длительности
технологического цикла при последовательной обработке
деталей**

Исходные данные примера 1::

$n = 3$ детали

$m = 4$ операции

$t_1 = 10$ мин.

$t_2 = 40$ мин.

$t_3 = 20$ мин.

$t_4 = 10$ мин.

Расчет ТЦ при последовательной обработке деталей:

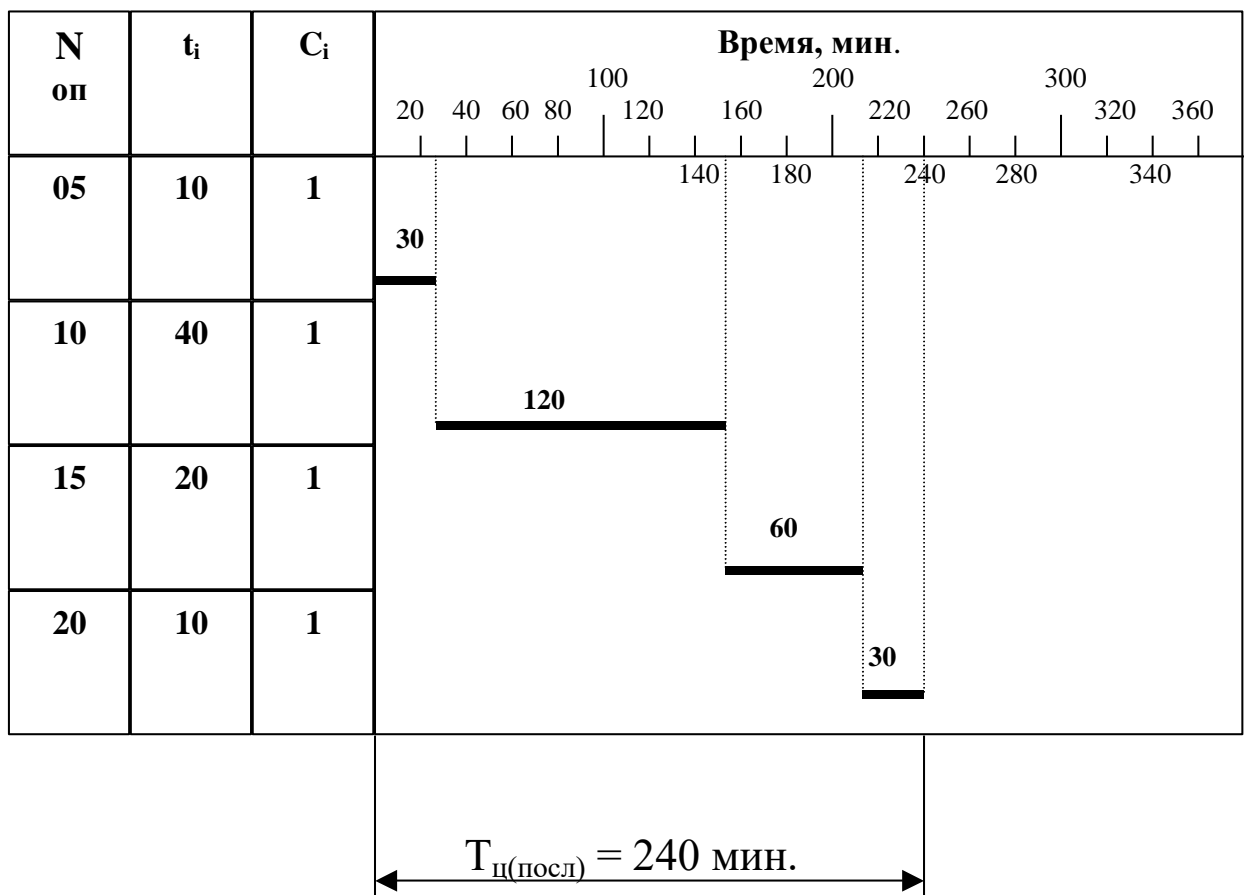
1. $nt_1/C_1 = 3 \times 10 / 1 = 30$ мин.

2. $nt_2/C_1 = 3 \times 40 / 1 = 120$ мин.

3. $nt_3/C_1 = 3 \times 20 / 1 = 60$ мин.

4. $nt_4/C_1 = 3 \times 10 / 1 = 30$ мин.

Графическое изображение представления длительности ТЦ при последовательной обработке деталей представлено на рис.2.3.



**Рис. 2.3. Графическое изображение представления длительности
ТЦ при последовательной обработке деталей**

Положительные моменты:

- просто организовать производственный процесс;
- оборудование и рабочие работают бесперебойно;
- простой учет.

Отрицательные моменты:

- большая длительность производственного процесса;
- большое незавершенное производство (партионное пролеживание);

Область применения: обработка малыми партиями

Для сокращения длительности производственного цикла можно передачу деталей с одной операции на другую по мере их обработки вести не всей партией, а поштучно либо разделить всю партию на несколько частей и передавать каждую из них на последующую операцию по мере ее обработки на предыдущей. Такая передача деталей практикуется, в частности, при параллельном движении.

При параллельном движении передача предметов труда (деталей) на последующую операцию осуществляется поштучно, либо транспортной партией сразу после обработки на предыдущей операции. Как видно из графика (рис. 2.4.), в общем случае при переводе деталей с операции на операцию поштучно длительность операционного цикла равна:

$$T_{ц(пар)} = P \sum_{i=1}^m t_i / C_i + (n-p)t_{max} / C_{max},$$

где:

P - величина транспортной партии (или поштучно), шт;

t_{max} – время выполнения наиболее продолжительной операции, мин.;

C_{max} – число рабочих мест на наиболее продолжительной операции.

Рассмотрим пример 2 определения длительности технологического цикла при параллельной обработке деталей

Исходные данные примера 2.:

$$P = 1;$$

$$C_{max} = 1;$$

$$t_{max} = 40 \text{ мин.}$$

$$n = 3 \text{ детали}$$

$$m = 4 \text{ операции}$$

$$t_1 = 10 \text{ мин.}$$

$$t_2 = 40 \text{ мин.}$$

$$t_3 = 20 \text{ мин.}$$

$$t_4 = 10 \text{ мин.}$$

образом, что партия деталей обрабатывается на каждой операции без перерывов.

$$T_{ц(n-n)} = T_{ц(послед)} - \sum_{i=1}^{m-1} \tau_i ,$$

где:

τ_i - частичное перекрытие времени выполнения каждой пары смежных операций, мин.

$$\tau_i = t_{\min}(n-p) ,$$

где:

t_{\min} продолжительность менее длительной операции из рассматриваемой пары смежных операций

Рассмотрим пример 3 определения длительности технологического цикла при последовательно-параллельной обработке деталей

Исходные данные примера 3::

$n = 3$ детали

$m = 4$ операции

$t_1 = 10$ мин.

$t_2 = 40$ мин.

$t_3 = 20$ мин.

$t_4 = 10$ мин.

Расчет ТЦ при последовательно - параллельной обработке деталей:

$$T_{ц(n-n)} = 240 - [10(3-1) + 20(3-1) + 10(3-1)] = 160 \text{ мин.}$$

$$\tau_1 = 10(3-1) = 20;$$

$$\tau_2 = 20(3-1) = 40;$$

$$\tau_3 = 10(3-1) = 20;$$

График последовательно-параллельной обработки деталей представлен на рис.2.5.

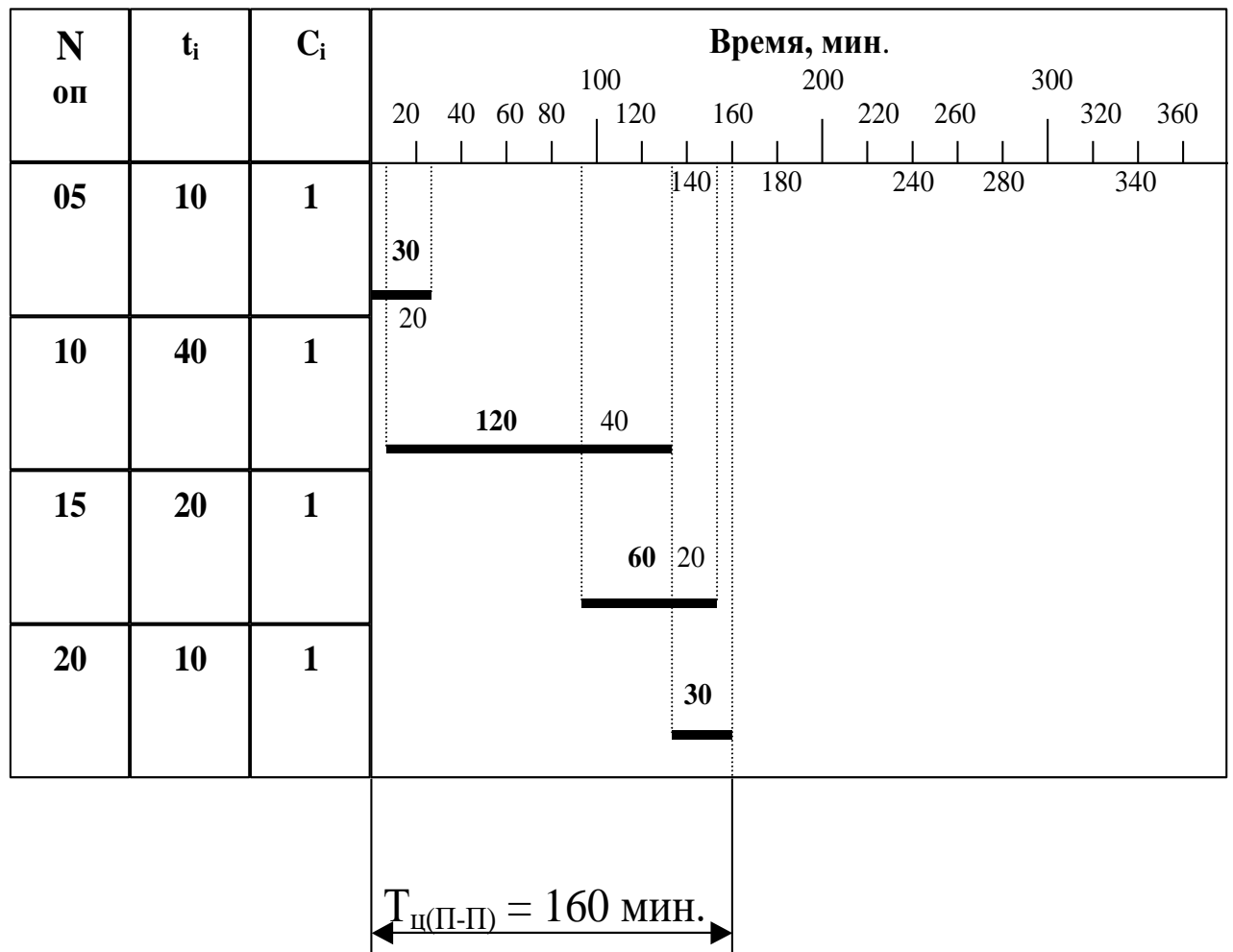


Рис. 2.5. График последовательно-параллельной обработки деталей

Положительные моменты:

- длительность производственного цикла снижается по сравнению с последовательной обработкой деталей.
- отсутствуют простои рабочих мест на коротких операциях.

Помимо рассмотренных составляющих для определения длительности производственного цикла необходимо учесть межоперационное время и время естественных процессов.

Пути сокращения длительности производственного цикла

1. Сокращение времени технологических операций, путем применения прогрессивных техпроцессов и оборудования.
2. Сокращение подготовительно-заключительных работ путем внедрения оптимальных размеров партий.
3. Сокращение простоев путем внедрения планово-предупредительного обслуживания рабочих мест.
4. Внедрение АСУ цехом.

Вопрос 4. Производственный цикл сложного процесса

Производственный цикл сложного процесса представляет собой общую продолжительность комплекса координированных во времени простых процессов, входящих в сложный процесс изготовления изделия или партии их. При этом должно использоваться разузлование (См. рис. 2.2), На его основе разрабатывается цикловой график изготовления изделия, пример на рис. 2.6.

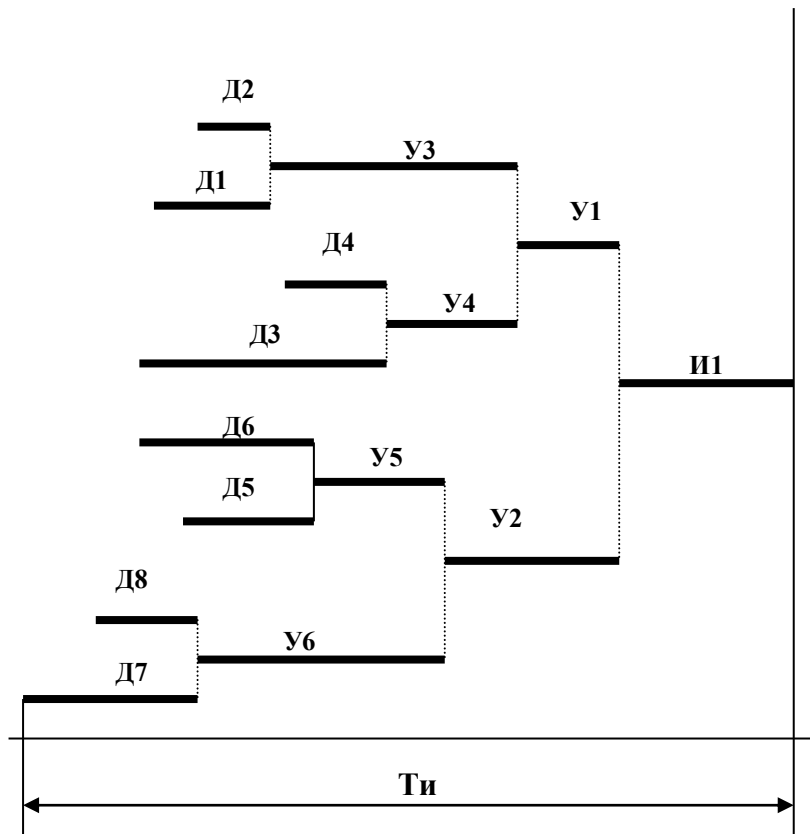


Рис. 2.6. Цикловой график изготовления изделия

Цикловой график, построенный для условий, когда изготовление деталей и сборка не лимитируются составом оборудования цехов, участков, т.е. возможна максимальная параллельность выполнения работ. Длительность такого цикла будет минимальной.

Цикл сложного производственного процесса можно сократить как за счет уменьшения циклов простых процессов, так и путем увеличения степени параллельности их выполнения или уменьшения (устранения) перерывов между ними.

Мероприятия по сокращению производственных циклов.

1. Совершенствование конструкций изделий с точки зрения повышения ее технологичности и степени унификации.

2. Совершенствование технологии, внедрение прогрессивных техпроцессов, приводящих к снижению трудоемкости обработки; комплексная механизация, автоматизация, концентрация операций и др.

3. Внедрение современной системы планирования и организации производства.

4. Рациональная планировка рабочих мест в соответствии с последовательностью технологических операций.

5. Улучшение обслуживания рабочих мест.

6. Замена естественных процессов соответствующими технологическими операциями, например, индукционной сушкой, искусственным старением отливок, деталей в термопечах.

7. Уплотнение режима работы цехов и предприятия, т.е. переход на 3-х сменную работу, организация сквозных бригад.

Вопрос 5. Производственная структура предприятия и цеха

Производственная структура машиностроительного предприятия представлена на рис.2.7.

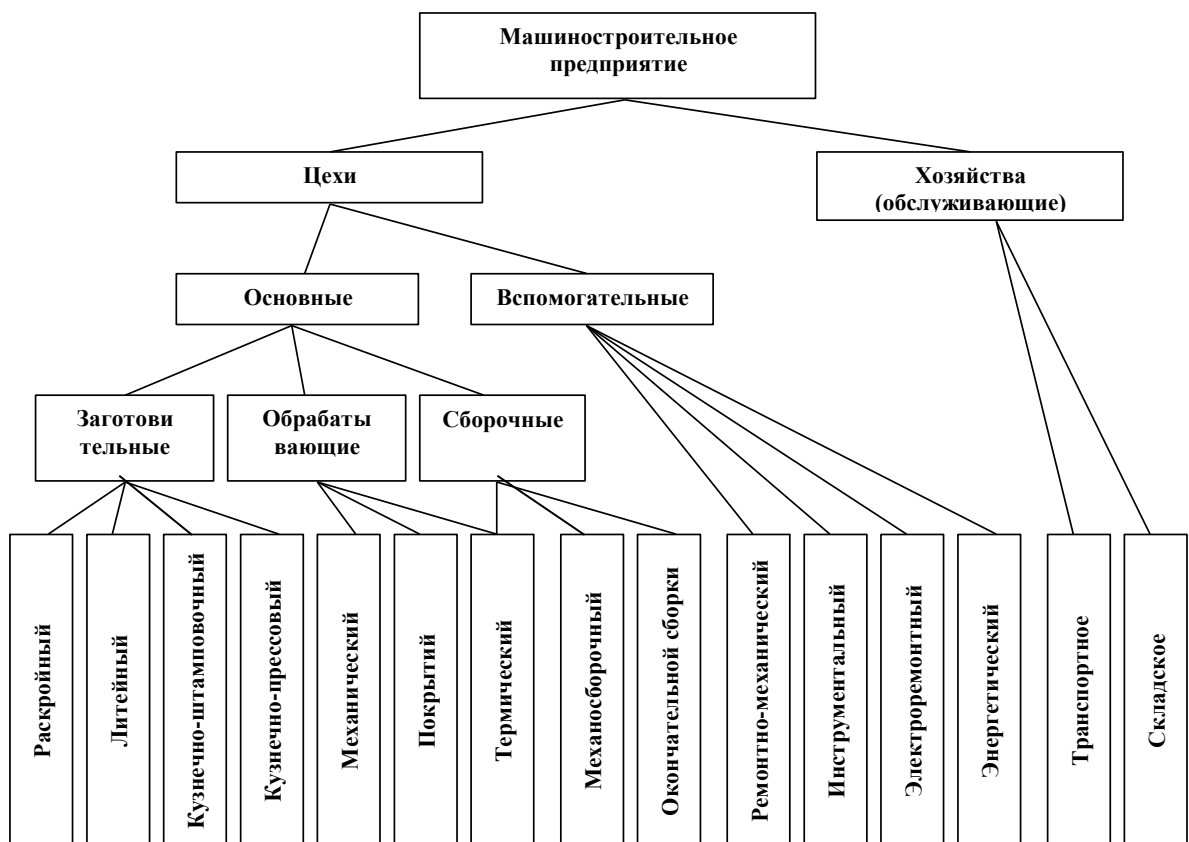


Рис. 2.7. Производственная структура машиностроительного предприятия

Производственная структура цеха

Под производственной структурой цеха понимается состав участков, рабочих мест, служб и формы взаимосвязи между ними.

Участки, рабочие места могут быть специализированы по технологическому или предметному принципу.

Технологический принцип: оборудование устанавливается на участках и образуются:

- участок фрезерной обработки;
- участок токарной обработки;
- участок зубонарезных станков и т.д.

Этот принцип эффективен при единичном и мелкосерийном производстве.

Предметный принцип: формируются специализированные участки по изготовлению деталей:

- участок по изготовлению детали 1;
- участок по изготовлению детали 2.

Предметный принцип применим для серийного и массового производства. Такие участки называются предметнозамкнутыми.

Рабочее место – это звено производственного участка.

Отделом главного технолога составляется планировка участков, структурных подразделений предприятия с указанием в ней наличия и расположения технологического и прочего оборудования. В условиях автоматизированных производств бывают и вертикальные планировки цехов. Так возникают технические этажи.