

## **Лекция №3**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ**

### **1. Производственный процесс и его структура**

Производственный процесс — совокупность взаимосвязанных процессов труда и естественных процессов, направленных на изготовление продукции. Процесс машиностроительного производства представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовые изделия.

Основные процессы являются технологическими процессами производства изделий, при выполнении которых изменяются форма, размеры, свойства, внешний вид заготовок или деталей. Составной элемент технологического процесса — технологическая операция, используемая для планирования, учёта, контроля, нормирования и оплаты труда.

В зависимости от технического оснащения процесса операции бывают: ручные, машинно-ручные, машинные, автоматические и аппаратурные.

Ручные операции выполняются вручную и с использованием простого или механизированного инструмента. К ним можно отнести зачистку деталей, закрепление заготовки и др.

Машинно-ручные операции осуществляют с помощью машин, но при непосредственном участии рабочих. К этим операциям относят любую обработку деталей на металло-режущих станках.

Машинные операции выполняют с помощью машин при ограниченном участии рабочих в технологическом процессе. Их участие выражается в установке детали при обработке их на станке, в выполнении контрольных промеров, управлении станком.

Автоматические операции протекают без участия рабочего, либо только под его наблюдением. К ним относятся, например, обработка деталей на автоматических линиях, на станках-автоматах.

Аппаратурные операции — разновидность машинных и автоматических. Эти операции широко применяются в химической, металлургической промышленности. Участие рабочего в этих процессах сводится к загрузке и разгрузке аппаратов, а также к общему наблюдению за ходом технологического процесса, его регулированию.

Вспомогательные процессы способствуют нормальному ходу основного процесса. К ним относят производства всех видов энергии, изготовление оснастки, выполнение ремонтных работ и др. Обслуживающие процессы — это технический контроль качества продукции, внутризаводская транспортировка, складские операции и др.

В условиях автоматизированного производства обслуживающие процессы объединяются с основными. Примером может служить производственный процесс на автоматической линии, где транспортные операции выполняются общим для процесса конвейером, контроль осуществляет специально встроенная аппаратура. На роторных автоматических линиях достигается полное совмещение времени обработки и транспортировки деталей [18].

## **2.2. Принципы организации производственных процессов**

В основе организации производственного процесса на любом машиностроительном заводе, в любом его цехе лежит рациональное сочетание в пространстве и во времени всех основных, вспомогательных и обслуживающих процессов. Особенности и методы такого сочетания весьма различны в разных производственных условиях. Однако при всём их многообразии организация производственных процессов должна быть подчинена следующим общим принципам [18].

Принцип специализации. Специализация представляет собой форму общественного разделения труда, обуславливает выделение и обособление отраслей, предприятий, цехов, участков, линий и отдельных рабочих мест. Специализация определяется прежде всего степенью постоянства изготавливаемой номенклатуры продукции. Развивается на базе стандартизации, нормализации и унификации. Это способствует созданию новых конструкций с минимальным числом оригинальных деталей и узлов. В результате специализации обеспечивается внедрение методов массово-поточного производства, упрощается структура предприятия, растёт удельный вес специализированного оборудования. Различают три вида специализации: технологическую, подетальную и предметную.

При технологической специализации цехи и участки специализируются на выполнении определённых технологических операций. Примером может служить производство заготовок — стального, чугунного и цветного литья, горячих штамповок и поковок. При подетальной специализации цехи и участки изготавливают законченные детали, при предметной — предприятие специализируется на производстве законченной продукции, например, часовой, телевизионной и др.

Принцип пропорциональности. Пропорциональность выражается в соблюдении правильного соотношения производственных мощностей и площадей, равной пропускной способности между отдельными рабочими местами, участками и цехами. Отдельные частные процессы и операции по изготовлению тех или иных деталей должны быть согласованы с другими процессами и операциями. Последовательное соблюдение пропорций способствует более правильному распределению оборудования по отдельным участкам производства, а также их более полному использованию.

Нарушение этих пропорций приводит к образованию так называемых узких мест, т.е. к перегрузке одних рабочих мест и недогрузке других, в результате чего не полностью



используются производственные мощности, простаивает оборудование. Поэтому одним из важнейших условий планомерной работы производства выступает строгое соблюдение пропорций между рабочими местами, участками, а в пределах завода — между цехами.

Принцип непрерывности. Его следует понимать прежде всего как ликвидацию, либо уменьшение перерывов в производстве конкретного изделия. К их числу относят межоперационные, внутриоперационные и междусменны перерывы. Примером ликвидации или резкого сокращения межоперационных перерывов может служить непрерывное поточное производство, при котором длительность отдельных операций так синхронизирована, что изделие передаётся на последующую операцию немедленно после завершения предыдущей. Организация непрерывного производственного процесса создаёт условия для комплексной механизации и автоматизации производства, ведёт к сокращению длительности производственного цикла и повышению в нём доли времени, затрачиваемого непосредственно на выполнение технологического процесса.

Принцип параллельности. Характеризуется тем, что отдельные операции или процессы в целом выполняются одновременно (параллельно). Если, например, на конвейере производится сборка агрегата, на отдельных участках одновременно выполняются операции по обработке деталей, сборке узлов и т.д. Увеличение параллельности обеспечивает сокращение длительности производственного цикла.

Принцип прямоточности. Под прямоточностью следует понимать кратчайший путь прохождения изделия по всем стадиям и операциям производственного процесса. В соответствии с этим принципом взаимное расположение зданий и сооружений на территории предприятия, а также размещение в них цехов и оборудования в цехах должно соответствовать требованиям производственного процесса; поток материалов, полуфабрикатов и изделий должен быть поступательным по ходу технологического цикла и кратчай-

шим, без встречных и возвратных движений. По этим же соображениям вспомогательные цеха, а также склады следует размещать как можно ближе к обслуживаемым или основным цехам.

**Принцип ритмичности.** Предусматривает выпуск в равные промежутки времени одинаковых или возрастающих количеств продукции и соответственно повторение через эти промежутки времени производственного процесса во всех его фазах и операциях. Ритмичность производства исключает недогрузку предприятий, сверхурочные работы, снижает брак, способствует равномерной загрузке оборудования и росту производительности труда рабочих.

**Принцип автоматичности.** Предполагает максимальное выполнение операций производственного процесса автоматически, т.е. без непосредственного участия в нём рабочего, либо под его наблюдением и контролем. Необходимость автоматизации обусловлена, как правило, интенсификацией технологических режимов, повышением требований к точности обработки, увеличением выпуска продукции и другими условиями, когда механизированные, а тем более ручные операции не могут обеспечить заданные и повышенные показатели производственного процесса.

Высокой эффективностью обладает комплексная автоматизация, которая более полно отвечает всей совокупности рассмотренных принципов организации производственного процесса. Вместе с комплексной механизацией комплексная автоматизация выступает одним из генеральных направлений технического прогресса.

## **2.3. Типы производства**

### **и их технико-экономический анализ**

**Тип производства** понимают как организационно-техническую характеристику производственного процесса, основанную на его специализации, повторяемости и ритмичности (на рабочем месте, технологической линии, участке, цехе, заводе в целом). Свойственный данному заводу или цеху

тип производства во многом предопределяет применяемые здесь методы подготовки, планирования, контроля производства, форм организации труда, особенности технологических процессов [18].

По степени специализации и формам организации производственного процесса принято различать единичное (индивидуальное), серийное и массовое производство.

Единичное производство. Характеризуется неустойчивой и разнообразной номенклатурой изделий, отдельные виды которых изготавливаются либо через определённый промежуток времени, либо только один раз. К единичному производству относят блюминги, паровые турбины, опытные предприятия по производству новых видов радиоэлектронной аппаратуры и др.

Неустойчивая и разнообразная номенклатура продукции требует применения универсального оборудования, инструментов, приспособлений, пресс-форм. Однако это не исключает применения специальных видов оборудования и инструментов на отдельных участках при изготовлении нормализованных деталей и узлов.

Технологический процесс и нормы времени разрабатываются укрупнённо, т.е. на изготовление детали узла, на выполнение каждого заказа в отдельности. При этом отсутствует, как правило, обязательное закрепление операций за отдельными рабочими местами. Рабочим приходится выполнять различные операции. Здесь должны быть рабочие-универсалы высокой квалификации. Единичное производство характеризуется большим разнообразием применяемых материалов и сравнительно большими их запасами. Незавершённое производство достигает значительных размеров, так как цикл производства продукции велик. Указанные особенности единичного производства обуславливают большую трудоёмкость и высокую себестоимость новых видов изделий.

Серийное производство. Характеризуется изготовлением продукции сериями или партиями, периодически повто-



ряющимися через определённые промежутки времени. В зависимости от количества изделий в серии и частоты повторяемости партии в течение года различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства. Такое деление весьма условно для различных промышленных предприятий.

Мелкосерийное производство, как правило, организуется для выпуска продукции, требующейся народному хозяйству в небольших количествах. Мелкими сериями выпускают сложные агрегаты, мощные парогенераторы, реакторы, сложные станки и т.п.

Крупносерийное производство характеризуется сравнительно большим, но не массовым выпуском продукции. Примером крупносерийного производства служит выпуск насосов, моторов, станков и т.п.

Среднесерийное производство занимает промежуточное положение между мелкосерийным и крупносерийным. Количество изделий в серии зависит от степени их освоения и трудоёмкости этих изделий.

Предприятия с серийным производством имеют более устойчивую номенклатуру изделий по сравнению с единичным производством, что позволяет применять специализированное оборудование, инструменты, приспособления. На отдельных участках могут создаваться поточные и автоматические линии. Использование специализированного оборудования и приспособлений позволяет иметь менее широкую квалификацию рабочих, чем в единичном производстве.

В серийном производстве существует более глубокое разделение труда, специализация рабочих мест, лучше используется оборудование, выше производительность труда и ниже себестоимость выпускаемой продукции. Следовательно, серийное производство отличается от единичного более эффективной организацией производственного процесса.

Массовое производство. Этот тип производства характеризуется изготовлением однотипной продукции в крупных

масштабах. Примером массового производства могут служить предприятия по выпуску автомобилей, телевизоров, радиоприёмников, магнитофонов, часов, других изделий, потребление которых носит массовый характер.

Массовое производство имеет большие преимущества перед единичным и серийным. Создание предприятий с массовым производством способствует сокращению номенклатуры изделий, количества типов применяемого оборудования, инструментов, повышению уровня производственного кооперирования. В массовом производстве все основные виды работ механизированы.

Изготовление деталей и узлов ведётся на поточных линиях. Технологический процесс сборки ведётся поточно-конвейерным методом.

Применение высокопроизводительного оборудования, высокий уровень специализации, механизация и автоматизация производственных процессов обуславливают более высокую производительность труда, лучшее использование основных производственных фондов, сокращение расхода материалов на изделия, и, как следствие, более низкую себестоимость продукции. Поэтому в промышленности наибольшее развитие получило массовое и крупносерийное производство.

## **2.4. Длительность и структура**

**производственного цикла. Виды движения деталей**

Длительность производственного цикла понимают как календарный период, в течение которого деталь, узел или изделие проходят все стадии производственного процесса, т.е. от момента начала первой операции до выпуска готовых деталей, узлов или изделий и их приёмки ОТК. Длительность производственного цикла состоит из рабочего периода и времени перерывов в производственном процессе (рис. 2.1) [18].

Рабочий период в свою очередь состоит из времени технологических операций, времени на перемещение деталей и



узлов с одной стадии производства на следующую, времени естественных процессов, выполнения контрольных и транспортных операций.

Время перерывов складывается из ожидания освобождения рабочего места, занятого другой работой; ожидания комплектующих деталей, узлов или сборочных единиц; времени на устранение неполадок организационного характера (отсутствие рабочей силы, материалов, инструмента); нерабочих дней, перерывов между сменами, обеденных перерывов.



Рис. 2.1. Структура производственного цикла

Длительность производственного цикла во многом определяется видом движения предметов труда в ходе их обработки. Различают три вида их движения: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный [18].

Последовательный вид движения предметов труда характеризуется тем, что при изготовлении партии одноимённых предметов труда (заготовок, деталей, узлов) в процессе обработки каждая последующая операция начинается после того, как все детали партии прошли обработку на предыдущей операции. В этом случае с одной операции на другую транспортируется одновременно вся партия деталей. У каждого рабочего места деталь ожидает своей обработки и окончания изготовления всей партии.

Длительность цикла при данном виде движения предметов труда можно определять по формуле, мин.:

$$T_{\text{noc}} = n \cdot \sum_1^m t_i,$$

где  $n$  — количество деталей в партии, шт.;

$t_i$  — время обработки одной детали на каждой операции, мин.;

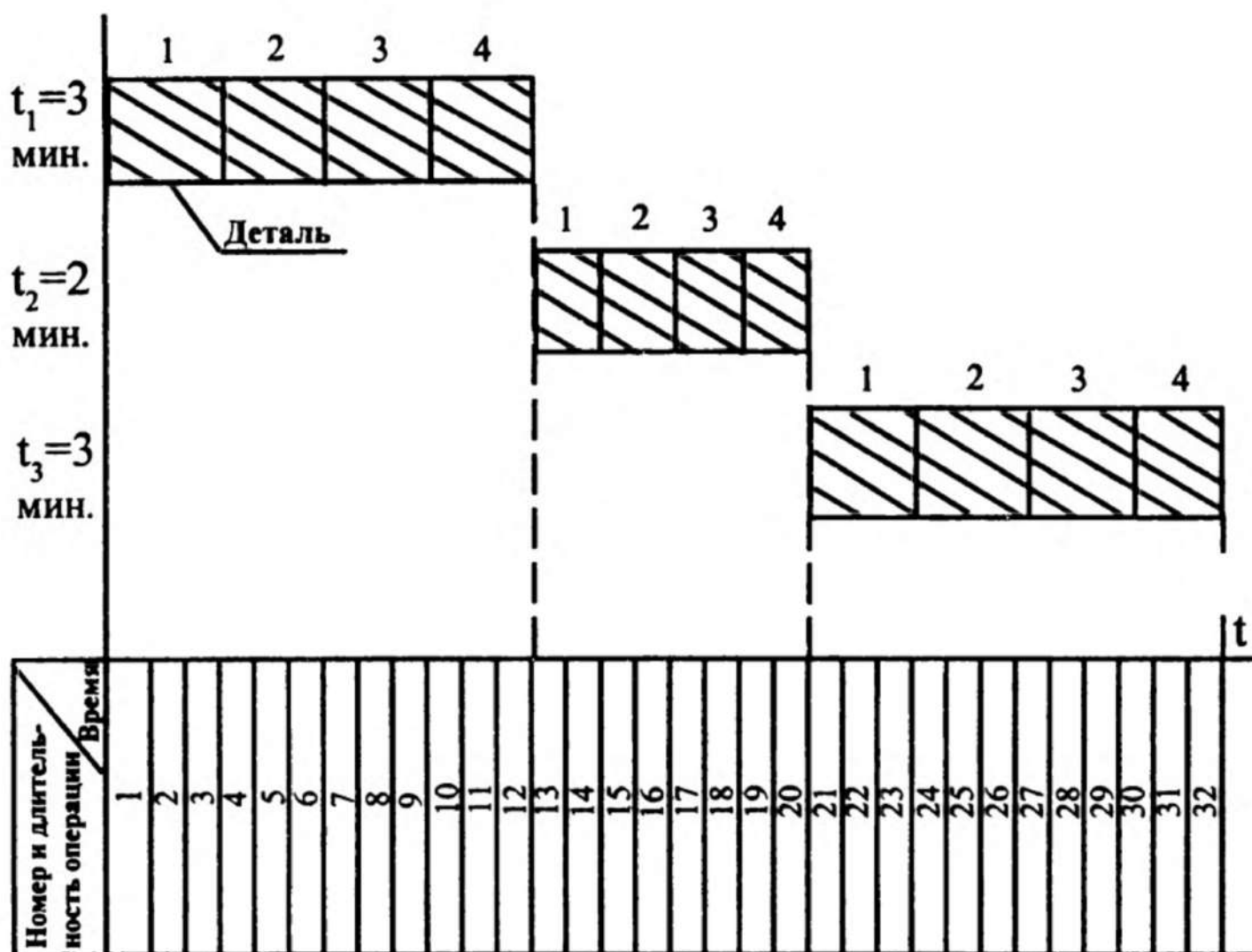
$m$  — число операций.

Если принять количество деталей в партии  $n = 4$  шт., время обработки по операциям  $t_1 = 3$  мин.,  $t_2 = 2$  мин.,  $t_3 = 3$  мин., схематично этот вид движения можно представить следующим образом (рис. 2.2).

$$T_{\text{noc}} = 4 \cdot (3 + 2 + 3) = 32 \text{ мин.}$$

При параллельно-последовательном движении партии деталей их обработка на каждой последующей стадии начинается раньше, чем заканчивается обработка всей партии на предыдущей операции, т.е. партия деталей передаётся от одной операции на другую частями (транспортными

партиями). Схема организации такого процесса показана на рис. 2.3.



**Рис. 2.2. Последовательный вид организации производственного процесса изготовления партии деталей**

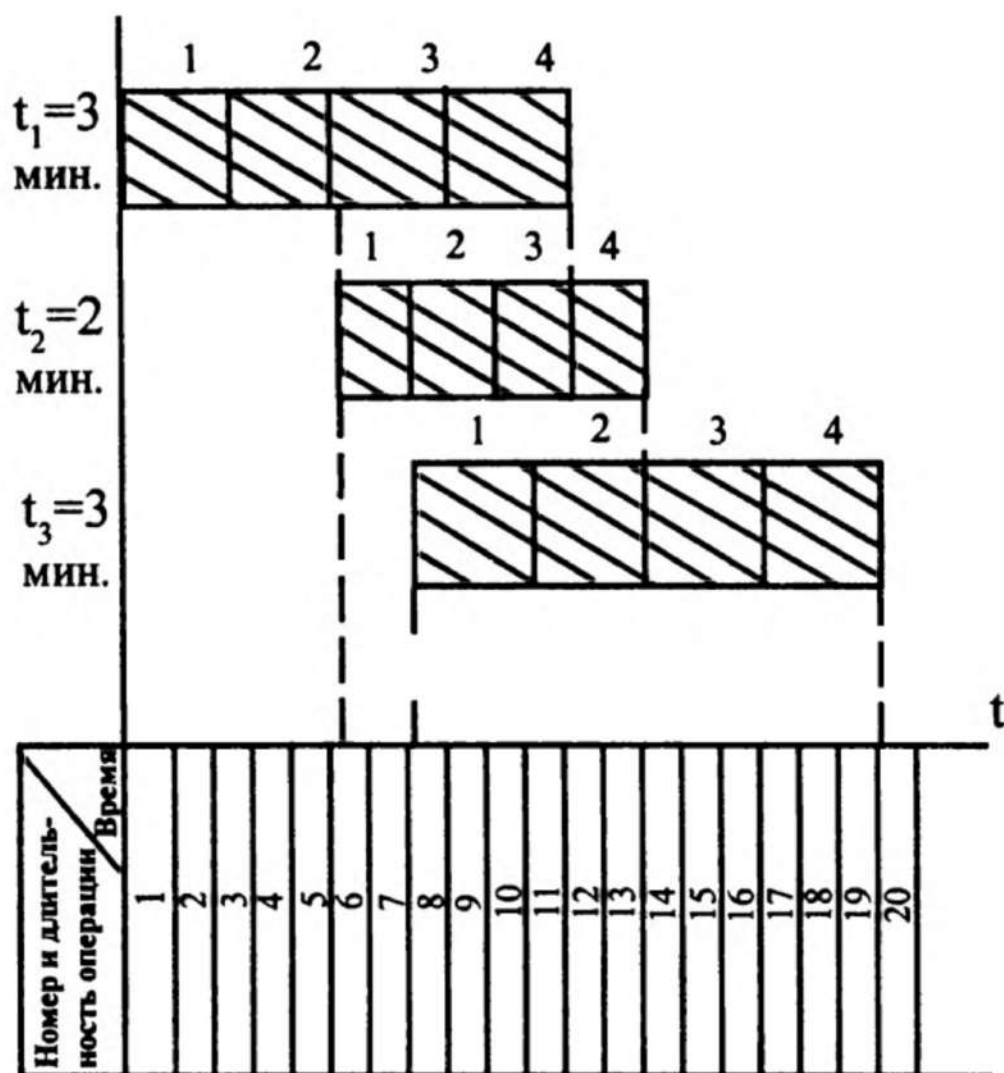
Обработка одного и того же количества изделий при этом виде движения требует меньше времени, чем при последовательном. Это связано с сокращением перерывов партионности и вызывается частичным перекрытием отдельных операций по времени:

$$T_{nn} = n \cdot \sum_{i=1}^m t_i - \sum_{i=1}^{m-1} (n-p) \cdot t_{i \text{ кор}},$$

где  $p$  — количество изделий в транспортной партии;

$t_{i \text{ кор}}$  — норма времени на операцию с более коротким циклом из каждой смежной пары операций.





**Рис. 2.3. Последовательно-параллельный вид организации процесса изготовления партии деталей**

Различают два варианта начала передачи изделий с одной операции на другую:

а) при продолжительности предшествующей операции, меньшей, чем последующая, ( $t_{i-1} \leq t_i$ ), смещение передачи изделий равно норме времени обработки изделия на предыдущей операции  $C_m = t_{i-1}$ ;

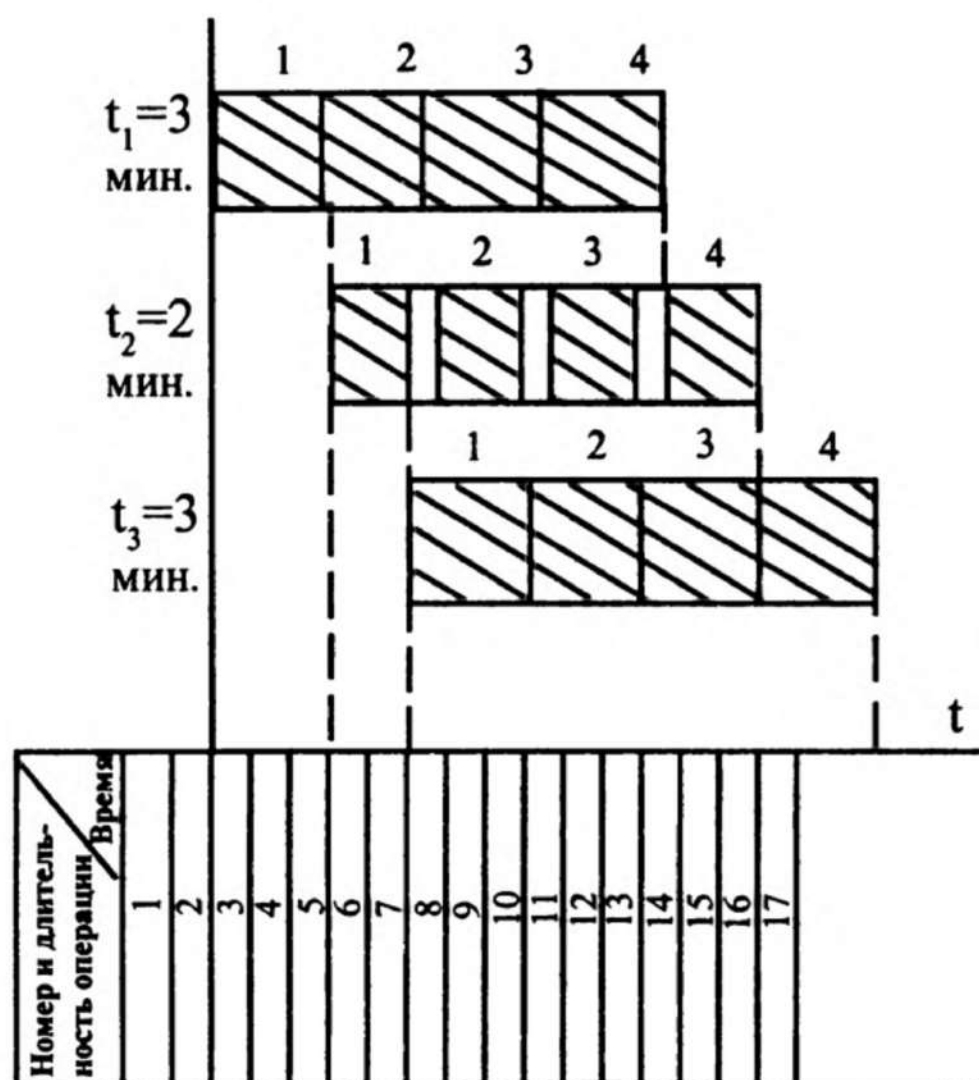
б) если продолжительность предшествующей операции больше последующей, смещение определяется по формуле:

$$C_m = n \cdot t_{i-1} \cdot (n-1) \cdot t_i.$$

В нашем примере длительность цикла последовательно-параллельного движения составит:

$$T_{\text{пп}} = 4 \cdot (3 + 2 + 3) - (3 \cdot 2 + 3 \cdot 2) = 20 \text{ мин.}$$

При параллельном движении партии деталей в процессе производства каждая последующая операция начинается немедленно после окончания предыдущей операции. Схематично этот вид движения показан на рис. 2.4.



**Рис. 2.4. Параллельный вид организации производственного процесса изготовления партии деталей**

Длительность цикла обработки партии деталей при параллельном виде движения определяется по формуле:

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n-1) \cdot t_{\text{гл}},$$

где  $t_{\text{гл}}$  — главная, наиболее длительная операция.

В нашем примере длительность цикла обработки партии деталей при этом виде движения составит:

$$T_{\text{пар}} = (3 + 2 + 3) + 3 \cdot 3 = 17 \text{ мин.}$$

Таким образом, продолжительность изготовления партии деталей будет наименьшей при параллельном виде движения деталей.

Выбор вида движения партии деталей в процессе обработки определяется объёмом и типом производств, длительностью операций и другими факторами.

Последовательный вид движения деталей применяют, главным образом, в условиях единичного и мелкосерийного производства со значительной номенклатурой продукции, различной технологией и частыми переналадками оборудования.

Последовательно-параллельный вид движения деталей используют при крупносерийном производстве и на отдельных участках единичного и массового производства, когда выпускается значительное количество одноимённой продукции с частичной синхронизацией операций и когда продукция изготавливается партиями.

Параллельное движение деталей применяют в условиях массово-поточного производства и на отдельных участках серийного и единичного производства при большом количестве одноимённых деталей и узлов.

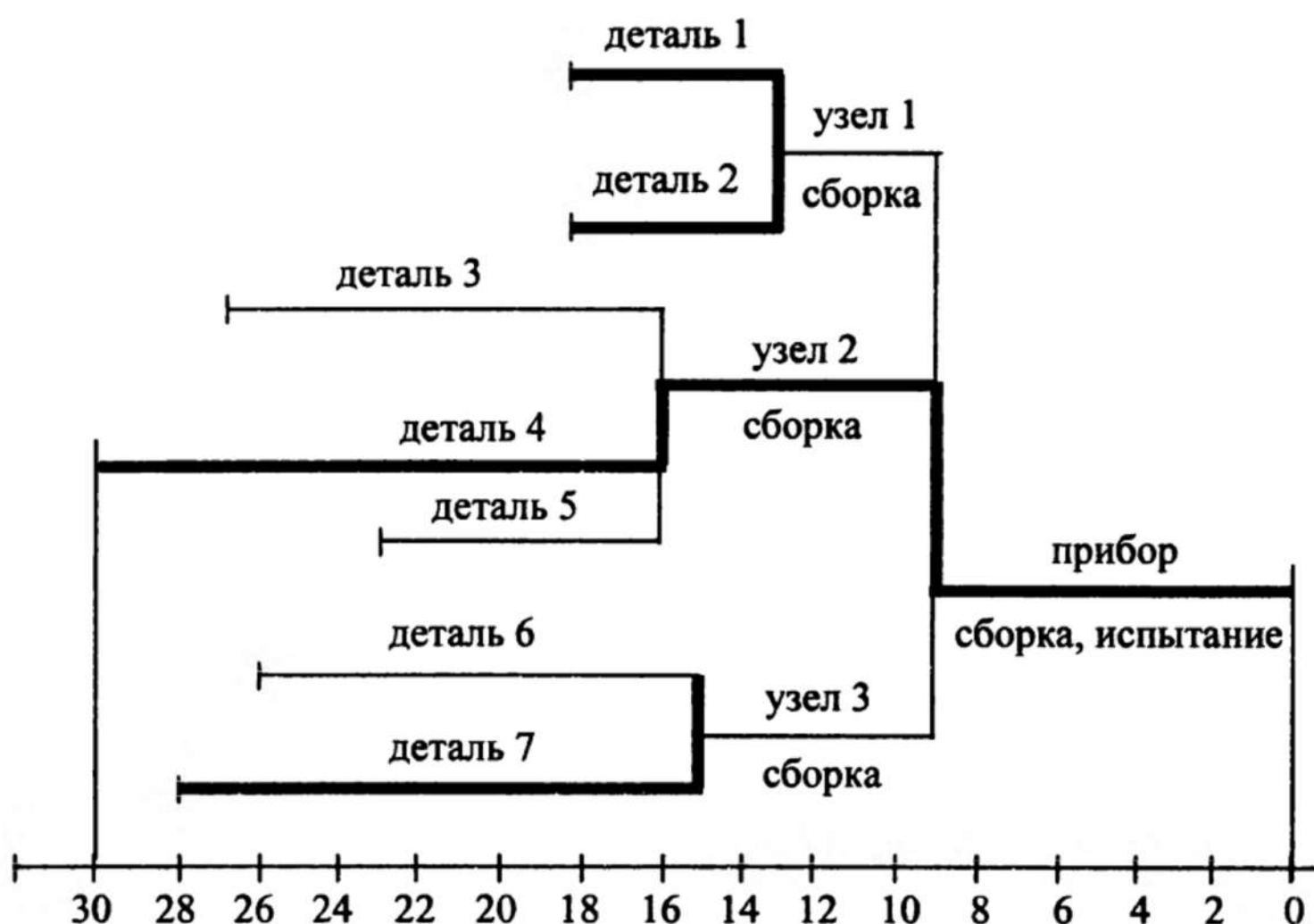
## **2.5. Производственный цикл сложного процесса**

Производственный цикл сложного процесса — общая продолжительность комплекса скоординированных по времени простых процессов, являющихся составными элементами сложного процесса изготовления изделия.

Координация отдельных составляющих сложного процесса направлена на обеспечение комплектности и бесперебойного хода производства при оптимальной загрузке оборудования и рабочих мест. В этой связи для анализа и координации элементов сложного процесса по времени его представляют согласно сборочной схеме в виде циклового графика, т.е. линейной схемы сборки, выполненной в масштабе календарного времени. Схематически этот процесс изображён на рисунке 2.5. [18].



График строится в порядке, обратном ходу процесса изготовления прибора, начиная с испытания готовой продукции и кончая изготовлением наиболее трудоёмкой детали, входящей в систему «главной линии», представляющей собой совокупность последовательно связанных процессов, определяющих наибольшую длительность цикла, — это показано в виде жирной линии. Таким образом, в цикл не включаются операции на отдельных участках, выполняемые параллельно и по длительности меньше продолжительности операций, находящихся на «главной линии».



**Рис. 2.5. Схематический график производственного цикла сложного процесса**

Цикл сложного процесса определяется наибольшей суммой длительности связанных между собой простых процессов (изготовление деталей, сборка узлов и механизмов, общая сборка агрегата и его испытание). Этот цикл включает

также время межоперационных перерывов (время комплектования партий передачи из цеха в цех, несовпадение ритмов поступления и выдачи изделий). В общем его длительность определяют по формуле:

$$T_{cl} = (\sum_{i=1}^n T_n + \sum T_{mn}) \max,$$

где  $T_n$  — длительность простого процесса;

$T_{mn}$  — длительность межцикловых перерывов,

$n$  — число циклов простых процессов последовательно связанных.

Цикловой график позволяет установить сроки опережения запуска и выпуска партий по отдельным цехам и предприятию в целом.

На практике цикл сложного процесса изготовления изделия часто определяют применительно к производственной и организационной структуре предприятия. Для этого в каждом цехе из комплекта деталей и сборочных единиц прибора выбирают деталь (партию деталей или узел) с наибольшим производственным циклом, затем учитывают время комплектования  $T_k$ , сборки  $T_{cb}$ , испытания  $T_{\psi}$ , упаковки и резервное время  $T_p$ . При этом полагают, что все другие сборочные единицы с более коротким циклом обрабатываются параллельно процессу изготовления детали-представителя. В этом случае длительность цикла сложного процесса будет равна:

$$T_{cl} = T_d + T_{cb} + T_{\psi} + T_k + T_p.$$

Длительность производственного цикла влияет на объём выпуска продукции, фондоотдачу, рентабельность, норматив оборотных средств и другие общие показатели работы предприятия. Из этого следует важность уменьшения его продолжительности. Сокращение производственного цикла может осуществляться путём снижения времени на выполнение технологических операций и сведения к минимуму всех видов перерывов в процессе изготовления предметов

труда. К основным мероприятиям по сокращению производственного цикла можно отнести совершенствование конструкции изготавливаемой продукции; совершенствование технологии изготовления изделий; внедрение более совершенной системы организации труда и планирования; рациональную планировку рабочих мест и совершенствование цеховой и межцеховой транспортировки; улучшение обслуживания рабочих мест; повышение степени параллельности работ и процессов; уплотнение режима работы цехов и предприятия.

### **Вопросы и задания**

#### **для самоподготовки и контроля знаний**

1. Что такое производственный процесс? Его разновидности.
2. Охарактеризуйте структуру производственного процесса.
3. Назовите основные принципы организации производственного процесса.
4. Назовите основные типы производства.
5. Охарактеризуйте единичное производство.
6. Дайте характеристику серийного производства.
7. Осветите особенности массового производства.
8. Чем во многом определяется длительность производственного цикла?
9. Какова структура производственного цикла?
10. Поясните существующие виды движения партий деталей.
11. Охарактеризуйте производственный цикл сложного процесса.