

## 1. Понятие о производственном процессе

Производственный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов труда и орудий труда в целях создания потребительских стоимостей - полезных предметов труда, необходимых для производственного или личного потребления. В процессе производства рабочие воздействуют на предметы труда при помощи орудий труда и создают новые готовые продукты, например станки, ЭВМ, телевизоры, радиоэлектронные приборы и т. д. Предметы и орудия труда, будучи вещественными элементами производства, на предприятии находятся в определенной взаимосвязи друг с другом: конкретные предметы могут быть обработаны только определенными орудиями труда; уже сами по себе они обладают системными свойствами. Однако живой труд должен охватить эти вещи и тем самым начать процесс превращения их в продукт. Таким образом, производственный процесс - это прежде всего трудовой процесс, поскольку ресурсы, используемые человеком на его входе, как информация, так и материальные средства производства, являются продуктом предшествующих процессов труда. Различают основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы.

*Основные производственные процессы* - это та часть процессов, в ходе которых происходит непосредственное изменение форм, размеров, свойств, внутренней структуры предметов труда и превращение их в готовую продукцию. Например, на станкостроительном заводе это процессы изготовления деталей и сборки из них подузлов, узлов и изделия в целом.

*К вспомогательным производственным процессам* относятся такие процессы, результаты которых используются либо непосредственно в основных процессах, либо для обеспечения их бесперебойного и эффективного осуществления. Примерами таких процессов являются изготовление инструментов, приспособлений, штампов, средств механизации и автоматизации собственного производства, запасных частей для ремонта оборудования, производство на предприятии всех видов энергии (электрической энергии, сжатого воздуха, азота и т. д.).

*Обслуживающие производственные процессы* - это процессы труда по оказанию услуг, необходимых для осуществления основных и вспомогательных производственных процессов. Например, транспортировка материальных ценностей, складские операции всех видов, технический контроль качества продукции и др.

Основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы имеют разные тенденции развития и совершенствования. Так, многие вспомогательные производственные процессы могут быть переданы специализированным заводам, что в большинстве случаев обеспечивает экономически более эффективное их производство. С повышением уровня механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов обслуживающие процессы постепенно становятся неотъемлемой частью основного производства, играют организующую роль в автоматизированных и особенно в гибких автоматизированных производствах.

Основные, а в некоторых случаях и вспомогательные производственные процессы протекают в разных стадиях (или фазах). **Стадия** — это обособленная часть производственного процесса, когда предмет труда переходит в другое качественное состояние. Например, материал переходит в заготовку, заготовка - в деталь и т. д.

Основные производственные процессы протекают в следующих стадиях: заготовительной, обрабатывающей, сборочной и регулировочно-настроечной.

**Заготовительная стадия** предназначена для производства заготовок деталей. Она характеризуется весьма разнообразными методами производства. Например, раскрой или резка заготовок деталей из листового материала, изготовление заготовок методами литья, штамповки,ковки и т. д. Основная тенденция развития технологических процессов на этой стадии заключается в приближении заготовок к формам и размерам готовых деталей. Орудиями труда на этой стадии являются отрезные станки, прессово-штамповочное оборудование, гильотинные ножницы и др.

**Обрабатывающая стадия** - вторая в структуре производственного процесса - включает механическую и термическую обработку. Предметом труда здесь являются заготовки деталей. Орудиями труда на этой стадии в основном являются различные металлорежущие станки, печи для термической обработки, аппараты для химической обработки. В результате выполнения этой стадии деталям придаются размеры, соответствующие заданному классу точности.

**Сборочная (сборочно-монтажная) стадия** - это производственный процесс, в результате которого получают сборочные единицы (мелкие сборочные единицы, подузлы, узлы, блоки)

или готовые изделия. Предметом труда на этой стадии являются детали и узлы собственного изготовления, а также полученные со стороны (комплектующие изделия). Различают две основные организационные формы сборки: стационарную и подвижную. Стационарная сборка - это когда изделие изготавливается на одном рабочем месте (детали подаются). При подвижной сборке изделие создается в процессе его перемещения от одного рабочего места к другому. Орудия труда здесь не так многообразны, как в обрабатывающей стадии. Основными из них являются всевозможные верстаки, стенды, транспортирующие и направляющие устройства (конвейеры, электрокары, роботы и др.). Сборочные процессы, как правило, характеризуются значительным объемом работ, выполняемых вручную, поэтому механизация и автоматизация их - главная задача совершенствования технологического процесса.

*Регулировочно-настроечная стадия* - заключительная в структуре производственного процесса, которая проводится с целью получения необходимых технических параметров готового изделия. Предметом труда здесь являются готовые изделия или их отдельные сборочные единицы, орудия труда, универсальная контрольно-измерительная аппаратура и специальные стенды для испытаний.

Составными элементами стадий основного и вспомогательного процессов являются технологические операции. Деление производственного процесса на операции, а далее на приемы и движения необходимо для разработки технически обоснованных норм времени выполнения операций.

*Операция* - часть производственного процесса, которая, как правило, выполняется на одном рабочем месте без переналадки и одним или несколькими рабочими (бригадой).

В зависимости от степени технического оснащения производственного процесса различают операции: ручные, машиноручные, машинные, автоматические и аппаратные.

Как основные, так и вспомогательные, а иногда и обслуживающие производственные процессы состоят из основных и вспомогательных элементов - операций. К основным относятся операции, непосредственно связанные с изменением размеров, форм, свойств, внутренней структуры предмета труда или превращением одного вещества в другое, а также с изменением местоположения предметов труда относительно друг друга. К вспомогательным относятся операции, выполнение которых способствует протеканию основных, например перемещение предметов труда, контроль качества, снятие и установка, хранение и др.

В организационном отношении основные и вспомогательные производственные процессы (их операции) условно подразделяются на простые и сложные.

Простыми называются процессы, в которых предметы труда подвергаются последовательному ряду связанных между собой операций, в результате чего получают частично готовые продукты труда (заготовки, детали, т. е. неразъемные части изделия).

*Сложными* называются процессы, в которых получают готовые продукты труда путем соединения частных продуктов, т. е. получают сложные изделия (станки, машины, приборы и т.д.).

Движение предметов труда в производственном процессе осуществляется так, что результат труда одного рабочего места становится исходным предметом для другого, т. е. каждый предыдущий во времени и в пространстве дает работу последующему, это обеспечивается организацией производства.

От правильной и рациональной организации производственных процессов (особенно основных) зависят результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия, экономические показатели его работы, себестоимость продукции, прибыль и рентабельность производства, величина незавершенного производства и размер оборотных средств.

## 2. Основные принципы организации производственных процессов

Организация производственного процесса на любом машиностроительном предприятии, в любом его цехе, на участке базируется на рациональном сочетании во времени и в пространстве всех основных, вспомогательных и обслуживающих процессов. Это позволяет выпускать продукцию при минимальных затратах живого и овеществленного труда. Особенности и методы такого сочетания различны в разных производственных условиях. Однако при всем их многообразии организация производственных процессов подчинена некоторым общим принципам: дифференциации, концентрации и интеграции, специализации, пропорциональности, прямоочности, непрерывности, параллельности, ритмичности, автоматичности, профилактики, гибкости, оптимальности, электронизации, стандартизации и др.

**Принцип дифференциации** предполагает разделение производственного процесса на отдельные технологические процессы, которые в свою очередь подразделяются на операции, переходы, приемы и движения. Однако чрезмерная дифференциация повышает утомляемость рабочих на ручных операциях за счет монотонности и высокой интенсивности процессов производства. Большое число операций приводит к излишним затратам на перемещение предметов труда между рабочими местами, установку, закрепление и снятие их с рабочих мест после окончания операций.

При использовании современного высокопроизводительного гибкого оборудования (станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, роботы и т. д.) принцип дифференциации переходит в **принцип концентрации операций и интеграции производственных процессов**. Принцип концентрации предполагает выполнение нескольких операций на одном рабочем месте (многошпиндельные многолезцовые автоматы с ЧПУ). Операции становятся более объемными, сложными и выполняются в сочетании с бригадным принципом организации труда. Принцип интеграции состоит в объединении основных вспомогательных и обслуживающих процессов.

**Принцип специализации** представляет собой форму разделения общественного труда, которая, развиваясь планомерно, обуславливает выделение на предприятии цехов, участков, линий и отдельных рабочих мест. Они изготавливают продукцию ограниченной номенклатуры и отличаются особым производственным процессом.

. Специализированное оборудование при всех прочих равных условиях работает производительнее.

Уровень специализации рабочего места определяется коэффициентом закрепления деталиопераций ( $K_{спД}$ , выполняемых, на одном рабочем месте за определенный промежуток времени (месяц, квартал):

$$K_{спД} = \frac{1}{C_{пр}} \sum_{i=1}^{C_{пр}} m_{доi}$$

где  $C_{пр}$  - число рабочих мест (единиц оборудования) производственной системы;

$m_{до}$  - число деталиопераций, выполняемых на 1-м рабочем месте в течение единицы времени (месяца, года).

При коэффициенте  $K_{спД} = 1$  обеспечивается узкая специализация рабочего места, создаются предпосылки для эффективной организации производства. Для полной загрузки одного рабочего места одной деталиоперацией необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$N_{зj} * t_{штi} = F_{эф}$$

где  $N_{зj}$  - объем запуска деталей  $j$ -го наименования за единицу времени, например шт./мес;

$t_{штi}$  - трудоемкость операции на 1-м рабочем месте, мин;

$F_{эф}$  - эффективный фонд времени рабочего места, например, мин/мес.

**Принцип пропорциональности** предполагает равную пропускную способность всех производственных подразделений, выполняющих основные, вспомогательные и обслуживающие процессы. Нарушение этого принципа приводит к возникновению «узких» мест в производстве или, наоборот, к неполной загрузке отдельных рабочих мест, участков, цехов, к снижению эффективности функционирования всего предприятия. Поэтому для обеспечения пропорциональности проводятся расчеты производственной мощности как по стадиям производства, так и по группам оборудования и производственным площадям.

**Принцип прямоочности** означает такую организацию производственного процесса, при которой обеспечиваются кратчайшие пути прохождения деталей и сборочных единиц по всем стадиям и операциям от запуска в производство исходных материалов до выхода готовой продукции. Поток материалов, полуфабрикатов и сборочных единиц должен быть

поступательным и кратчайшим, без встречных и возвратных движений. Это обеспечивается соответствующей планировкой расстановки оборудования по ходу технологического процесса.

**Принцип непрерывности** означает, что рабочий трудится без простоев, оборудование работает без перерывов, предметы труда не пролеживают на рабочих местах. Наиболее полно этот принцип проявляется в массовом или крупносерийном производстве при организации лоточных методов производства, в частности при организации одно- и многопредметных непрерывно-поточных линий. Этот принцип обеспечивает сокращение цикла изготовления изделия и тем самым способствует повышению интенсификации производства.

**Принцип параллельности** предполагает одновременное выполнение частичных производственных процессов и отдельных операций над аналогичными деталями и частями изделия на различных рабочих местах, т. е. создание широкого фронта работы по изготовлению данного изделия. Принцип параллельности обеспечивает сокращение продолжительности производственного цикла и экономии рабочего времени.

**Принцип ритмичности** обеспечивает выпуск одинаковых или возрастающих объемов продукции за равные периоды времени и соответственно повторение через эти периоды производственного процесса на всех его стадиях и операциях.

**Принцип автоматичности** предполагает максимальное выполнение операций производственного процесса автоматически, т. е. без непосредственного участия в нем рабочего либо под его наблюдением и контролем. Автоматизация процессов приводит к увеличению объемов выпуска деталей, изделий, к повышению качества работ, сокращению затрат живого труда, замене непривлекательного ручного труда более интеллектуальным трудом высококвалифицированных рабочих (наладчиков, операторов), к исключению ручного труда на работах с вредными условиями, замене рабочих роботами. Уровень автоматизации может быть рассчитан как суммарно по всему предприятию, так и по каждому подразделению отдельно.

**Принцип профилактики** предполагает организацию обслуживания оборудования, направленную на предотвращение аварий и простоев технических систем. Это достигается с помощью системы планово-предупредительных ремонтов (ППР).

**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. Он обеспечивает сокращение времени и затрат на переналадку оборудования при выпуске деталей и изделий широкой номенклатуры. Наибольшее развитие этот принцип получает в условиях высокоорганизованного производства, где используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры (ОЦ), переналаживаемые автоматические средства контроля, складирования и перемещения объектов производства.

**Принцип оптимальности** состоит в том, что выполнение всех процессов по выпуску продукции в заданном количестве и в сроки осуществляется с наибольшей экономической эффективностью или с наименьшими затратами трудовых и материальных ресурсов. Оптимальность обусловлена законом экономии времени.

**Принцип электронизации** предполагает широкое использование возможностей ЧПУ, основанных на применении микропроцессорной техники, что позволяет создавать принципиально новые системы машин, сочетающие высокую Производительность с требованиями гибкости производственных процессов.

**Принцип стандартизации** предполагает широкое использование при создании и освоении новой техники и новой технологии стандартизации, унификации, типизации и нормализации, что позволяет избежать необоснованного многообразия в материалах, оборудовании, технологических процессах и резко сократить продолжительность цикла создания и освоения новой техники (СОИТ).

При проектировании производственного процесса или производственной системы следует исходить из рационального использования изложенных выше принципов.

### 3. Типы производства и их технико-экономические характеристики

Организация производственных процессов, выбор наиболее рациональных методов подготовки, планирования и контроля за производством во многом определяются типом производства на машиностроительном предприятии.

Под *типом производства* понимается совокупность признаков, определяющих организационно-техническую характеристику производственного процесса, осуществляемого на одном или многих рабочих местах в масштабе участка, цеха, предприятия. Тип производства во многом предопределяет формы специализации и методы организации производственных процессов.

В основу классификации типов производства положены следующие факторы: широта номенклатуры, объем выпуска, степень постоянства номенклатуры, характер загрузки рабочих мест и их специализация.

*Номенклатура продукции* представляет собой число наименований изделий, закрепленных за производственной системой, и характеризует ее специализацию. Чем шире номенклатура, тем менее специализирована система, и, наоборот, чем она уже, тем выше степень специализации. Широкая номенклатура выпускаемой продукции обуславливает большое разнообразие технологических процессов и операций, оборудования, инструментов, оснастки и профессий рабочих.

*Объем выпуска изделий* - это количество изделий определенного вида, изготавливаемых производственной системой в течение определенного периода времени. Объем выпуска и трудоемкость изделия каждого вида оказывают решающее влияние на характер специализации этой системы.

*Степень постоянства номенклатуры* - это повторяемость изготовления изделия данного вида в последовательные периоды времени. Если в один плановый период времени изделие данного вида выпускается, а в другие - не выпускается, то степень постоянства отсутствует. Регулярное повторение выпуска изделий данного вида является одной из предпосылок обеспечения ритмичности производства. В свою очередь, регулярность зависит от объема выпуска изделий, поскольку большой объем выпуска может быть равномерно распределен на последовательные плановые периоды.

*Характер загрузки рабочих мест* означает закрепление за рабочими местами определенных операций технологического процесса. Если за рабочим местом закреплено минимальное количество операций, то это узкая специализация, а если за рабочим местом закреплено большое количество операций (если станок универсальный), то это означает широкую специализацию.

В зависимости от указанных выше факторов различают три типа производственных процессов или три типа производства: единичное, серийное и массовое

Каждому типу производства соответствуют: величина указанных коэффициентов, вид используемого оборудования, технология и формы организации производства, виды движений предметов труда, производственная структура предприятия (цеха, участка) и другие особенности.

*Единичное производство характеризуется* широкой номенклатурой изделий и выпуском малых объемов одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается. Это делает невозможным постоянное закрепление операций за отдельными рабочими местами, коэффициент специализации  $K_{\text{сп}} > 40$  деталей операций на одно рабочее место. Специализация таких рабочих мест обусловлена только их технологической характеристикой и размерами обрабатываемых изделий. При этом производстве применяют универсальное оборудование и в основном последовательный вид движения партий деталей по операциям технологического процесса. Заводы имеют сложную производственную структуру, а цехи специализированы по технологическому принципу.

*Серийное производство* специализируется на изготовлении ограниченной номенклатуры изделий сравнительно небольшими объемами и повторяющимися через определенное время партиями (сериями). В зависимости от числа закрепляемых за каждым рабочим местом операций, регулярности повторения партий изделий и их размера различают три подтипа (вида) серийного производства: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Мелкосерийное производство тяготеет к единичному: изделия выпускаются малыми сериями широкой номенклатуры, повторяемость изделий в программе завода либо отсутствует, либо нерегулярна, а размеры серий неустойчивы; предприятие все время осваивает новые изделия и прекращает выпуск ранее освоенных. За рабочими местами закреплена широкая номенклатура

операций,  $K_{cn} = 20 * 40$  операций ( $K_{свр} > 20$ ;  $K_m < 1$ ). Оборудование, виды движений, формы специализации и производственная структура те же, что и при единичном производстве.

Для среднесерийного производства характерно, что выпуск изделий производится довольно крупными сериями ограниченной номенклатуры; серии повторяются с известной регулярностью по периоду запуска и числу изделий в партии; годовая номенклатура все же шире, чем номенклатура выпуска в каждом месяце. За рабочими местами закреплена более узкая номенклатура операций,  $K_{cn} = 10 * 20$  операций ( $K_{свр} = 20$ ;  $K_m < 1$ ). Оборудование универсальное и специальное, вид движения предметов труда - параллельно-последовательный. Заводы имеют развитую производственную структуру, заготовительные цехи специализируются по технологическому принципу, а в механосборочных цехах создаются предметно-замкнутые участки.

Крупносерийное производство тяготеет к массовому. Изделия производятся крупными сериями ограниченной номенклатуры, а основные или важнейшие выпускаются постоянно и непрерывно. Рабочие места имеют более узкую специализацию,  $K_{cn} - 2-5-10$  операций ( $K^{\wedge} - 10$ ;  $K_m < 1$ ). Оборудование преимущественно специальное, виды движений предметов труда - параллельно-последовательный и параллельный. Заводы имеют простую производственную структуру, обрабатывающие и сборочные цехи специализированы по предметному принципу, а заготовительные - по технологическому.

*Массовое производство* характеризуется выпуском узкой номенклатуры изделий в течение длительного периода времени и большим объемом, стабильной повторяемостью. За рабочими местами закреплена узкая номенклатура операций,  $K_{cn} < 1$  операции ( $K_{свр} < 2$ ;  $K_m > 1$ ). Все изделия номенклатуры завода изготавливаются одновременно и параллельно. Числа наименований изделий в годовой и месячной программах совпадают. Оборудование специальное, вид движения предметов труда - параллельный. Цехи и участки специализированы преимущественно по предметному принципу. Заводы имеют простую и четко определенную производственную структуру.

в сочетании механизации и автоматизации производственных процессов, а также загрузки рабочих мест (оборудования) с видами движений предметов труда можно получить серийное производство в четырех и массовое производство в трех вариантах

Исходя из типа производства устанавливается тип предприятия и его подразделений. На каждом предприятии могут существовать различные типы производства. Поэтому тип предприятия или его подразделения определяется по преобладающему на нем типу конечного производства.

Тип производства оказывает решающее влияние на особенности его организации, управления и оперативно-производственного планирования, а также на технико-экономические показатели. Если рассматривать всю совокупность типов производства как единое целое, начиная с единичного и кончая массовым, то по мере продвижения к массовому производству можно отметить: а) непрерывное расширение области применения высокопроизводительных технологических процессов, сопровождающихся механизацией и автоматизацией производства; б) увеличение доли специального оборудования и специальной технологической оснастки в общем количестве орудий труда; в) общее повышение технической квалификации рабочих, а также внедрение передовых методов и приемов труда. На основе этих прогрессивных изменений при переходе от единичного производства к серийному и далее к массовому обеспечивается значительная экономия общественного труда и как следствие: повышение производительности труда, улучшение использования основных фондов предприятия, сокращение затрат материалов на одно изделие, а также снижение себестоимости продукции, рост прибыли и рентабельности производства. Однако следует отметить, что использование групповых методов обработки деталей, средств автоматизации и электронизации производственных процессов дает возможность применять организационные формы массового производства в серийном и даже в единичном производстве и добиваться высоких технико-экономических показателей.

#### **4. Производственный цикл изготовления изделия**

При преобразовании предметов производства в конкретное изделие они проходят через множество основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, протекающих параллельно, параллельно-последовательно или последовательно во времени в зависимости от сложившейся на предприятии производственной структуры, типа производства, уровня специализации производственных подразделений, форм организации производственных процессов и других факторов. Совокупность этих процессов, обеспечивающих изготовление изделия, принято называть **производственным циклом**, основными характеристиками которого являются его продолжительность и структура.

**Продолжительность производственного цикла** изготовления продукции (независимо от числа одновременно изготавливаемых деталей или изделий) - это календарный период времени, в течение которого сырье, основные материалы, полуфабрикаты и готовые комплектующие изделия превращаются в готовую продукцию, или, другими словами, это - отрезок времени от момента начала производственного процесса до момента выпуска готового изделия или партии деталей, сборочных единиц.

Продолжительность производственного цикла, как правило, выражается в календарных днях или часах (при малой трудоемкости изделий).

Знание продолжительности производственного цикла изготовления всех видов продукции (от изготовления заготовок, деталей до сборки изделий) необходимо: 1) для составления производственной программы предприятия и его подразделений; 2) для определения сроков начала производственного процесса (запуска) по данным сроков его окончания (выпуска); 3) для расчетов нормальной величины незавершенного производства.

Продолжительность производственного цикла зависит от времени трудовых и естественных процессов, а также от времени перерывов в производственном процессе. В течение трудовых процессов выполняются технологические и нетехнологические операции. Время выполнения технологических операций в производственном цикле составляет технологический цикл ( $T_{ц}$ ). Время выполнения одной операции, в течение которого изготавливается одна деталь, партия одинаковых деталей или несколько различных деталей, называется операционным циклом ( $T_{оп}$ ). К нетехнологическим относятся операции по транспортировке предметов труда и контролю качества продукции.

Естественными считаются такие процессы, которые связаны с охлаждением деталей после термообработки, с сушкой после окраски деталей или других видов покрытия и со старением металла.

Перерывы в зависимости от вызвавших их причин могут быть подразделены на межоперационные (внутрицикловые), межцеховые и междуменные.

Межоперационные перерывы обусловлены временем партионности и ожидания и зависят от характера обработки партии деталей на операциях. Перерывы партионности происходят потому, что каждая деталь, поступая на рабочее место в составе партии аналогичных деталей, пролеживает дважды: один раз до начала обработки, а второй раз по окончании обработки, пока вся партия не пройдет через данную операцию.

Перерывы ожидания вызываются несогласованной продолжительностью смежных операций технологического процесса. Эти перерывы возникают в тех случаях, когда предыдущая операция заканчивается раньше, чем освобождается рабочее место, предназначенное для выполнения следующей операции.

Межцеховые перерывы обусловлены тем, что сроки окончания производства составных частей деталей сборочных единиц в разных цехах различны и детали пролеживают в ожидании комплектности. Это пролеживание (перерывы комплектования) происходит при комплектно-узловой системе планирования, т. е. тогда, когда готовые заготовки, детали или узлы должны «пролеживать» в связи с незаконченностью других заготовок, деталей, узлов, входящих совместно с первыми в один комплект. Как правило, такие перерывы возникают при переходе продукции от одной стадии производства к другой или из одного цеха в другой.

Междуменными перерывы обусловлены режимом работы предприятия и его подразделений. К ним относятся выходные и праздничные дни, перерывы между сменами (при двухсменном режиме третья смена) и обеденные перерывы (условно).

Структура и продолжительность производственного цикла зависят от типа производства, уровня организации производственного процесса и других факторов. Для изделий машиностроения характерна высокая доля технологических операций в общей продолжительности производственного цикла. Сокращение последней имеет большое экономическое значение. Как

правило, продолжительность производственного цикла определяется для одной детали, партии деталей, одной сборочной единицы или партии единиц, одного изделия. При этом следует учитывать, что изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии или в его подразделениях.

При расчете продолжительности производственного цикла изготовления изделия учитывают лишь те затраты времени на транспортные и контрольные операции, естественные процессы и перерывы, которые не перекрываются операционным циклом.

Сокращение продолжительности производственного цикла имеет важное экономическое значение. Чем меньше продолжительность производственного цикла, тем больше продукции в единицу времени при прочих равных условиях можно выпустить на данном предприятии, в цехе или на участке; тем выше использование основных фондов предприятия; тем меньше потребность предприятия в оборотных средствах, вложенных в незавершенное производство; тем выше фондоотдача и т. д.

В заводской практике производственный цикл сокращается одновременно по трем направлениям: уменьшается время трудовых процессов, сокращается время естественных процессов и полностью ликвидируются или сводятся к минимуму различные перерывы.

Производственный цикл является суммой технологического цикла, времени перерывов в производстве в связи с регламентом работы и пролёживанием изделий между операциями.

В простом процессе детали (заготовки) в большинстве случаев изготавливают партиями, поэтому очень важным является вопрос о рациональном выборе движения партии деталей через всю совокупность последовательно выполняемых операций, выбранный вид этого движения определяет степень непрерывности и параллельности производственного процесса и продолжительность производственного цикла изготовления партии деталей.

Процесс изготовления партии деталей, проходящей через многие операции, состоит из совокупности операционных циклов, каждый из которых представляет собой выполнение одной операции над всеми предметами производства данной партии. Совокупность операционных циклов, а также способ сочетания во времени смежных операционных циклов и их частей образуют временную структуру многооперационного технологического цикла. Продолжительность многооперационного технологического цикла существенно зависит от способа сочетания во времени операционных циклов и их частей, а также от определяемого вида движения партии деталей по операциям.

Существуют три вида движения партии деталей по операциям технологического процесса: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный. Сущность последовательного вида движения заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания изготовления всей партии деталей на предыдущей операции. При этом передача с одной операции на другую осуществляется целыми партиями. Продолжительность операционного технологического цикла обработки партии деталей определяется по формуле на основе графика

$$T_{опи} = n \cdot t_i / w_i$$

Преимуществом последовательного движения партии деталей является отсутствие перерывов в работе рабочих и оборудования на всех операциях. Однако этот вид движения имеет и существенные недостатки. Во-первых, детали пролеживают в течение длительного времени из-за перерывов партионности, свойственных данному виду движения, в результате чего создается большой объем незавершенного производства. Во-вторых, продолжительность технологического (производственного) цикла значительно увеличивается из-за отсутствия параллельности в обработке деталей. В связи с этим последовательное движение применяется преимущественно в единичном и мелкосерийном производствах, так как на таких предприятиях весьма широкая номенклатура изделий, а обработка деталей ведется небольшими партиями, что приводит к сокращению перерывов партионности и влияния их на продолжительность производственного цикла.

Сущность последовательно-параллельного движения заключается в том, что на каждом рабочем месте работа ведется без перерывов, как при последовательном движении, но вместе с тем имеет место параллельная обработка одной и той же партии деталей на смежных операциях. Передача деталей с предыдущей операции на последующую производится не целыми партиями ( $n$ ), а поштучно или транспортными партиями ( $p$ ). При построении графика данного вида движений деталей по операциям технологического процесса необходимо учитывать следующие виды сочетаний периодов выполнения смежных операций.

1. Если периоды выполнения смежных операций (предыдущей и последующей) одинаковые, то между ними организуется параллельная обработка деталей, которые передаются с предыдущей операции на последующую поштучно или небольшими транспортными партиями сразу же после их обработки.

2. Если продолжительность последующей операции меньше, чем предыдущей, то отсутствие простоев оборудования на последующей операции может быть обеспечено только после накопления перед ней известного запаса деталей, позволяющего эту операцию выполнять непрерывно

3. Если продолжительность последующей операции больше, чем предыдущей, то в этом случае транспортную партию ( $p$ ) можно передавать с предыдущей операции на последующую сразу же по окончании ее обработки.

Достоинством этого вида движения является отсутствие перерывов в работе рабочих и оборудования и значительное сокращение продолжительности технологического (производственного) цикла по сравнению с последовательным видом движения. Данный вид движения

позволяет вести работу большими партиями и при большой трудоемкости изготовления деталей, благодаря чему он широко используется в серийном и крупносерийном производстве, Сущность параллельного вида движений заключается в том, что детали с одной операции на другую передаются поштучно или транспортными партиями (р) немедленно после завершения обработки (независимо от времени выполнения смежных операций). При этом обработка деталей по всем операциям осуществляется непрерывно и пролеживание деталей исключено. Это значительно сокращает продолжительность технологического цикла и, следовательно, производственного.

При построении графика параллельного движения партии деталей по операциям необходимо учитывать следующие правила:

- 1 . Сначала строится технологический цикл для первой транспортной партии по всем операциям без пролеживания между ними.
2. На операции с самой большой продолжительностью строится операционный цикл обработки деталей по всей партии (п) без перерывов в работе оборудования.
3. Для всех остальных транспортных партий достраиваются операционные циклы.

Следует отметить, что и при параллельном виде движения партии деталей по операциям технологического процесса имеет место пролеживание, во-первых, до начала обработки на первой операции и после окончания обработки на последней операции и, во-вторых, пролеживание деталей внутри транспортной партии. При этом общее время пролеживания каждой детали в партии определяется по формуле

Преимущество этого вида движения состоит в том, что он обеспечивает наименьшую продолжительность технологического цикла и особенно, если процесс синхронизированный, а также равномерную загрузку рабочих и оборудования и высокую производительность труда. Данный вид движения применяется в серийном и массово-поточном производствах

### **производственного цикла сложного процесса**

Производственный цикл сложного (сборочного) процесса представляет собой общую продолжительность комплекса координированных во времени простых процессов, входящих в сложный процесс изготовления изделия или его партий.

В условиях машиностроительного (радиоэлектронного) производства наиболее характерными примерами сложного процесса являются процессы создания машины, телевизора, металлорежущего станка, ЭВМ или узлов, блоков, мелких сборочных единиц, из которых они состоят.

Производственный цикл сложного процесса включает производственные циклы изготовления всех деталей, сборку всех сборочных единиц, генеральную сборку изделия, контроль, регулировку и отладку. В сложном производственном процессе могут использоваться все рассмотренные выше виды движения предметов труда по операциям: последовательный, последовательно-параллельный и параллельный. Для условий единичного производства в единый цикл, как правило, включают не только процессы изготовления и сборки, но и процессы проектирования изделия и подготовки его производства.

Сложный производственный процесс обычно состоит из большого числа сборочных, монтажных, регулировочно-настроечных операций, операций простых процессов, поэтому определение и оптимизация производственного цикла требуют не только больших затрат времени, но и нередко применения ЭВМ для выполнения расчетов. Построение сложного производственного процесса во времени осуществляется для того, чтобы определить продолжительность производственного цикла, координировать выполнение отдельных простых процессов, получить необходимую информацию для оперативно-календарного планирования и расчета операции запуска-выпуска предметов труда. Целью координации производственных процессов, составляющих сложный процесс, является обеспечение комплектности и бесперебойности хода производства при полной загрузке оборудования, рабочих мест и рабочих.

Структура производственного цикла сложного процесса определяется составом операций и связей между ними. Состав операций зависит от номенклатуры деталей, сборочных единиц и технологических процессов их изготовления. Взаимосвязь операций и процессов обуславливается веерной схемой сборки изделия и технологией его изготовления.

Веерная схема сборки изделия показывает, какие узлы, подузлы или мелкие сборочные единицы можно изготавливать параллельно независимо друг от друга, а какие - только последовательно.

Так как изделия на сборку запускаются партиями, то прежде чем приступить к расчету продолжительности производственного цикла, необходимо определить следующие календарно-плановые нормативы: размер партии изделий; удобно-планируемый ритм; число партий, запускаемых в течение планового периода; время операционного цикла партии изделий; продолжительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам; количество рабочих мест, необходимых для изготовления изделий; построить цикловой график сборки изделий без учета загрузки рабочих мест; закрепить операции за рабочими местами; составить стандарт-план сборки изделий; построить уточненный цикловой график с учетом загрузки рабочих мест и определить продолжительность производственного цикла и опережения запуска-выпуска по сборочным единицам и деталям.

При решении вопроса о размерах партии необходимо исходить из экономически оптимального размера.

Работа большими партиями позволяет реализовать принципы партионности, что обеспечивает: а) возможность применения более производительного процесса, что снижает затраты на изготовление изделий; б) уменьшение подготовительно-заключительного времени, приходящегося на единицу продукции; в) сокращение потерь времени рабочих-сборщиков на освоение приемов работы (приноравливание к работе); г) упрощение календарного планирования производства.

Эти факторы способствуют росту производительности труда рабочих и снижению себестоимости продукции.

Однако в единичном и серийном производствах, где за каждым рабочим местом закрепляется выполнение нескольких операций и где преобладает последовательный вид движения предметов труда, с ростом размера партии повышается степень нарушения принципа непрерывности, поскольку увеличивается время пролеживания каждой сборочной единицы, т.

е. возрастает продолжительность производственного цикла изготовления партии изделий, число сборочных единиц, находящихся в заделе и на хранении (т. е. незавершенное производство). Кроме того, возрастает потребность в площадях для хранения изделий и в материальных ценностях, одновременно необходимых для производства.

Эти противоположные факторы, связанные с реализацией одного принципа (партионности) и нарушением другого принципа (непрерывности), с увеличением партии изделий требуют определения такого ее размера, при котором сочетание экономии от реализации первого принципа и потерь от нарушения второго, было бы наиболее рациональным с экономической точки зрения. Такой размер партии принято называть экономически оптимальным.

Определение оптимального размера партии изделий является одним из важнейших календарно-плановых нормативов при организации серийного производства, так как все остальные календарно-плановые нормативы устанавливаются на партию предметов труда. Формул для расчета оптимального размера партий изделий, основанных на сопоставлении экономии и потерь, предложено различными авторами много. Однако из-за большой трудоемкости расчетов эти формулы не получили широкого применения. На заводах обычно используют упрощенный метод расчета исходя из приемлемого коэффициента потерь рабочего времени на переналадку и текущий ремонт рабочих мест. Как правило, величину этого коэффициента принимают в пределах от 0,02 для крупносерийного и до 0,1 для мелкосерийного и единичного производств (или от 2 до 10%). Задаваясь для определенных производственных условий величиной данного коэффициента  $\alpha_{об}$ , можно определить число изделий в партии по формуле

$$N_{\min} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \cdot \sum_{i=1}^m t_{п.3i}}{\alpha_{об} \cdot \sum_{i=1}^m t_i}$$

Полученный результат рассматривается как минимальная величина партии изделий. За максимальную величину можно принять месячную программу выпуска изделий (сборочных единиц).

Таким образом, в результате проведенных расчетов устанавливаем пределы нормального размера партии изделий, которые корректируются исходя из минимального размера. Корректировка начинается с установления удобопланируемого ритма ( $Я_p$ ) - периода чередования партий изделий. Если в месяце 20 рабочих дней, то удобопланируемыми ритмами будут 20, 10, 5, 4, 2 и 1; если в месяце 21 день, то такими ритмами будут 21, 7, 3 и 1; и т.д.

Если по расчету получается дробное число, то из ряда удобопланируемых ритмов выбирают ближайшее целое число, т. е. принятое значение периода чередования ( $Я_{пр}$ ).

Далее в соответствии с принятым периодом чередования корректируем размер партии изделий по формуле

.Нормальный размер партии изделий должен быть кратным месячной программе выпуска (запуска) изделий. Число партий в месяц ( $X$ ) определяем по формуле

$$X = Л/в : Л/н$$

Продолжительность операционного цикла партии изделий по каждой операции ( $1_{пс}$ ) рассчитывается по формуле

$$t_{nci} = \frac{t_i \cdot N_H + t_{п.3i}}{60}$$

Продолжительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам определяется по формуле:

$$t_{c.ед} = \sum_{i=1}^k t_{nci}$$

где  $k$  – число операций, входящих в сборочную единицу

**Построение циклового графика сборки изделия "А"** без учета загрузки рабочих мест ведется на основе веерной схемы сборки и продолжительности циклов сборки каждой 1-й операции и каждой сборочной единицы). Как правило, такой график строится в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с последней операции, с учетом того, к какой операции поставляются сборочные единицы. Продолжительность цикла этого графика будет минимальной. Однако условия производства и ограниченные ресурсы требуют выполнения определенных работ последовательно, на одном и том же рабочем месте, стенде все это приводит к изменению циклового графика и, как правило, к смещению запуска на более ранние сроки и, как следствие, к увеличению продолжительности цикла.

Для достижения равномерности загрузки рабочих мест и рабочих-сборщиков необходимо закрепить операции за рабочими местами. С этой целью на каждое рабочее место набирается объем работ, продолжительность операционного цикла которых не должна превышать пропускную способность рабочих мест на протяжении принятого периода чередования.

**Построение стандарт-плана сборки изделия А** (циклового графика с учетом загрузки рабочих мест строится на основе графика без учета загрузки рабочих мест. При этом периоды выполнения отдельных операций графика должны были проецироваться на соответствующие рабочие места на графике В этом случае сохраняется продолжительность производственного цикла на графике, построенном без учета загрузки рабочих мест. Однако не всегда удается это осуществить. На этом же графике необходимо привести производство второй, третьей и последующей партий изделий до тех пор, пока не заполнится полностью период чередования партий изделий. Заполненный период чередования и представляет собой стандарт-план так как именно здесь показаны стандартные, повторяющиеся сроки проведения отдельных операций сборки каждым рабочим-

**построение уточненного циклового графика сборки изделия "А" и определение фактической продолжительности производственного цикла**, которая обычно немного больше минимальной, так как выполнение некоторых операций сдвинуто на более ранние сроки. Уточненный график сборки изделия "А" строится на основе предыдущих графиков, определяется фактическая продолжительность производственного цикла сборки партии изделий. Важным календарно-плановым нормативом является опережение запуска-выпуска сборочных единиц изделия А . Расчет этого норматива ведется непосредственно на самих графиках в третьей и четвертой колонках

Если к цикловому графику сборки пристроить графики заготовки и обработки деталей, то можно получить график изготовления изделия "А".

## 7. Производственная структура предприятия

В соответствии с содержанием производственного процесса как совокупности основных, вспомогательных и обслуживающих процессов производственного назначения на любом машиностроительном (радиоэлектронного приборостроения) заводе различаются основные, вспомогательные и побочные цехи и обслуживающие хозяйства. Их состав, а также формы производственных связей между ними принято называть **производственной структурой предприятия**

**Цех** - организационно обособленное подразделение предприятия, состоящее из ряда производственных и вспомогательных участков и обслуживающих звеньев. Цех выполняет определенные ограниченные производственные функции, обусловленные характером кооперации труда внутри предприятия. На большинстве промышленных предприятий цех является их основной структурной единицей. Часть мелких и средних предприятий может быть построена по бесцеховой структуре. В этом случае предприятие делится непосредственно на производственные участки. Некоторые наиболее крупные предприятия в организационно-административном отношении строятся по корпусной системе на основе объединения под единым руководством ряда цехов и хозяйств.

К цехам основного производства относятся цехи, изготавливающие основную продукцию предприятия. Это заготовительные (литейные, кузнечно-прессовые и др.); обрабатывающие (механической обработки деталей, холодной штамповки, термические и др.); сборочные (узловой сборки, генеральной сборки, монтажные, регулировочно-настроечные и др.) цехи.

К вспомогательным относятся цехи, которые способствуют выпуску основной продукции, создавая условия для нормальной работы основных цехов: оснащают их инструментом и приспособлениями, обеспечивают запасными частями для ремонта оборудования и проводят плановые ремонты, обеспечивают энергетическими ресурсами. Важнейшими из этих цехов являются инструментальные, ремонтно-механические, ремонтно-энергетические, ремонтно-строительные, модельные, штамповые и др. Число вспомогательных цехов и их размеры зависят от масштаба производства и состава основных цехов.

Побочные цехи - это такие, в которых изготавливается продукция из отходов основного и вспомогательного производства либо осуществляется восстановление использованных вспомогательных материалов для нужд производства, например цех производства товаров широкого потребления, цех регенерации формовочной смеси, масел, обтирочных материалов.

Подсобные цехи осуществляют подготовку основных материалов для основных цехов, а также изготавливают тару для упаковки продукции.

К обслуживающим хозяйствам производственного назначения относятся: складское хозяйство, включающее различные заводские склады и кладовые; транспортное хозяйство, в состав которого входят депо, гараж, ремонтные мастерские и необходимые транспортные и погрузочно-разгрузочные средства; санитарно-техническое хозяйство, объединяющее водопроводные, канализационные, вентиляционные и отопительные устройства; центральная заводская лаборатория, состоящая из лабораторий механической, металлографической, химической, пирометрической, рентгеновской и др. Все они выполняют работу по обслуживанию основных, вспомогательных и побочных цехов.

Наряду с производственной различают **общую структуру предприятия**. Последняя, кроме производственных цехов и обслуживающих хозяйств производственного назначения, включает различные общезаводские службы, а также хозяйства и предприятия, связанные с капитальным строительством, охраной окружающей среды и культурно-бытовым обслуживанием работников, например жилищно-коммунальное хозяйство, подсобное хозяйство, столовые, профилактории, медицинские учреждения, детские ясли, клубы и т. п.

Производственная структура предприятия формируется при его создании, а также в результате непрерывно осуществляемого на нем в последующем процесса организации. Она определяется большой совокупностью факторов, основными из которых являются конструктивные и технологические особенности производимой продукции; объемы выпуска по каждому виду продукции; формы специализации подразделений предприятия; формы кооперирования с другими предприятиями по выпуску конкретных видов продукции; нормативы численности и управляемости производственных подразделений и др.

Конструктивные особенности производимой продукции и технологические методы ее изготовления во многом определяют состав и характер производственных процессов, видовой состав технологического оборудования, профессиональный состав рабочих, что в свою

очередь обуславливает состав цехов и других производственных подразделений, а следовательно, и производственную структуру предприятия. Объем выпуска продукции влияет на дифференциацию производственной структуры, на сложность внутрипроизводственных связей между цехами. Чем больше объем выпуска продукции, тем, как правило, крупнее цехи предприятия и тем уже их специализация. Так, на крупных предприятиях в пределах каждой стадии производства может быть создано по нескольку цехов.

Наряду с объемом решающее влияние на производственную структуру оказывает номенклатура продукции. Именно от нее зависит, должны ли цехи и участки быть приспособлены для производства строго определенной продукции или более разнообразной. Чем уже номенклатура продукции, тем относительно проще структура предприятия.

Формы специализации производственных подразделений определяют конкретный состав технологически и предметно специализированных цехов, участков предприятия, их размещение и производственные связи между ними, что является важнейшим фактором формирования производственной структуры.

Экономически целесообразные формы кооперирования предприятия с другими предприятиями по выпуску различных видов продукции позволяют реализовывать часть производственных процессов вне данного предприятия и тем самым не создавать на предприятии часть тех или иных цехов и участков или обслуживающих хозяйств.

Нормативы численности и управляемости производственных подразделений, которые определяются количеством рабочих, занятых в цехах и на участках, существенно влияют на размеры предприятий, и, как следствие, на производственные структуры.

Производственная структура предприятия не может не изменяться в течение длительного времени, она динамична, так как на предприятиях всегда происходят: углубление общественного разделения труда, развитие техники и технологии, повышение уровня организации производства, развитие специализации и кооперирования, соединение науки и производства, улучшение обслуживания производственного коллектива. Все это вызывает необходимость ее совершенствования.

Структура предприятия должна обеспечивать наиболее правильное сочетание во времени и в пространстве всех звеньев производственного процесса.

Все многообразие производственных структур машиностроительных предприятий в зависимости от их специализации можно свести к следующим типам: заводы с полным технологическим циклом, располагающие всей совокупностью заготовительных, обрабатывающих и сборочных цехов; заводы механосборочного типа (с неполным технологическим циклом), располагающие ограниченным числом основных цехов и, как правило, получающие необходимые заготовки в порядке кооперирования со стороны; заводы сборочного типа, выпускающие готовые изделия из деталей и комплектующих, изготавливаемых на других предприятиях; заводы, специализированные на производстве заготовок, как правило, построенные на

принципах технологической специализации; заводы подетальной специализации, производящие отдельные детали, блоки, узлы, подузлы, сборочные единицы.

Производственная структура предприятия определяет разделение труда между его цехами и обслуживающими хозяйствами, т. е. внутривзаводскую специализацию и кооперирование производства, а также предопределяет межзаводскую специализацию производства.

## 8. Формы специализации основных цехов предприятия

Формы специализации основных цехов предприятий машиностроения (радиоэлектронного приборостроения) зависят от стадий, в которых происходят производственные процессы, а именно: заготовительной, обрабатывающей и сборочной. Соответственно специализация принимает следующие формы: технологическую, предметную или предметно-технологическую.

При технологической форме специализации в цехах выполняется определенная часть технологического процесса, состоящая из нескольких однотипных операций при весьма широкой номенклатуре обрабатываемых деталей. При этом в цехах устанавливается однотипное оборудование, а иногда даже близкое по габаритам. Примером цехов технологической специализации могут служить литейные, кузнечные, термические, гальванические и др.; среди механообрабатывающих цехов - токарные, фрезерные, шлифовальные и др. В таких цехах, как правило, изготавливается вся номенклатура заготовок или деталей, либо если это сборочный цех, то в нем собираются все изделия, выпускаемые заводом.

Технологическая форма специализации цехов имеет свои преимущества и недостатки. При небольшом разнообразии операций и оборудования облегчается техническое руководство и создаются более широкие возможности регулирования загрузки оборудования, организации обмена опытом, применения рациональных технологических методов производства (например, литье под давлением, кокильное и центробежное литье и т. д.). Технологическая форма специализации обеспечивает большую гибкость производства при освоении выпуска новых изделий и расширении изготавливаемой номенклатуры без существенного изменения уже применяемого оборудования и технологических процессов.

Однако эта форма специализации имеет и существенные недостатки. Она усложняет и удорожает внутризаводское кооперирование, ограничивает ответственность руководителей подразделений за выполнение только определенной части производственного процесса.

При использовании технологической формы специализации в заготовительных и обрабатывающих цехах складываются сложные, удлиненные маршруты движения предметов труда с неоднократным их возвращением в одни и те же цехи. Это нарушает принцип прямоточности, затрудняет согласование работы цехов и приводит к удлинению производственного цикла и, как следствие, к увеличению незавершенного производства.

По технологическому принципу преимущественно формируются цехи на предприятиях единичного и мелкосерийного производства, выпускающих разнообразную и неустойчивую номенклатуру изделий. По мере развития специализации производства, а также стандартизации и унификации изделий и их частей технологический принцип формирования цехов, как правило, дополняется предметным, при котором основные цехи создаются по признаку изготовления каждым из них определенного изделия либо его части.

Предметная форма специализации цехов характерна для заводов узкой предметной специализации. В цехах полностью изготавливаются закрепленные за ними детали или изделия узкой номенклатуры.

Заготовительный цех  
Цех  
корпусных деталей  
Цех  
плоских деталей  
Цех нормалей  
Цех  
крепежных  
деталей

**Рис. 6.3.** Схема формирования цехов по предметному принципу специализации

Для цехов с предметной формой специализации характерны разнообразные оборудование и оснастка, но узкая номенклатура деталей или изделий. Оборудование подбирается в соответствии с технологическим процессом и располагается в зависимости от последовательности выполняемых операций, т. е. используется принцип прямоточности. Такое формирование цехов наиболее характерно для предприятий серийного и массового производства.

Предметная форма специализации цехов, так же как и технологическая, имеет свои преимущества и недостатки. К первым можно отнести простое согласование работы цехов, так как все операции по изготовлению конкретного изделия (детали) сосредоточены в одном цехе. Все это приводит к устойчивой повторяемости производственного процесса, к повышению ответственности руководителя цеха за выпуск продукции в установленные сроки, требуемого количества и качества, к упрощению оперативно-производственного планирования, к сокращению производственного цикла, к уменьшению числа и разнообразия маршрутов движения предметов труда, к сокращению потерь времени на переналадку оборудования, к уменьшению межоперационного времени и ликвидации межцехового пролеживания, к созданию условий, благоприятных для внедрения поточных методов производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Опыт работы предприятий показывает, что при предметной форме специализации цехов, указанные выше преимущества приводят к повышению производительности труда рабочих и ритмичности производства, к снижению себестоимости продукции, росту прибыли и рентабельности и к улучшению других технико-экономических показателей.

Однако эта форма специализации имеет и некоторые весьма существенные недостатки. Научно-технический прогресс вызывает расширение номенклатуры выпускаемой продукции и увеличение разнообразия применяемого оборудования, а при узкой предметной специализации цехи оказываются не в состоянии выпускать требуемую номенклатуру изделий без дорогостоящей их реконструкции.

Создание цехов, специализированных на выпуске ограниченной номенклатуры предметов труда, целесообразно лишь при больших объемах их выпуска. Только в этом случае загрузка оборудования будет достаточно полной, а переналадка оборудования, связанная с переходом на выпуск другого объекта, не будет вызывать больших потерь времени. В цехах создается возможность осуществлять замкнутый (законченный) цикл производства продукции. Такие цехи получили

название предметно-замкнутые. В них иногда совмещаются заготовительная и обрабатывающая или обрабатывающая и сборочная стадии (например, механосборочный цех). Технологическая и предметная формы специализации в чистом виде используются довольно редко. Чаще всего на многих предприятиях машиностроения (радиоэлектронного приборостроения) применяют смешанную (предметно-технологическую) специализацию, при которой заготовительные цехи строятся по технологической форме, а обрабатывающие и сборочные цехи объединяются в предметно-замкнутые цехи или участки.

## 9. Производственная структура основных цехов предприятия

Под производственной структурой цеха понимают состав входящих в него производственных участков, вспомогательных и обслуживающих подразделений, а также связи между ними. Эта структура определяет разделение труда между подразделениями цеха, т. е. внутрицеховую специализацию и кооперирование производства.

**Производственный участок** как объединенная по тем или иным признакам группа рабочих мест представляет собой структурную единицу цеха, которая выделяется в отдельную административную единицу и возглавляется мастером при наличии в одну смену не менее 25 рабочих.

**Рабочее место**, являющееся первичным структурным элементом участка, - закрепленная за одним рабочим или бригадой рабочих часть производственной площади с находящимися на ней орудиями и другими средствами труда, в том числе инструментами, приспособлениями, подъемно-транспортным и иными устройствами соответственно характеру работ, выполняемых на данном рабочем месте.

В основу формирования производственных участков, так же как и цехов, может быть положена технологическая или предметная форма специализации.

При технологической специализации участки оснащаются однородным оборудованием (групповое расположение станков) для выполнения определенных операций технологического процесса. Так, механический цех может включать токарный, фрезерный, револьверный, сверлильный и другие участки.

При небольшом разнообразии операций и оборудования облегчается техническое руководство и создаются более широкие возможности регулирования загрузки оборудования, организации обмена опытом, применения рациональных технологических методов производства (например, литье под давлением, кокильное и центробежное литье и т. д.). Технологическая форма специализации обеспечивает большую гибкость производства при освоении выпуска новых изделий и расширении изготавливаемой номенклатуры без существенного изменения уже применяемого оборудования и технологических процессов.

Однако эта форма специализации имеет и существенные недостатки. Она усложняет и удорожает внутризаводское кооперирование, ограничивает ответственность руководителей подразделений за выполнение только определенной части производственного процесса.

При использовании технологической формы специализации в заготовительных и обрабатывающих цехах складываются сложные, удлиненные маршруты движения предметов труда с неоднократным их возвращением в одни и те же цехи. Это нарушает принцип прямоточности, затрудняет согласование работы цехов и приводит к удлинению производственного цикла и, как следствие, к увеличению незавершенного производства.

При предметной форме специализации цех разбивается на предметно-замкнутые участки, каждый из которых специализирован на выпуске относительно узкой номенклатуры изделий, имеющих схожие конструктивно-технологические признаки, и реализует законченный цикл их изготовления. Оборудование этих участков различное и располагается так, чтобы обеспечивалась более полная реализация принципа прямоточности движения закрепленных за участком деталей. В практической деятельности, как правило, выделяют три вида предметно-замкнутых участков:

- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно и технологически однородных деталей (например, участки шлицевых валиков, пинолей, втулок, фланцев, шестерен и т. п.);
- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно разнородных деталей, весь технологический процесс изготовления которых состоит, однако, из однородных операций и одинакового технологического маршрута (например, участок круглых деталей, участок плоских деталей и т. п.);
- предметно-замкнутые участки по производству всех деталей узла, подузла мелкой сборочной единицы или всего изделия (применяется некомплектная система оперативного планирования, в которой за планово-учетную единицу принимается узловый комплект).

Организация предметно-замкнутых участков обуславливает почти полное отсутствие производственных связей между участками, обеспечивает экономическую целесообразность использования высокопроизводительного специализированного оборудования и технологической оснастки, позволяет <получать минимальную продолжительность производственного цикла изготовления деталей, упрощает управление производством внутри цеха. Другие преимущества и недостатки

предметной формы специализации участков аналогичны преимуществам и недостаткам при формировании цехов по этой форме специализации.

В цехах предметной специализации могут быть созданы участки как предметной, так и технологической специализации, а в цехах технологической специализации - участки технологические, сформированные по группам оборудования и габаритам изделий.

Важной частью производственной структуры цеха является состав вспомогательных и обслуживающих подразделений. К ним относятся: участок ремонта оборудования и технологической оснастки, участок централизованной заточки инструмента. Эти участки разгружают вспомогательные цехи (ремонтно-механический, инструментальный и др.) от выполнения мелких заказов и срочных работ.

В состав обслуживающих структурных подразделений цехов основного производства входят: складские помещения (материальные и инструментальные кладовые), внутрицеховой транспорт (тележки, электрокары, конвейеры и др.) и пункты для осуществления технического контроля качества продукции, оснащенные контрольно-измерительной техникой.

Организационные формы поточных линий весьма разнообразны, поэтому целесообразно делить их на группы по классификационным признакам.

**1. По степени специализации** различают одно- и многопредметные поточные линии.

Однопредметные поточные линии, как правило, являются постоянно-поточными, для которых характерны: а) производство одного вида продукции в течение длительного периода времени до смены объекта производства на заводе; б) постоянно действующий, несменяемый технологический процесс; в) большой масштаб производства однотипной продукции.

Эти линии, как правило, применяются в условиях массового или крупносерийного производства.

Многопредметные поточные линии создаются в тех случаях, когда программа выпуска продукции одного вида не обеспечивает достаточной загрузки комплекта оборудования линии. В зависимости от метода чередования объекта производства многопредметные линии подразделяются на переменнo-поточные и групповые.

Переменно-поточная линия - это линия, на которой обрабатывается несколько конструктивно-однотипных изделий разного наименования, обработка ведется поочередно через определенный интервал времени с переналадкой рабочих мест (оборудования) или без их переналадки. В период изготовления предметов определенного наименования такая линия работает по тем же принципам, что и однопредметная.

Групповая линия - это линия, на которой обрабатывается несколько изделий разных наименований по групповой технологии и с использованием групповой оснастки либо одновременно, либо поочередно, но без переналадки оборудования (рабочих мест).

**2. По степени непрерывности** технологического процесса различают непрерывные и прерывные (прямоточные) линии.

Непрерывно-поточными могут быть как одно-, так и много-предметные поточные линии. На непрерывно-поточных линиях предметы труда с операции на операцию непрерывно передаются поштучно или небольшими транспортными партиями с помощью механизированных или автоматизированных транспортных средств (конвейеров) через одинаковый промежуток времени, равный такту или ритму потока. При этом время выполнения всех операций технологического процесса на данном рабочем месте должно быть равно или кратно такту (ритму). Такой технологический процесс принято называть синхронизированным.

Непрерывно-поточные линии используются на всех стадиях производства. Особенно большое распространение они получили в сборочных процессах, где преобладает ручной труд, поскольку его организационная гибкость позволяет разделить технологический процесс на операции, добиваясь полной синхронизации.

Прерывно-поточными также могут быть одно- и многопредметные поточные линии. Они создаются, когда отсутствует равенство или кратность длительности операций такту и полная непрерывность производственного процесса не достигается. Для поддержания непрерывности процесса на наиболее трудоемких операциях создаются межоперационные оборотные заделы.

Прерывно-поточные однопредметные линии наиболее широко применяются в механообрабатывающих цехах массового и крупносерийного производства, а прямоточные многопредметные - в механообрабатывающих цехах серийного и мелкосерийного производства.

**3. По способу поддержания ритма** различают линии с регламентированным и свободным ритмом.

Линии с регламентированным ритмом характерны для непрерывно-поточного производства. Здесь ритм поддерживается с помощью конвейеров, перемещающих предметы труда с определенной скоростью, или с помощью световой или звуковой сигнализации при отсутствии конвейеров.

Линии со свободным ритмом не имеют технических средств, строго регламентирующих ритм работы. Эти линии применяются при любых формах потока (непрерывной и прерывной), и соблюдение ритма в этом случае возлагается непосредственно на работников данной линии. Его величина должна соответствовать расчетной средней производительности за определенный период времени (час, смену).

**4. По виду использования транспортных средств** различают линии со средствами непрерывного действия (конвейерами), с транспортными средствами дискретного действия и линии без транспортных средств.

Линии с транспортными средствами непрерывного действия в зависимости от функций, выполняемых этими средствами, подразделяются на: линии с транспортным конвейером; линии с рабочим конвейером и линии с распределительным конвейером.

Транспортные конвейеры поточных линий (ленточные, пластинчатые, цепные, подвесные и др.) предназначены для транспортировки предметов труда и поддержания заданного ритма работы линии.

Рабочие конвейеры поточных линий являются не только транспортными средствами непрерывного действия, выполняющими функции транспортных конвейеров, но и представляют собой систему рабочих мест, на которых осуществляются технологические операции без снятия предметов труда.

Распределительные конвейеры применяются на поточных линиях с выполнением операций на стационарных рабочих местах (станках) и с различным числом рабочих мест -дублеров на отдельных операциях, когда для поддержания ритмичности необходимо обеспечить четкое адресование предметов труда по рабочим местам.

Линии с транспортными средствами дискретного действия в зависимости от разновидности этих средств могут быть подразделены на несколько видов. К транспортным средствам дискретного действия относятся: бесприводные (гравитационные) транспортные средства (рольганги, скаты, спуски и др.); подъемно-транспортное оборудование циклического действия (мостовые краны, монорельсы с тельферами, электротележки, электрокары и др.).

Линии без наличия транспортных средств - это линии с неподвижным предметом труда (как правило, при сборке крупных объектов).

**5. По характеру движения конвейера** различают линии с непрерывным и пульсирующим движением конвейера.

Линии с непрерывным движением конвейера создаются в тех случаях, когда по условию технологического процесса операции должны выполняться во время движения рабочего конвейера без снятия предметов труда с рабочих мест или операции должны выполняться на стационарных рабочих местах (транспортный конвейер).

Линии с пульсирующим движением конвейера создаются в тех случаях, когда по условию технологического процесса операции должны выполняться при неподвижном объекте производства на рабочем конвейере. В этом случае привод конвейера включается автоматически через заданный интервал времени только на время, необходимое для перемещения изделий на следующую операцию.

**6. По уровню механизации** процессов различают автоматические и полуавтоматические поточные линии.

Автоматические поточные линии характеризуются объединением в единый комплекс технологического и вспомогательного оборудования и транспортных средств, а также автоматическим централизованным управлением процессами обработки и перемещения предметов труда. На этих линиях все технологические, вспомогательные и транспортные процессы полностью синхронизированы и действуют по единому такту (ритму).

Полуавтоматические поточные линии агрегатированы из специальных станков-полуавтоматов (с последовательным, последовательно-параллельным и параллельным агрегатированием).

## 11. Выбор, обоснование и компоновка поточных линий

Основанием для выбора вида поточной линии, как правило, служит тип производства и технологический процесс изготовления продукции. Если тип производства массовый или крупносерийный, целесообразно выбрать однопредметную поточную линию, так как выпуск продукции одного наименования будет значительным, а это позволит обеспечить достаточно высокую загрузку всех рабочих мест. Если же тип производства серийный или мелкосерийный, то, как правило, выбирают многопредметную поточную линию, так как выпуск продукции одного наименования не позволяет обеспечивать полную загрузку всех рабочих мест линии.

После того, как сделан выбор поточной линии (однопредметной или многопредметной) на основании технологии и номенклатуры изготавливаемой продукции, устанавливается степень непрерывности. Она определяется исходя из сопоставления времени выполнения отдельных операций технологического процесса и такта потока. Если их отношение равно или кратно (допускается отклонение в пределах 5-7 %), то технологический процесс считается синхронизированным и выбирается непрерывно-поточная линия (одно- или многопредметная непрерывно-поточная). Если же процесс не синхронизирован, то выбирают прерывно-поточную линию (одно- или многопредметную).

Условие синхронизации технологического процесса можно записать следующим образом:

При обосновании вида поточной линии особое внимание уделяется возможности превращения прерывно-поточного производства в непрерывно-поточное путем проведения синхронизации. Основными направлениями синхронизации операций на поточных линиях обрабатывающих цехов являются рационализация операций и изменение режимов обработки.

Синхронизация операций путем повышения режимов резания, как правило, требует дополнительных затрат на инструмент, оснастку, а также на амортизацию оборудования. В то же время это обеспечивает снижение затрат на заработную плату, экономию оборотных средств за счет исключения оборотных заделов и сокращение накладных расходов.

Синхронизация операций может быть достигнута также за счет снижения режимов резания на отдельных операциях до необходимого уровня. В результате этого увеличивается машинное время ( $T_m$ ), а следовательно, и штучное время, которое может быть доведено до величины, равной или кратной такту потока. Увеличение доли машинного времени повышает возможность внедрения многостаночного обслуживания, что может дать экономию на заработной плате, поскольку расценка на изготавливаемое изделие возрастает непропорционально увеличению числа обслуживаемых станков.

Основным направлением синхронизации на поточных линиях сборочных производств является деление технологического процесса на операции, по продолжительности равные или кратные такту потока.

В зависимости от номенклатуры выпускаемых изделий и технологии их изготовления выбираются: многопредметные непрерывно-поточные линии с последовательным изготовлением (переменно-поточные) или с параллельным изготовлением (многорядные) либо групповые, если технологический процесс изготовления изделий разного наименования синхронизирован и при переходе с изготовления одного изделия определенного наименования на изготовление другого изделия не требуется переналадка оборудования; многопредметные прерывно-поточные линии (переменно-поточные или групповые), если процессы изготовления изделий не синхронизируются. После выбора вида поточной линии определяют тип оборудования и транспортных средств.

Выбор типа технологического оборудования для формирования поточной линии предопределяется характером технологического процесса, составом, сложностью и назначением входящих в него операций, габаритами, массой изготавливаемого изделия и требованиями, предъявляемыми к его качеству. При выборе транспортных средств поточно-механизированного и автоматизированного производства учитывают конфигурация, габаритные размеры, масса, особенности выполнения операций и их синхронизация, объем и постоянство выпуска изделий, а также функции, выполняемые транспортными устройствами и системами, их технические и эксплуатационные возможности.

Исходя из многообразия указанных факторов при формировании поточных линий могут быть использованы средства периодического транспорта - мостовые краны, монорельсы с тельферами, электротележки, электрокары и др.; бесприводные средства непрерывного транспорта - рольганги, скаты, спуски и др.; приводные средства непрерывного транспорта - ленточные, пластинчатые, цепные, подвесные и другие транспортеры (конвейеры);

роботизированные транспортные средства- роботы-манипуляторы, роботы-электрокары, различные транспортно-накопительные автоматизированные системы. После выбора технологического оборудования и вида транспортных средств производится компоновка поточной линии. При этом желательно добиваться прямолинейного расположения оборудования, если позволяют производственные площади и тип выбранных (разработанных) транспортных средств. При отсутствии достаточных площадей нередко целесообразны компоновки с Г- и П-образными, зигзагообразными или кольцеобразными внешними контурами. Расположение оборудования у транспортного средства в два ряда или в шахматном порядке позволяет более рационально использовать производственную площадь цеха и экономить средства за счет применения транспортных средств (конвейеров) меньшей длины. Выбор рациональной структуры и компоновка являются важной предпосылкой разработки оптимальных планировок поточных линий.

Оценка оптимальности варианта планировки линии производится по таким технико-экономическим показателям, как доля площади, занятой непосредственно технологическим оборудованием, выпуск продукции на 1 м<sup>2</sup> производственной площади, длина пути, проходимого за смену рабочими при обслуживании ими нескольких единиц оборудования, и др. Достаточно рациональные компоновки и планировки поточных линий получаются при использовании макетов моделей рабочих мест (двумерные контуры оборудования, мест складирования, оргоснастки и др.). Моделирование поточных линий на ЭВМ обеспечивает выбор их рациональных компоновок и планировок по принятому критерию оптимизации.

## 12. Особенности организации однопредметной непрерывно-поточной линии

Организация однопредметной непрерывно-поточной линии (ОНПЛ) - наиболее совершенная форма организации поточного производства, при которой: а) нормы времени выполнения операций равны или кратны такту (ритму); б) предметы труда перемещаются с одного рабочего места на другое без пролеживания (параллельный вид движения); в) каждая операция закреплена за определенным рабочим местом (узкая специализация рабочих мест); г) рабочие места расположены в порядке последовательности рабочего процесса (принцип прямооточности).

Если продолжительность каждой операции равна такту (при поштучной передаче) или ритму (при передаче партиями), то на каждой операции достаточно одного рабочего места и изделия через один и тот же интервал времени будет передаваться с предыдущей операции на последующую. Если же продолжительность операции кратна такту, то на параллельно работающих рабочих местах каждой операции будет обрабатываться одновременно несколько изделий, поступающих в определенной последовательности.

Основными календарно-плановыми нормативами однопредметных непрерывно-поточных линий являются:

- такт или ритм потока;
- число рабочих мест по операциям и по всей поточной линии;
- период конвейера и система адресования;
- длина ленты конвейера;
- скорость движения ленты конвейера и пропускная способность поточной линии;
- величина заделов и незавершенное производство;
- мощность, потребляемая конвейером;
- продолжительность производственного цикла.

**Расчет такта (ритма) потока.** Для расчета этого норматива поточной линии прежде всего должны быть определены: программа запуска продукции на линию за рассчитываемый период (месяц, сутки, смена); фактический (эффективный) фонд времени работы оборудования за этот же период; нормы времени на выполнение каждой операции.

Программа запуска рассчитывается для того, чтобы учесть отсев продукции на технологические потери (изготовление пробных деталей при наладке оборудования) или по причине брака.

Если нормы времени на операциях равны или кратны такту, то при расчете количество рабочих мест равно целому числу. Если же процесс не полностью синхронизирован, то в результате расчета число рабочих мест получается дробным. После соответствующего анализа его необходимо округлить в большую или меньшую сторону до целого числа. Это будет принятое число рабочих мест на каждой /-и операции ( $C_{пр}$ ). Перегрузка допускается в пределах 5-6 %.

**Определение периода конвейера и системы адресования.** При организации непрерывно-поточного производства строго должен выдерживаться режим, заключающийся в подаче изделий на рабочие места равными партиями через равные промежутки времени. Это условие выполняется в том случае, если в качестве транспортных средств используются транспортные, рабочие и распределительные конвейеры. Остановимся более подробно на применении распределительного конвейера. В этом случае операции выполняются в нестационарных рабочих местах. Изделия снимаются с конвейера и по окончании операции возвращаются на него. Рабочие места располагаются вдоль конвейера с одной или двух его сторон. Изделия равномерно размещаются на несущей части конвейера на участках ленты, отмеченных знаками, например цветными флажками, буквами или цифрами. Минимальный комплект разметочных знаков на линии соответствует наименьшему общему кратному (НОК) числа рабочих мест на всех операциях линии и называется периодом распределительного конвейера ( $\Pi$ ). Период конвейера используется для адресования изделий на рабочие места. Лента размечается так, чтобы период в общей длине ленты укладывался целое число раз. Каждый разметочный знак проходит мимо каждого рабочего места через один и тот же интервал времени, равный такту ( $\Gamma_{н.л}$ ), умноженному на число разметочных знаков в периоде ( $\Pi$ ), т. е. через  $\Gamma_{п} = \Gamma_{ал} \cdot \Pi$ .

После разметки ленты конвейера разметочные знаки закрепляются за рабочими местами. Это производится в соответствии с продолжительностью выполнения каждой операции

Наиболее удобные периоды 6, 12, 24, 30. При больших периодах рекомендуется вводить двухрядную (дифференцированную) разметку, применяя два комплекта разметочных знаков

(например, цифровой и цветовой), каждый из которых действует не для всех операций, а только для определенной их группы.

После расчета периода конвейера, разметки ленты и закрепления разметочных знаков за рабочими местами определяют рабочую и полную длину ленты конвейера.

На ОНПЛ с применением пульсирующего или рабочего конвейера транспортный задел совпадает с технологическим.

Резервный (страховой) задел создается на наиболее ответственных и нестабильных по времени выполнения операциях, а также на контрольных пунктах. Этот задел находится в той стадии технологической готовности, которая соответствует данной операции, и должен восполнять недостаток деталей при отклонении от заданного такта на каждой операции. Величина этого задела ( $2^i$ , шт.) устанавливается на основе анализа вероятности отклонения от заданного такта работы на данном рабочем месте (в среднем 4-5% сменного задания) или может быть рассчитана по выражению

Величина незавершенного производства на ОНПЛ в нормо-часах (без учета затрат труда в предыдущих цехах) рассчитывается по формуле

#### **Расчет продолжительности производственного цикла.**

Для ОНПЛ продолжительность производственного цикла определяется графически, для чего составляется стандарт-план работы линии, а также аналитически (расчет ведется по формулам).

Продолжительность производственного цикла - это период от поступления предмета труда на первую операцию поточной линии до его выхода с нее. Стандарт-план определяет способ и период передачи деталей с операции на операцию (по одной детали или транспортными партиями, через такт или через несколько тактов). Он составляется на такой период, который достаточен для выявления повторяемости процесса производства на данной линии.

Расчет продолжительности производственного цикла аналитическим способом (по формулам) ведется в зависимости от движения предметов труда перед первой и после последней операций. Если обработка изделия начинается непосредственно с первого рабочего места и без лишнего движения после последней операции, продолжительность ( $t_{ц}$ , мин) цикла определяется по формуле:

$$t_{ц} = Z_{ср.об.} \cdot i'$$

### **13. Особенности организации однопредметной прерывно-поточной линии**

Однопредметные прерывно-поточные линии (ОППЛ) широко применяются в механообрабатывающих цехах массового и крупносерийного производств, а также в сборочных цехах, если работа связана с использованием оборудования или если на некоторых промежуточных операциях появляется брак. Во всех этих случаях технологические операции не синхронизированы. Вследствие неравенства или не кратности операций такту (ритму) на таких линиях невозможно достигнуть непрерывности обработки предметов, работы оборудования и рабочих-операторов. Из-за нарушения непрерывности производственного процесса необходимо создавать межоперационные оборотные заделы (что служит показателем прерывности). Кроме того, это приводит к простоям оборудования.

Движение предметов труда на ОППЛ осуществляется параллельно-последовательно. На каждой операции обработка определенного числа предметов труда ведется непрерывно, а на следующие операции они подаются частями (транспортными партиями), чаще всего поштучно, по бесприводным транспортным средствам (скатам, склизам, желобам, рольгангам), работающим со свободным ритмом. При значительных расстояниях между рабочими местами или при большой массе предметов труда могут применяться распределительные конвейеры. После окончания обработки определенного числа предметов труда на одной операции рабочий переходит к другой операции/Время, в течение которого повторяется изготовление определенного числа предметов на всех операциях, принято называть периодом оборота или обслуживания поточной линии (Тобс):

Для того чтобы свести к минимуму наличие оборотных заделов, а также время простоев оборудования и рабочих, необходимо установить наиболее целесообразный регламент работы линии. С этой целью определяются следующие календарно-плановые нормативы:

- укрупненный такт (ритм) поточной линии;
- число рабочих мест по операциям и по всей поточной линии;
- стандарт-план работы поточной линии;
- размер и динамика движения межоперационных оборотных заделов;

• продолжительность производственного цикла.

**Расчет укрупненного такта (ритма) поточной линии** ведется по формуле, аналогичной формуле определения такта для ОНПЛ

$$r = F_d / N$$

Однако здесь имеются некоторые особенности. Во-первых, ОППЛ, как правило, работает со свободным тактом (ритмом), поэтому в эффективный фонд времени работы линии не включаются регламентированные перерывы. Во-вторых, при наличии брака по некоторым промежуточным операциям технологического процесса определяются своя программа запуска свой такт (ритм) по каждой операции.

**Расчет числа рабочих мест по каждой операции и по всей поточной линии.** Число рабочих мест (единиц оборудования) для ОППЛ по каждой операции и по всей поточной линии, а также коэффициент их загрузки определяются так же, как и для ОНПЛ.

$$k_{з.oi} = 100 \frac{w_{i \text{ рас}}}{w_{i \text{ фак.}}}$$

При этом средневзвешенный коэффициент загрузки оборудования на ОППЛ не должен быть ниже 0,75.

Явочная численность производственных рабочих-операторов на ОППЛ определяется по стандарт-плану с учетом режима работы линии, последовательного и параллельного много-станочного обслуживания. Списочная численность рассчитывается

$$P_{\text{общ}} = w_{\text{общ}} * f$$

**Построение стандарт-плана однопредметной прерывно-поточной линии.** Стандарт-план ОППЛ составляется на период оборота ( $T_{об}$ ). Работа по этому плану повторяется до тех пор, пока действует данная производственная программа.

Период оборота - важный параметр прерывно-поточной линии, от выбора которого зависят такие показатели, как использование оборудования и времени работы рабочих, размеры заделов и др.

Подобные соображения требуют оптимизации величины периода оборота. Для расчета этой величины предложен ряд формул, однако из-за большой трудоемкости они не получили широкого практического применения. В этой связи, как правило, в практической деятельности за величину периода оборота на ОППЛ принимается одна смена ( $T = 480$  мин) или полсмены ( $T = 240$  мин). В этом случае  $P_{см} - T = T_{пр} \cdot M_{зсм}$  и работа на линии повторяется из смены в смену. Таким образом, прежде чем перейти непосредственно к построению стандарт-плана, необходимо определить период оборота линии, рассчитать программу выпуска (запуска, если имеет место брак на отдельных операциях) на данный период времени (смену, полсмены, сутки) и такт (ритм) потока.

Стандарт-план поточной линии строится в виде таблицы. В этой таблице записываются все операции технологического процесса и нормы времени их выполнения; проставляется такт (ритм) потока и определяется необходимое число рабочих мест по каждой операции (расчетное и принятое) и в целом по линии; закрепляются номера за рабочими, местами и определяется загрузка рабочих мест (в процентах и минутах); строится график работы оборудования по каждой операции и рассчитывается потребное количество производственных рабочих на каждой операции; строится график регламентации труда по линии и распределяется загрузка между производственными рабочими путем подбора работ; рассчитывается окончательная численность производственных рабочих, которым присваиваются условные знаки или номера и устанавливается порядок обслуживания рабочих мест.

**Методика расчета межоперационных оборотных заделов на ОППЛ.** Как правило, на ОППЛ образуются заделы четырех видов: технологические, транспортные, страховые и межоперационные оборотные. Однако три первых вида такие же, как и на ОНПЛ. И методика их расчета аналогична. Четвертый вид задела - межоперационный оборотный - это количество предметов труда, предназначенных для выравнивания производительности на смежных операциях и находящихся на рабочих местах в ожидании Процесса обработки. Оборотные заделы позволяют организовать непрерывную работу на рабочих местах в течение более или менее продолжительного времени. Характерной чертой оборотных заделов является изменение их величины на протяжении часа, смены, полсмены (периода оборота) от нуля до максимальной величины. Размеры их, как правило, настолько велики, что весь расчет заделов на таких линиях сводят к расчету только межоперационных оборотных заделов, пренебрегая сравнительно небольшой частью трех первых заделов. Расчет межоперационных оборотных

заделов производится по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций. Для этого весь период оборота разбивается на части (частные периоды), каждая из которых характеризуется неизменным числом работающих единиц оборудования на смежных операциях. Размер оборотного задела между двумя смежными операциями на каждом частном периоде ( $T$ ) определяется по формуле

$$Z_{об} = \frac{T \cdot w_{ППi}}{t_i} - \frac{T \cdot w_{ППi} + 1}{t_i + 1},$$

где  $T$  - частный период работы, мин;

$W$  - число единиц оборудования или число рабочих мест на смежных операциях в течении частного периода  $T$ ;

$t_i, t_{i+1}$  - норма времени на смежных операциях.

Расчетная величина  $z$  может быть положительной или отрицательной. Положительная величина задела свидетельствует об увеличении его за период  $T$ , отрицательная - говорит об уменьшении. После расчета величины оборотного задела в каждом из частных периодов между смежными операциями на одном из этих отрезков задел будет иметь максимальное значение. Это значение принимается для отсчета и построения графика изменения оборотного задела между двумя смежными операциями. Расчет межоперационного задела рекомендуется производить в табличной форме. На самом стандарт-плане или выделив из него все элементы, необходимые для расчета межоперационных оборотных заделов, между каждой парой смежных операций устанавливаются частные периоды, в течение которых работает неизменное число единиц оборудования. Например, такими частными периодами между 1-й и 2-й операциями являются:  $T^1 T_2$  и  $T_2$ , между 2-й и 3-й -  $T^2$  и  $T_2$  и т. д.. Далее исходя из загрузки рабочих мест определяется продолжительность каждого частного периода, величина которой вписывается в гр. 2 табл В гр. 3 данной таблицы исходя из норм времени на выполнение смежных операций и числа единиц оборудования по приведенной выше формуле определяется величина оборотного задела по каждому частному периоду. После этого строится график движения оборотного задела (эпюры заделов) по каждой паре смежных операций за период оборота линии. На графике указываются величина максимального оборотного задела между каждой парой смежных операций и величина межоперационного оборотного задела на начало периода оборота.

#### **14. Особенности организации многопредметной непрерывно-поточной линии**

Характерной особенностью многопредметной непрерывно-поточной линии (МНПЛ) является более широкая их специализация по сравнению с ОНПЛ. На каждой МНПЛ изготавливается, как правило, несколько технологических родственных видов продукции, а на каждом рабочем месте выполняется несколько деталей операций.

В зависимости от метода чередования изготавливаемой продукции МНПЛ подразделяются на групповые с последовательным чередованием и переменнo-поточные (с последовательно-партионным чередованием).

Групповой называют линию, на которой технологически родственные изделия обрабатываются без переналадки оборудования. Каждое рабочее место оборудуется групповыми приспособлениями, необходимыми для обработки закрепленной за линией группы изделий. Станки размещаются в соответствии с последовательностью технологического маршрута. Технологические процессы изготовления всех закрепленных за линией изделий полностью синхронизированы.

Иногда для достижения полной синхронизации технологического процесса укрупняется такт потока путем комплектования деталей (узлов и др.).

В организационном отношении групповые непрерывно-поточные линии работают так же, как ОНПЛ.

Переменно-поточной называют линию, на которой чередующимися партиями непрерывно обрабатываются или собираются изделия разных наименований либо типоразмеров. При переходе от партии одних изделий к партии других обязательна переналадка оборудования. Это связано с различием применяемых технологии и технологической оснастки при обработке изделий различных наименований. В каждый период времени на линии изготавливается изделие только одного наименования. Технологические процессы всех изготавливаемых изделий синхронизированы.

В основе организации и расчета МНПЛ лежат общие принципы организации поточного производства с учетом специфики, обусловленной серийностью производства. В частности, для них характерны: анализ и конструктивно-технологическая классификация изделий для закрепления их за линией. За линией могут быть закреплены изделия, идентичные сточки зре-

ния состава, последовательности и трудоемкости операций. В этом случае предметы труда можно чередовать на линии в любом порядке, любыми партиями и даже через каждую штуку. Могут быть закреплены изделия, имеющие различия по составу, последовательности и трудоемкости операций. В этом случае организовать производство значительно сложнее. Закрепленные за линией изделия могут иметь и другие отличия, например, по программе выпуска, по технологическому оснащению по суммарной трудоемкости и т. д. В связи с этим весь режим работы МНПЛ с последовательно-партионным чередованием определяется расчетом двух групп календарно-плановых нормативов.

**Расчет календарно-плановых нормативов первой, группы.** К этой группе относятся:

- частный такт (ритм) выпуска  $T$  Но наименования изделия
- общее число рабочих мест на линии ( $C_{\text{лн}}$ );
- частная скорость движения конвейера ( $U_{\text{лн}}$ ).

Эти календарно-плановые нормативы определяются по аналогии с календарно-плановыми нормативами ОНПЛ. Однако в зависимости от степени сходства конструктивно-технологических признаков изделий, объединяемых на поточной линии, появляются варианты переменнопоточных линий, особенности которых необходимо учитывать при расчете указанных нормативов. Здесь можно рассмотреть несколько случаев.

За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоемкостью ( $T_A = T_B = \dots = T_i$ ). В этом случае все изделия будут изготавливаться с одинаковым тактом/ритмом), скоростью движения конвейера и на одинаковом числе рабочих мест,

За линией закреплены изделия с различной суммарной трудоемкостью. В этом случае возможны три разновидности расчета<sup>^</sup>.

1. Суммарная трудоемкость различна на одной или нескольких операциях производства изделий, закрепленных за поточной линией ( $T_A * T_B = T_B$ ).

В этом случае целесообразно установить, при переходе от одного изделия к другому число рабочих мест изменять по тем операциям, суммарная трудоемкость которых различна, а такт поточной линии и скорость движения конвейера оставлять постоянными для изготовления всех закрепленных за линией изделий.

2. Суммарная трудоемкость различна на большинстве или на всех операциях производства изделий. Целесообразно установить переменный такт, скорость движения конвейера, а число раб мест оставить постоянным.

При переходе от 1-го изделия к другому рекоменд-ся изменить такт и скорость движения конвейера.

3. Суммарная трудоемкость различна на всех операциях, а изделия мелкие, легкие. Целесообразно установить постоянное число раб мест и скорость движения конвейера, такт оставить переменным.

Это достигается с помощью разных размеров транспортных партий.

**Расчет календарно-плановых нормативов второй группы.** К этой группе относятся:

- размер партий изделий  $i$ -го наименования ( $n_i$ );
- периодичность (ритмичность) чередований партии изделий  $i$ -го наименования ( $R_{\text{чвр}} u$ );
- продолжительность производственного цикла обработки партии изделий  $i$ -го наименования

При расчете размера партии изделий каждого наименования учитывается величина средней продолжительности простоя каждого раб места.

При переходе партии 1-го изделия на партию другого изделия, величина простоев зависит от формы организации сменв объектов на поточной линии.

Различают 2 формы:

1. Все запущенные в данной партии предметы выпускаются без образования переходящих заделов. В этом случае  $P_p$  состоит из двух слагаемых: времени собственной переналадки рабочих мест ( $G_n$ ) и конвейера и времени ожидания рабочими местами вновь запущенного экземпляра очередной партии изделия.

2. из партии изделий  $i$ -го наименования на всех раб местах образуется переходящий задел (изделия на разных стадиях готовности). Произ-во партии изделий  $i+1$  наименования может начинаться одновременно на всех раб местах с использов-ем переходящего запаса.

**Построение стандарт-плана МНПЛ.** Стандарт-план МНПЛ разрабатывается на период, равный наиболее продолжительному периоду чередования (ритму), но обычно не более чем на месяц. Стандарт-план поточной линии показывает чередование изделий на линии, время

занятости линии изготовлением изделия  $y'$ -го наименования, режим работы линии в те периоды, когда она работает с частными значениями  $\Gamma_{\text{пп}}$ ,  $C_m$  и  $Y_{\text{пп}}$ .

Величина заделов и незавершенного производства МППЛ определяется так же, как и для ОППЛ.

### **15. Особенности организации многопредметной прерывно-поточной линии**

Как правило, многопредметные прерывно-поточные линии (МППЛ) применяются в серийном производстве, в частности в заготовительных и обрабатывающих цехах машиностроительных и радиотехнических предприятий. Хотя довольно часто их применяют и в сборочных цехах, если операции сборки осуществляются не вручную, а с помощью технических средств, или при наличии брака по некоторым операциям технологического процесса.

Организационные формы МППЛ весьма разнообразны и поэтому целесообразна их классификация. В самом общем виде в зависимости от метода чередования объектов производства МППЛ подразделяются на групповые с последовательным чередованием изделий и переменнo-поточные с последовательно-партионным чередованием изделий.

При организации групповых МППЛ режим запуска и выпуска различных объектов по оборотам не регламентируется. Состав операций технологического процесса, последовательность выполнения операций, нормы штучного времени для всех общих операций и по всем объектам конкретного наименования одинаковые.

Число станков (рабочих мест) и технологическое оснащение для всех объектов производства одинаковые, и не требуется переналадка оборудования. Такт выпуска объектов устанавливается одинаковый усредненный для всей номенклатуры изделий. Ритм (период чередования) партий и изделий не устанавливается. Программа запуска рассчитывается на период оборота линии, как и для ОППЛ.

Организация групповых линий с последовательным чередованием изделий весьма близка к организации ОППЛ. Сложность организации таких линий заключается в подборе соответствующей номенклатуры изделий.

При организации переменнo-поточных линий с последовательно-партионным чередованием период производства партии изделий  $i$ -го наименования делится на несколько периодов оборота линии; в каждый период оборота изготавливается один объект. Состав операций технологического процесса для всех объектов производства может быть одинаковым, но может быть и различным по нескольким операциям.

Последовательность операций технологического процесса для всех объектов производства сохраняет прямоточность.

Нормы штучного времени могут быть одинаковыми, а могут быть и различны по одной или нескольким общим операциям либо различны по всем общим операциям (причем различие по всем общим операциям - одностороннее: либо все увеличиваются, либо все уменьшаются, и двухстороннее), а также может быть различие по одной общей операции.

Технологическое оснащение:

- а) разное для различных объектов, при этом требуется переналадка;
- б) одинаковое или разное по отдельным объектам, в таком случае переналадка требуется или нет.

За рабочими местами может закрепляться одна или несколько операций для каждого объекта производства.

Номенклатура изделий имеет 8-10 наименований, значительно сходных по конфигурации, но различных по габаритам, детали относятся к разным изделиям с разной программой выпуска.

Для всех объектов устанавливаются:

- а) одинаковый средний такт и частные ритмы выпуска партии изделий;
- б) частные такты и частные ритмы; в) одинаковые такты и частные ритмы.

Число рабочих мест (станков) для всех объектов производства может быть одинаковое или различное.

МППЛ с последовательно-партионным запуском можно выбрать в том случае, если имеет место типовой технологический процесс с одинаковой последовательностью операций обработки для всех предметов определенного наименования на линии с унифицированным технологическим оснащением по однотипным операциям. Для таких линий, как правило, устанавливают поштучную передачу деталей (изделий) от операции к операции и цепное расположение оборудования (рабочих мест).

Аналогично МНПЛ на МППЛ с последовательно-партионным чередованием также рассчитываются две группы календарно-плановых нормативов.

**Расчет календарно-плановых нормативов первой группы.** К этой группе относятся:

- частный такт выпуска изделия  $i$ -го наименования ( $z$  мин/шт или ритм ( $R_i$ ), мин/партию);
- число станков (рабочих мест) по каждой операции, по всей! номенклатуре предметов труда, объединенных на поточной; линии ( $C_{пр-л}$ ).

Календарно-плановые нормативы первой группы устанавливают режим работы поточной линии в те моменты времени, когда она работает как ОППЛ.

В соответствии с классификацией многопредметных прерывно-поточных линий все их разновидности с точки зрения методики определения календарно-плановых нормативов первой группы можно свести к трем случаям.

**Первый случай.** На МППЛ объединяются предметы труда, одинаковые по составу и последовательности технологического процесса, с равным штучным временем для всех общих операций по всем объектам, с одинаковым технологическим оснащением всех объектов (не требуется переналадка оборудования). Исходя из классификации МППЛ это будет групповая линия с последовательным чередованием изделий. В таком случае все изделия (детали) изготавливаются с одинаковым средним тактом выпуска и число рабочих мест по каждой операции будет одинаковым.

В этом случае режим запуска деталей (изделий) различных наименований не регламентируется, т. е. после одного или нескольких периодов оборота ( $\Gamma_0$ ) линии по обработке детали  $i$ -го наименования на один или несколько периодов запускаются детали  $i$ -го наименования. Стандарт-план составляется на один период оборота линии одинаковый для деталей всех наименований аналогично тому, как это делается для ОППЛ.

Очередность запуска и число периодов оборота линии по обработке деталей каждого наименования могут определяться, например, потребностью в тех или иных деталях в данный момент или наличием заготовок. Хотя этот вид линий и не требует изготовления объектов партиями, желательно в течение каждого периода оборота обрабатывать на линии детали одного наименования. Это упрощает комплектование деталей на сборку, комплектование оборотных заделов, учет выработки и т. д.

**Второй случай.** На МППЛ изготавливаются изделия, имеющие одинаковые (или различные по одной операции или небольшому количеству операций) состав и последовательность тех-

нологических операций, равные (или различные по одной-двум общим операциям) значения штучных норм времени, одинаковое или различное технологическое оснащение, не требующее или требующее переналадки. Исходя из классификации это будет МППЛ с последовательно-партионным чередованием наименований изделий (переменно-поточная). В этом случае изготовление всех изделий каждого наименования будет вестись с равными значениями среднего такта выпуска и одинаковым числом рабочих мест или различным на каждой операции. При равных значениях среднего такта потока и числа рабочих мест их величины определяются также как и в первом случае, а при различном числе рабочих мест их значение рассчитывается по формуле

### (8.60)

При последовательно-партионном чередовании объектов производства в один период (кратный периоду оборота линии) на поточной линии производится партия предметов  $i$ -го наименования, в последующий (соответственно кратный) период, после переналадки на линии производится партия предметов  $0' + 1$   $i$ -го наименования и т. д.

Таким образом, стандарт-план смены партии предметов, составленный, например, на месяц, представляет собой последовательную совокупность планов отдельных однопредметных прерывно-поточных линий.

**Третий случай.** На МППЛ изготавливаются изделия, имеющие одинаковый (или различный по небольшому количеству) состав операций технологического процесса, где сохраняется прямоточность по всем объектам, но детали различных наименований имеют разные нормы штучного времени по всем (или большинству) операциям обработки, технологическое оснащение различное, требуется переналадка оборудования.

Исходя из классификации МППЛ это будет поточная линия с последовательно-партионным чередованием наименований изделий (переменно-поточная). В таком случае все изделия  $i$ -го наименования будут изготавливаться с частными тактами и число рабочих мест будут постоянным.

$i$

**Расчет календарно-плановых нормативов второй группы.** К этой группе относятся:

- размер партии деталей (изделий),  $i$ -го наименования;
- периодичность (ритмичность) чередования партий деталей  $i$ -го наименования ( $R_{\text{чвр.у}}$ );
- продолжительность производственного цикла обработки партии деталей (изделий)  $i$ -го наименования ( $\Gamma_{\text{цз}}$ ).

Кроме того, выбранный размер партии изделий должен быть кратным или равным размеру транспортной партии и программе запуска ( $NЗ.$ ); а также должен обеспечивать загрузку линии изделием каждого наименования не менее чем на полсмены или на смену (период оборота линии) с целью поддержания достаточного уровня производительности труда.

При определении размера партии деталей  $i$ -го наименования на МППЛ должно соблюдаться условие:

период оборота линии при изготовлении изделия  $i$ -го наименования, смен;

суммарное время занятости поточной линии изделием  $i$ -го наименования по всем партиям ( $x$ ) в плановом периоде, смен, число партий изделий в плановом периоде;  $x =$

При периоде оборота линии, равном одной смене:

Периодичность (ритмичность) партии изделий  $i$ -го наименования в соответствии с выбранной партией деталей рассчитывается по формуле производственного цикла (занятость МППЛ обработкой партий предметов труда  $i$ -го наименования).

После определения календарно-плановых нормативов первой и второй групп составляются стандарт-план МППЛ с последовательно-партионным чередованием изделий  $i$ -го наименования и стандарт-планы по изготовлению каждого изделия, когда МППЛ работает как ОППЛ, а также строятся эпюры движения оборотных заделов по каждому изделию, рассчитываются средняя величина оборотных заделов, незавершенное производство и продолжительность производственного цикла обработки партии деталей за период оборота линии.

**Построение стандарт-плана МППЛ** на период, равный наибольшему периоду чередования изделий, но не более чем на месяц.

Стандарт-план поточной линии показывает: 1) чередование изделий на линии; 2) время занятости линии изготовлением изделия каждого наименования; 3) режимы работы линии в те периоды, когда она работает со своими частными нормативами.

Кроме того, необходимо построить  $t$  графиков стандарт-планов ОППЛ на период оборота линии, так как, когда обрабатывается одно  $i$ -е изделие, МППЛ работает как ОППЛ. Другими словами, необходимо построить графики работы линии, графики регламентации труда, рассчитать межоперационные оборотные заделы изделий по каждому наименованию. Если  $m < 3$ , то графики строятся по всем наименованиям изделий, а если  $m > 3$ , то графики стандарт-планов строятся только для ведущих изделий, число которых не должно превышать трех. Исходными данными для построения таких графиков являются:

- программа выпуска деталей  $y$ -го наименования ( $M_{3/y}$ );
- программа выпуска деталей  $y$ -го наименования ( $p_{oy}$ ) за период оборота  $T_{об}$ ;
- период оборота линии ( $T^{\wedge}$ ), смен;
- технологический процесс изготовления деталей  $y$ -го наименования и нормы времени по каждой операции, календарно-плановые нормативы первой и второй групп.

Методика построения стандарт-плана МППЛ с последовательно-партионным чередованием аналогична методике построения стандарт-плана МНПЛ, а методика построения графиков стандарт-плана по каждому изделию аналогична методике построения стандарт-плана для ОППЛ.

Если все рабочие места на ОППЛ участвуют в производстве любой детали из номенклатуры, то план показывает занятость рабочих мест в любой момент месяца. На самом же деле может возникать простой отдельных станков при занятости поточной линии обработкой данной детали. Для выявления этих вынужденных простоев по периодам месяца и для решения вопроса об их использовании строятся графики загрузки рабочих мест, которые показывают время занятости каждого рабочего места и время его простоя. Это время простоя рабочих мест на линии может быть использовано для производства внепоточных работ.