

Тема 2. Производственный менеджмент.

Вопрос 12. Основы организации поточного производства.

Типы производства.

Для эффективного ведения производства необходимо рационально построить весь производственный процесс в пространстве, то есть определить исходя из особенностей производства наиболее эффективную структуру предприятия.

Под производственной структурой предприятия понимается состав образующих его цехов, участков и служб, формы их взаимосвязи в процессе производства продукции. Она оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели производства, на структуру управления предприятием и цехом, организацию оперативного и бухгалтерского учета. Рационально построенная производственная структура предприятия бытового обслуживания оказывает большое воздействие на повышение устойчивости его экономики и улучшение обслуживания населения.

Основной структурной единицей крупного предприятия является цех. Цех в свою очередь делится на производственные участки, имеющие однородные или сопряженные в технологическом отношении рабочие места, выполняющие единое производственное задание.¹

Производственная структура предприятия бытового обслуживания населения формируется с учетом многих факторов. К главнейшим из них относится: характер изготавливаемой продукции или ремонтируемой бытовой техники, технология и трудоемкость работ, масштаб производства изготавливаемой продукции и ремонтируемой техники, степень постоянства номенклатуры, уровень специализации предприятия и его кооперирования с другими предприятиями.

Производственные подразделения предприятия могут быть организованы на основе технологической специализации, когда цех или участок специализируется на выполнении однородных в технологическом отношении операций, или предметной специализации, когда специализируются на изготовлении или ремонте изделия или его части, применяя при этом различные технологические процессы.

Именно специализацией рабочих мест, а также объемом производства и степенью постоянства номенклатуры выпуска определяется показатель типа производства.

Тип производства является организационно-технической и экономической характеристикой производства с точки зрения уровня его специализации, состава и номенклатуры продукции, масштаба и повторяемости изделий в производстве.

Тип производства предопределяет производственную структуру предприятия и цехов, характер загрузки рабочих мест и движения предметов труда в процессе производства. Каждому типу производства свойственны определенные особенности организации производства, труда и материально-технического снабжения, состав оборудования, применяемые технологические процессы, состав и квалификация кадров. Применительно к конкретному типу производства строится система учета.

Известно, что на одном и том же предприятии и даже в одном и том же цехе могут иметь место различные типы производства и ремонта изделий разной номенклатуры. Так, одни и из них могут быть представлены в небольшом количестве, что определит единичный тип производства, объем производства других будет характеризовать производство как серийное или массовое.

Тип производства определяется характером загрузки рабочих мест. Степень специализации рабочих мест тем выше, чем больше трудоемкость и количество подлежащих

¹ Шатаев И.М. Основы организации бытового обслуживания населения. - М.: Легкая индустрия, 1980. - С. 58.

обработке одинаковых предметов труда. При относительно небольшой трудоемкости и количестве подлежащих обработке предметов труда рабочее место загружается выполнением нескольких операций.

Различают единичное, серийное и массовое производство.

Массовый тип производства на рабочем месте характеризуется узкой специализацией рабочего места - непрерывным выполнением одной операции в течение длительного времени. Серийный тип производства - выполнением ограниченного числа операций, которые ритмично повторяются через определенные промежутки времени. В зависимости от числа закрепленных за рабочим местом операций различают крупносерийное производство, среднесерийное и мелкосерийное. Единичный тип производства на рабочем месте характеризуется выполнением различных операций над предметами труда, изготавливаемыми в единичных количествах, которые обычно либо не повторяются, либо повторяются редко и в неопределенное время.

Тип производства цеха и предприятия определяется преобладанием определенного типа производства на рабочих местах.

Для определения типа конкретного производства рассчитывают ряд показателей: номинальный фонд времени работы оборудования, такт поточной линии, коэффициент серийности.

Расчет типа производства осуществляется в следующей последовательности:

- определяется номинальный годовой фонд работы оборудования;
- рассчитывается такт поточной линии;
- определяется коэффициент серийности, по которому определяют тип рассматриваемого производства.

Общая характеристика и разновидности поточного производства.

Поточное производство это форма организации производственного процесса, основанная на ритмичной повторяемости согласованных во времени основных, вспомогательных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных в последовательности технологического процесса. Из этого определения следует, что поточное производство основано на тех же принципах, что и весь производственный процесс. Для поточного производства первостепенное значение имеют такие принципы, как специализация, прямоточность, непрерывность и ритмичность.

Первичным участком поточного производства является поточная линия. расположенные на ней рабочие места образуют цепочку, которая может быть простой, когда на каждой операции имеется одно рабочее место, и сложной, когда на одной операции имеется несколько станков, станки-дублиеры. В зависимости от того, как расположены рабочие места линии, т.е. как размещено оборудование, конфигурация линии может быть прямолинейной, прямоугольной, круглой, овальной, зигзагообразной.

Существует три особенности поточного производства:

- 1) в поточном производстве сложный процесс изготовления машины расчленяется на простейшие операции, каждая из которых закрепляется за одним рабочим местом.
- 2) рабочие места располагаются по ходу технологического процесса с тем, чтобы сократить расстояния и передачи изделий с операции на операцию;
- 3) изделия с операции на операцию передаются через строго определенный отрезок времени, называемый тактом поточной линии, вследствие чего достигается ритмичная работа всей линии.

Родоначальником поточного производства является Форд. Поточное производство характерно не только для машиностроения. Оно организуется везде, где процесс

производства может быть расчленен на ряд операций: швейное производство, производство железобетонных конструкций, производство обуви и др.

Процесс производства на поточной линии может быть непрерывным, когда изделие без перерывов проходит все операции техпроцесса и прерывистым, когда в выполнении отдельных операций наступают перерывы в связи с несинхронностью операций, различной производительностью оборудования. В связи с этим различают непрерывно-поточные (НПЛ) и прерывно-поточные (прямоточные) линии (ППЛ).

Принцип ритмичности на поточных линиях проявляется в повторяемости через равные промежутки времени всех операций, в ритмичном запуске и выпуске изделий.

На НПЛ с поштучной передачей запуск и выпуск изделий осуществляется через один и тот же интервал времени – такт (τ);

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{эф}}}{B}$$

где $\Phi_{\text{эф}}$ - располагаемый (эффективный) фонд времени в планируемом периоде, мин
 B - программа выпуска изделий за этот промежуток времени, шт.

Определяют коэффициент серийности:

$$K_c = \frac{\tau}{t_{\text{вед}}},$$

где:

K_c - коэффициент серийности;

$t_{\text{вед}}$ - время выполнения ведущей операции, мин.

Коэффициент серийности (K_c) - характеризует степень специализации рабочих мест и отражает количество различных операций, выполняемых на одном рабочем месте. Согласно коэффициенту серийности определяется тип производства:

$K_c \leq 1$	массовое
$1 \leq K_c \leq 5$	крупносерийное
$5 \leq K_c \leq 20$	серийное
$20 \leq K_c \leq 40$	мелкосерийное
$40 \leq K_c$	индивидуальное

Так как $K_c = 0,35 < 1$, следовательно, рассматриваемое производство относится к массовому типу. Для массового типа производства наиболее прогрессивной и эффективной системой являются поточные методы организации работ.

Если передача осуществляется партионно, то ритмичность работы линии характеризуется величиной ритма (R) - интервала времени между выходом двух последовательных транспортных партий

$$R = \tau \cdot p$$

где p - размер транспортной партии.

На ППЛ отсутствует непрерывность, но ритмичность должна поддерживаться. На таких линиях ритм определяется интервалом времени, в течение которого выполняется определенное задание.

Для поддержания ритма на линиях применяются различные устройства: конвейеры,

бесприводные устройства типа ролгангов, скатов, склизов, подъёмно-транспортные средства - краны, тельферы, электротележки и др.

По способу поддержания ритма линии делятся на:

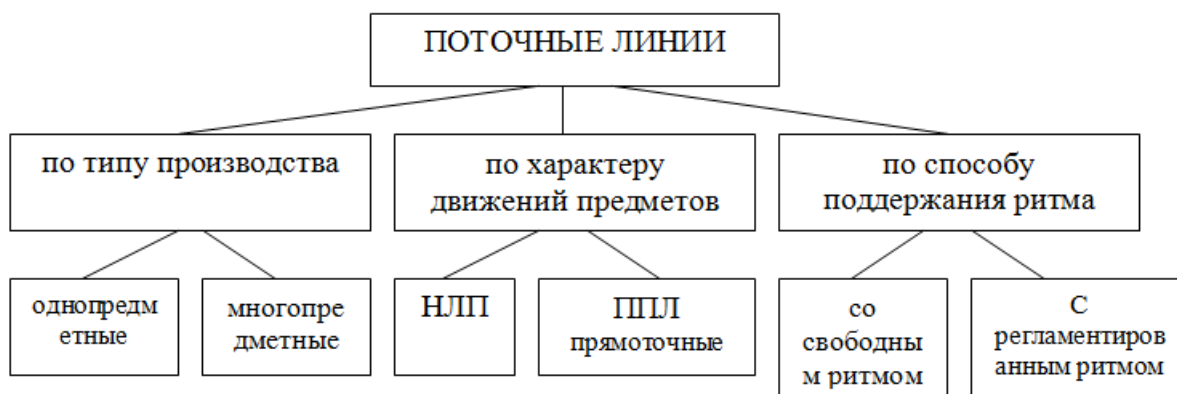
-линии с регламентированным тактом. Характерны для непрерывно-поточного производства. Ритм поддерживается с помощью конвейеров и различной сигнализации.

-линии со свободным ритмом. Применяются в условиях любого потока. Ритм поддерживается самими рабочими.

Принцип специализации линий проявляется в закреплении за линией одного или нескольких изделий. Линии, за которыми закреплено одно изделие– однопредметные, несколько - многопредметные.

Однопредметные линии характерны для массового производства, многопредметные - для серийного производства. Для машиностроения создание многопредметных линий имеет большое значение, т.к. 40 - 50% всей продукции выпускается в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Таким образом, классификация поточных линий может быть представлена следующей схемой:



Основные расчеты и особенности организации прерывно-поточных линий (прямоточных).

Прямоточное производство поменяется при обработке трудоемких изделий с использованием разнотипного оборудования. Синхронизация операций на этих линиях отсутствует. В связи с этим возникает необходимость создания заделов.

Заделами называются детали, узлы или изделия, которые находятся в стадии изготовления или ремонта на различных операциях производственного процесса или между ними. Денежное выражение задела называют незавершенным производством.

Заделы являются одной из основных частей нормируемых оборотных средств. В связи с этим обеспечение непрерывности поточного производства при минимально возможной потребности в оборотных средствах является одним из важнейших условий эффективности и рентабельности производства.

Размер заделов, а, следовательно, и потребных оборотных средств зависит от организационного построения потока, расстановки рабочих мест и рабочих, характера применяемого оборудования.

При организации поточного производства рассчитывают следующие заделы: технологический, транспортный, страховой и оборотный. Сумма перечисленных заделов представляет собой общий цикловой задел на линии $Z_{ц}$.

Технологические заделы $Z_{техн}$ представляют собой детали, узлы и изделия, находящиеся непосредственно на рабочих местах на различных стадиях обработки.

Транспортные заделы $Z_{тр}$ представляют собой детали, узлы и изделия, находящиеся в

стадии транспортировки с одной операции на другую (в случае, если работа производится не на конвейере).

Страховые (резервные) заделы $Z_{стр}$ - это вид заделов, необходимых для обеспечения ритмичности в работе линии на случай непредвиденных нарушений в поставке деталей или аварий. Данные заделы создаются в резервное время (нерабочие смены, выходные дни) после операций, выполняемых на оборудовании, которое в силу своих особенностей или характера работы может выходить из строя. При отсутствии такого оборудования или выполнении операций на основе ручного труда страховые заделы не создаются.

Оборотные заделы $Z_{об}$ имеют место на прерывно-поточных (прямоточных) линиях. На таких линиях не удастся достичь синхронизации операций из-за существенного различия их по трудоемкости (производительности), а их продолжительность не равна и не кратна такту линии. Поэтому для поддержания ритма производства принимают дополнительные меры: устанавливают период обслуживания линии, определяют время работы отдельных рабочих мест за период обслуживания в соответствии с трудоемкостью выполняемых операций, создают оборотные заделы.²

График работы линии представляет собой графическое отображение принятого режима работы производственного участка за систематически повторяющийся период времени. График выполнения операций технологического процесса должен быть построен таким образом, чтобы обеспечить наиболее высокую производительность труда рабочих и минимальную величину незавершенного производства (заделов).

Более частые переходы рабочих от операции к операции позволяют резко сократить величину заделов. Однако увеличение переходов влияет на снижение производительности труда рабочих.

Для данного производства выбираем период обслуживания R_0 равным 120 минутам.

Для обеспечения ритмичной работы линии необходимо определение четкого регламента работы. Регламент работы прямоточной линии предусматривает величину укрупненного ритма, порядок работы на каждом рабочем месте, последовательность перехода рабочих с операции на операцию, величину и динамику задела.

Укрупненный ритм линии выбирается с учетом периодичности передачи продукции с линии на последующие участки, частоты переходов, оптимальной величины заделов.

Такт прямоточной линии ($\tau_{ппл}$) определяется по формуле:

$$\tau_{ппл} = \frac{\Phi_{см}}{B_{см}}$$

где $\Phi_{см}$ – продолжительность смены, мин;

$B_{см}$ продолжительность выпуска изделий за смену, шт.

Число рабочих мест на операции (C_i)

$$C_i = \frac{t_i}{\tau_{ппл}}$$

где t_i – трудоемкость i -ой операции, мин.

Численность рабочих па линии может не рассчитываться, а определяться исходя из установленного регламента работы линии.

² Крутик А.Б., Маркушевич О.Г. Планирование и организация предприятий в условиях рынка и конверсии (в 2-х томах). - СПб: СПбУЭФ, 1993. - С. 122.

Ритм работы линии обычно принимается равным полусмене или смене.
Величина межоперационных заделов рассчитывается по формуле:

$$Z_{i,i+1} = \frac{T \cdot C_i}{t_i} - \frac{T \cdot C_{i+1}}{t_{i+1}}$$

где T - период работы на смежных операциях при неизменном количестве работающих станков, мин.

C_i и C_{i+1} - число единиц оборудования на смежных операциях за период времени T ;
 t_i и t_{i+1} - нормы времени (трудоемкость) смежных операций, мин.

Число работающих на смежных операциях станков в течение ритма изменяется.

Поэтому рассчитывают не только величину максимального задела, но и его динамику, т.е. изменение в течение укрупненного ритма.

Пример: $V_{см} = 240$ изделий;

$t_1=2,8$ мин; $t_2=5,6$ мин; $t_3=2,4$ мин; $t_4=1,2$ мин

Определить τ , C , численность рабочих, динамику заделов и построить совмещенный график-регламент и график заделов. Укрупненный ритм - 480 мин.

$$\tau = \frac{480}{240} = 2 \text{ мин}$$

$$C_1 = \frac{2,8}{2} = 1,4 \quad C_2 = \frac{5,6}{2} = 2,8 \quad C_3 = \frac{2,4}{2} = 1,2 \quad C_4 = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

Динамика задела рассчитывается следующим образом:

1-2 операции Есть три отрезка времени, в течение которых число одновременно работающих станков изменяется.

$$T_1 = 480 \times 0,4 = 192 \quad C_1=2 \quad C_2=3$$

$$T_2 = 480 \times 0,4 = 192 \quad C_1=1 \quad C_2=3$$

$$T_3 = 480 \times 0,2 = 96 \quad C_1=1 \quad C_2=2$$

$$Z_{(1-2)1} = \frac{192 \cdot 2}{2,8} - \frac{192 \cdot 3}{5,6} = +34$$

2-3 операции. есть два отрезка времени в течении которого число одновременно работающих станков не изменяется.

$$T_1 = 480 \times 0,8 = 384 \quad C_2=3 \quad C_3=1.$$

$$T_2 = 480 \times 0,2 = 96 \quad C_2=2 \quad C_3=2$$

$$Z_{(2-3)1} = \frac{384 \times 3}{5,6} - \frac{384 \times 1}{2,4} = +46$$

$$Z_{(1-2)2} = \frac{96 \times 2}{5,6} - \frac{96 \times 2}{2,4} = -46$$

3-4 операции три отрезка времени и соответствующее число работающих станков.

$$T_1 = 480 \times 0,4 = 192 \quad C_3 = 1 \quad C_4 = 0$$

$$T_2 = 480 \times 0,4 = 192 \quad C_3 = 1 \quad C_4 = 1$$

$$T_3 = 480 \times 0,2 = 96 \quad C_3 = 2 \quad C_4 = 1$$

$$Z_{(3-4)1} = \frac{192 \times 1}{2,4} - \frac{192 \times 0}{1,2} = +80$$

$$Z_{(3-4)2} = \frac{192 \times 1}{2,4} - \frac{192 \times 1}{1,2} = -80$$

$$Z_{(3-4)3} = \frac{192 \times 2}{2,4} - \frac{192 \times 1}{1,2} = 0$$

Пространственная планировка оборудования на прерывно-поточных линиях должна подчиняться требованию цепного расположения с учетом сближения тех рабочих мест, где работы выполняются рабочими-совместителями. Применение конвейеров на таких линиях нецелесообразно. Лучше применять транспортные средства гравитационного типа и оборудование циклического действия.

Совмещенный график-регламент и график заделов имеет следующий вид:

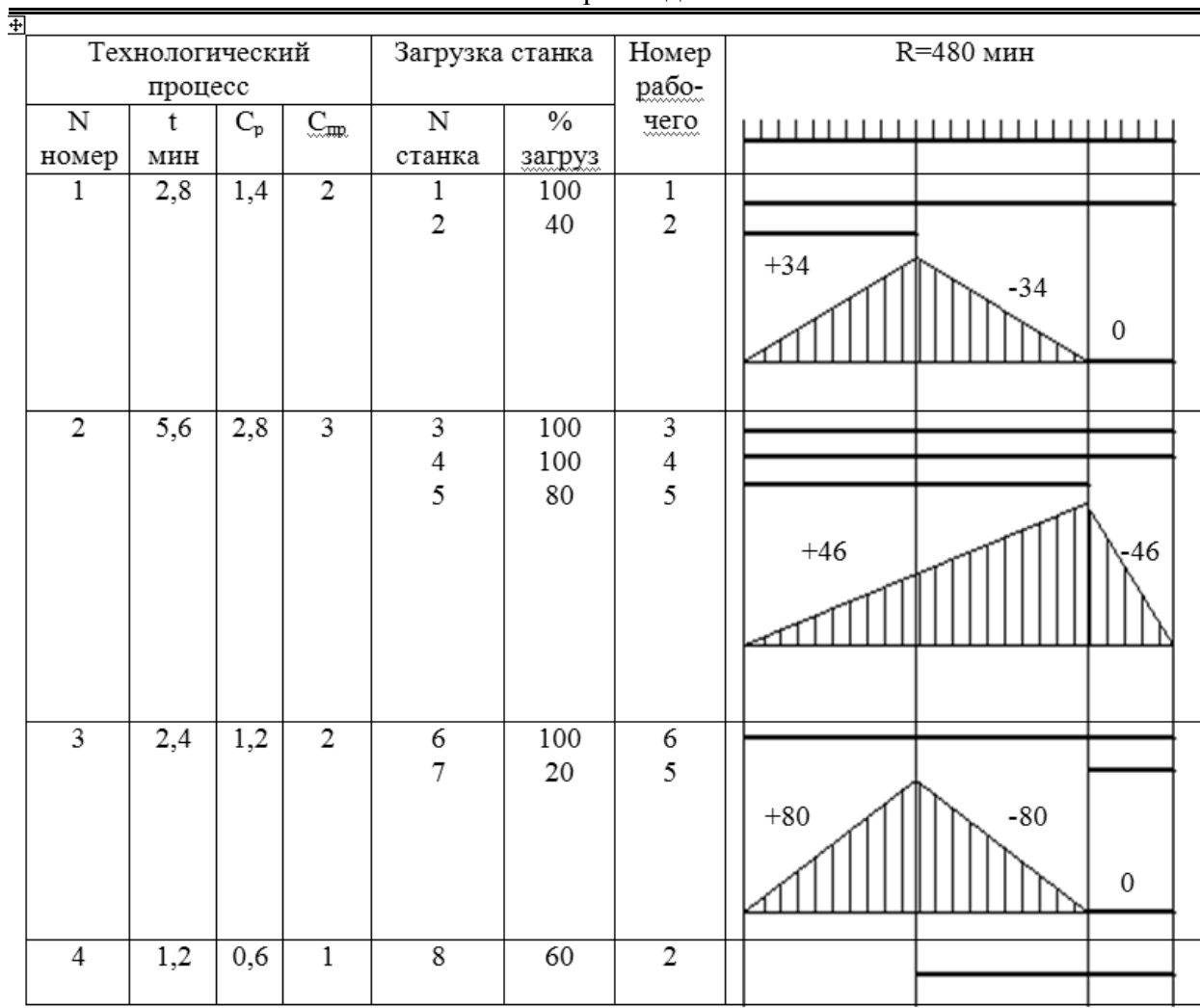


Рис. 1. Совмещенный график-регламент и график межоперационных заделов

Основные расчеты и особенности организации непрерывно-поточных линий.

Основным условием для создания непрерывно-поточных линий является согласованность операций такту линии или их синхронизация.

Условие синхронизации можно выразить следующим образом:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \dots = \frac{t_i}{C_i} = \tau_{\text{НПЛ}}$$

где t_i - трудоемкость по операциям техпроцесса, мин.;

C_i - число рабочих мест на каждой операции.

Синхронизация операций осуществляется при проектировании линии, а также во время ее наладки.

В период проектирования синхронизация обеспечивается путем подбора выполняемых операций, оборудования и оснастки, режимов резания и структуры операции. Такая *предварительная синхронизация* дает отклонение от нормальной загрузки рабочих мест 8-10 %.

При *окончательной синхронизации* устраняют выявленные недостатки:

неравномерность загрузки рабочих мест. Это достигается применением средств

механизации и автоматизации, интенсификацией техпроцессов, рациональной планировкой рабочих мест и т. д.

Основными исходными данными для расчета НПЛ являются: программа выпуска и программа запуска, фонд времени работы линии.

Программа выпуска на определенный период времени определяется плановым заданием. Программа запуска ($V_{\text{зап}}$) рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{вып}} 100}{100 - a} \quad (\text{шт.}),$$

где $V_{\text{вып}}$ – программа выпуска, шт.;

a – процент технологических потерь в связи с изготовлением пробных деталей при наладке, расходом деталей для контрольных целей.

Располагаемый фонд времени ($\Phi_{\text{эф}}$) определяется величиной календарного фонда времени и регламентированных перерывов в работе линии.

$$\Phi_{\text{эф}} = (\Phi_{\text{к}} - \Phi_{\text{п}}) S$$

где $\Phi_{\text{к}}$ – календарное время, мин.;

$\Phi_{\text{п}}$ – регламентированные перерывы, мин.

S – число смен в сутки

Такт непрерывно-поточной линии ($\tau_{\text{НПЛ}}$) определяется по формуле;

$$\tau_{\text{НПЛ}} = \frac{\Phi_{\text{эф}}}{V_{\text{зап}}} = \frac{\Phi_{\text{эф}} (100 - a)}{V_{\text{вып}} 100}$$

Расчет количества рабочих мест и определение их загрузки.

В результате расчета коэффициента серийности и определения характеристики производственного процесса на местах (в подобранных вариантах – серийный тип производства) возникает необходимость в расчете параметров поточной линии.

Основным звеном поточного производства является поточная линия – группа рабочих мест, на которых осуществляется производственный процесс обработки или сборки изделий.

Режим работы поточной линии определяет такт потока. Под тактом потока (линии) τ понимают период времени, отделяющий выпуск или запуск одного предмета труда от выпуска или запуска следующего за ним. Таким образом, такт – это интервал времени между двумя запусками на линию или выпусками с линии двух смежных изделий, деталей или узлов.

По способу поддержания такта поточные линии делятся на линии со свободным тактом (за соблюдением такта следят сами рабочие поточной линии) и с регламентированным тактом (с поддержанием такта с помощью конвейеров, сигнальных и других устройств, режим которых согласовывается с тактом потока).

Одной из основных расчетных величин поточной линии является количество рабочих мест (расчетное) $C_{\text{р}}$, необходимых для выполнения заданной годовой программы при установленном технологическом процессе и такте линии.

Принятое число рабочих мест $C_{\text{пр}}$, определяется округлением расчетного количества $C_{\text{р}}$ до ближайшего целого числа. Поскольку выполняемые расчеты носят предварительный

характер и проводится в целях синхронизации операций, то допускается перегрузка до 10-15% на каждое рабочее место. При отладке линии эта перегрузка может быть снята.

Рассчитав число рабочих мест по операциям технологического процесса, можно определить коэффициенты загрузки рабочих мест η по всем операциям. Следует заметить, что для непрерывно-поточного производства средний коэффициент загрузки рабочих мест $\eta_{з.ср.}$ должен быть близок к единице. Для выполнения этого условия выполняется синхронизация операций - согласование длительности операций с тактом (ритмом) поточной линии, достигаемое рядом организационно-технических мероприятий (например, применением более производительных приспособлений, совершенствованием организации и обслуживания рабочих мест и другое). В результате этого создается возможность применения параллельного вида движения, исключающего межоперационное пролеживание предмета труда в ожидании последующей обработки.

Количество рабочих мест определяется в следующем порядке:

- определяется расчетное количество рабочих мест;
- устанавливается принятое количество рабочих мест;
- определяются коэффициенты загрузки рабочих мест;
- строится график загрузки рабочих мест.

Количество рабочих мест на линии определяется по формуле:

$$C = \frac{t_i}{\tau_{нпл}}$$

где t_i – трудоемкость операции.

Число рабочих - операторов на линии (A):

$$A = \frac{100 + b}{100} \sum_{i=1}^n \frac{C_i S}{H_{oi}}$$

где b - процент планируемых невыходов;

H_o - количество станков, обслуживаемых одним рабочим (норма обслуживания).

Полученное расчетное количество рабочих мест может быть дробным. Поэтому путем округления полученной величины, в большинстве случаев до большего целого числа определяют принятое количество рабочих мест по каждой технологической операции.

При проектировании поточных линий допускается некоторое отклонение от данного правила, так называемая перегрузка (до 10-15%).

Расчет численности основных рабочих.

После определения необходимого числа рабочих мест необходимо рассчитать потребное число рабочих на каждой операции $Чр_i$. При этом необходимо учитывать величину нормы обслуживания на каждую операцию $Н_{oi}$. Норма обслуживания показывает какое количество объектов (станков) должен обслужить или какой объем работ может выполнить один рабочий (или группа рабочих) в течение определенного периода времени.

При определении численности основных рабочих может оказаться, что часть рабочих загружена не полностью. В таких случаях во избежание простоев рабочих практикуют совмещение выполнения двух и более операций одним рабочим. В результате такого совмещения сократится общее число рабочих.

Для наглядности весь расчет необходимого числа рабочих сводится в таблицу, где происходит совмещение (закрепление) операций.

При этом следует учитывать, что совмещение операций возможно только на операциях, на которых разряды выполняемых работ либо совпадают, либо отличаются не более чем на

единицу.

Количество основных рабочих определяется в следующем порядке:

- определяется расчетное количество основных рабочих;
- определяется принятое число основных рабочих (округляя расчетное значение до ближайшего целого числа при допустимой перегрузке не более 15%);
- проводится организационная синхронизация, направленная на выравнивание загрузки рабочих путем совмещения профессий;
- определяется окончательно принятая численность основных рабочих.

Расчетное количество основных рабочих на каждой операции определяют по формуле:

$$Ч_{p.i} = \frac{C_{p.i}}{H_{oi}},$$

где:

$Ч_{p.i}$ - количество основных рабочих на i -той операции;

H_{oi} - норма обслуживания на i -той операции.

По расчетной численности рабочих устанавливают их принятую численность путем округления до ближайшего целого числа (как правило, в большую сторону). В практических расчетах на операциях перегрузка рабочих допускается не более 15%.

Во избежание простоев рабочих применяют совмещение выполнения двух и более операций одним рабочим. В результате сокращается общее число рабочих. Совмещение возможно по операциям, на которых разряды выполняемых работ либо совпадают, либо отличаются не более чем на 1.³

При определении возможности закрепления нескольких операций за одним рабочим мы исходили из нескольких факторов. Прежде всего, обратим внимание на получаемое при расчетах число рабочих мест $Ч_{p.i}$ вернее на его дробную часть. Она показывает степень загрузки недогруженного рабочего места. Задача проводимой синхронизации состоит в достижении наиболее высокой производительности труда рабочих и максимально возможной загрузки имеющегося оборудования. Поэтому необходимо стремиться закрепить рабочих за станками таким образом, чтобы загрузка оборудования приближалась к 100%.

Кроме этого, обратим внимание на разрядность работ. Совмещение операций рабочими возможно только на операциях с близким или совпадающим номером разряда.

Окончательная расстановка основных рабочих на линии производится с закреплением определенных номеров за работниками.

Номер, присвоенный последнему рабочему на линии, показывает явочное число основных рабочих в одну смену.

Как следует из проведенных расчетов, ни на одном участке мы не сможем обеспечить перегрузку рабочих не более чем на 15%. Поэтому мы исключаем совмещения по операциям.

В дальнейшем, с учетом коэффициента невыходов (из баланса рабочего времени одного среднесписочного рабочего), определим списочное число основных рабочих.

Если линия оснащена конвейером, то рассчитывается его длина и скорость движения. Проектная скорость движения конвейера принимается равной 0,1...2,0 м/мин. Эта скорость обеспечивает безопасность труда и достаточную производительность. Фактическая скорость движения конвейера (V_k) определяется тактом линии и шагом конвейера, т.е. расстоянием между осями двух смежных деталей, равномерно расположенных на конвейере:

$$V_k = \frac{l_o}{\tau_{нпл}}$$

³ Стивенсон В.Д. Управление производством. - М.: Бином, 2004. - С. 228.

где l_0 - шаг конвейера, м.

Для равномерной работы НПЛ создаются заделы трех видов:

1) Технологический Он соответствует числу деталей, находящихся в процессе обработки. При поштучной передаче он равен числу рабочих мест $Z_{\text{тех}}=C$, при партионной передаче - произведению числа рабочих мест на размер транспортной партии

2) Транспортный Состоит из того числа деталей, которые в каждый данный момент находятся в транспортировке.

при поштучной передаче $Z_{\text{тр}}=c-1$

при партионной передаче $Z_{\text{тр}}=(c-1) p$

3) Резервный Этот задел создается на наиболее ответственных операциях, на нестабильных операциях, на контрольных пунктах. Данный задел находится в той степени готовности, которая соответствует операции, перед которой он создается. Его назначение - восполнить временное отклонение от заданного такта или ритма работы линии. Величина резервного задела определяется на основе анализа вероятности – отклонений от заданного такта (ритма). В среднем его величина составляет 4-5% от сменного задания. Величина этого задела создается или восполняется во время регламентированных перерывов, во внерабочее время или на внепоточных участках.

Различают НПЛ с рабочими конвейерами, распределительными конвейерные поточно-автоматические линии и линии со стационарным потоком.

НПЛ с *рабочими конвейерами* применяются главным образом на сборке и отделке изделий при достаточно больших программах выпуска. Рабочие операции выполняются на конвейере, рабочие места располагаются на него вдоль его несущей части. Расположение может быть как с одной стороны, так и с обеих сторон конвейера. Изделия устанавливаются на конвейере и закрепляются через равные расстояния - *шаг*. Участок, на котором при постоянной скорости движения конвейера выполняется операция называется *рабочей зоной*. Величина рабочей зоны ($l_{\text{раб}}$) определяется по формуле:

$$l_{\text{ирра}} = l_0 \frac{t_i}{\tau_{\text{НПЛ}}} = l_0 C_i$$

где t_i - норма времени на операцию, мин;

$\tau_{\text{НПЛ}}$ - такт линии, мин;

C_i - число рабочих мест на операции.

Если на операции наблюдаются значительные отклонения фактического времени от нормативного, нужно предусмотреть резервную зону:

$$L_{\text{рез}}=(t_{\text{max } i}-t_{\text{min } i})V_k$$

Величина резервной зоны должна быть кратной шагу

$$L_{\text{рез}}=\Delta l_0$$

где Δ - целое число

Общая длина зоны операции (L_i) равна

$$L = L_{\text{раб}} + L_{\text{рез}}$$

Длина рабочего участка поточной линии определяется как сумма операционных **рабочих** зон с учетом резервных:

$$L_{\text{раб.уч.}} = \sum L_i$$

НПЛ с *распределительными конвейерами* создаются на участках механической обработки, отделки и сборки изделия при больших программных заданиях. Все операции выполняются на стационарных рабочих местах. Изделие снимается с конвейера, выполняется определенная операция, **затем** изделие возвращается на конвейер. Все изделия размещаются на конвейере равномерно. Цепочка рабочих мест может **быть** простая и сложная.

При *простой*, цепочке операции выполняются последовательно за один такт. Изделие должно быть обработано до подхода к рабочему месту следующего изделия.

При *сложных* цепочках операции выполняются за несколько тактов. В этом случае необходимо строгое адресование изделий по рабочим местам. Применяют либо автоматическое распределение изделий, либо разметку конвейера. Разметку наносят на конвейер в нужной последовательности. Детали в этой последовательности в необходимом количестве закрепляются за рабочими местами. Минимально необходимый комплект разметочных знаков на линии соответствует наименьшему кратному из всех рабочих мест на всех операциях и называется *периодом распределительного конвейера*.

НПЛ с неподвижным объектом (стационарный поток) создаются при обработке крупных тяжелых изделий. Специализированные бригады или отдельные рабочие в установленной последовательности обходят все объекты и выполняют свои операции.

Особенности организации поточных линий в серийном производстве (многопредметные линии).

Особенностью организации поточного производства в условиях серийного выпуска продукции является меньшая, чем в массовом производстве, степень специализации линии и рабочих мест. в связи с меньшей повторяемостью продукции, за каждой линией закрепляется несколько технологически подобных изделий. На каждом рабочем месте выполняется поочередно несколько деталей-операций. Такие линии называют многопредметными. Они должны обладать гибкостью и быстротой переналадки.

Ритмичность серийных линий характеризуется поточным циклом-периодом времени, в течение которого на каждом рабочем месте выполняются все детали-операции над партиями изделий.

В основе организации многопредметных линий лежат те же принципы, что и для однопредметных линий. Однако, нужно учитывать специфику серийного производства, особенно:

- 1) анализ и конструктивно-технологическую классификацию изделий при закреплении за линиями
- 2) расчет усредненных и частных тактов, числа рабочих мест на линии.
- 3) пространственную планировку линии.
- 4) оперативно-производственное планирование линии.

В условиях серийного производства применяются групповые, переменнo-поточные и серийно-прямоточные линии.

Групповая линия - линия, на которой обрабатывается технологически родственные

изделия без переналадки оборудования. Рабочие места на линии оснащены групповыми переналаживаемыми приспособлениями, с помощью которых обрабатываются все закрепленные за линией детали. Изделия передаются от станка станку поштучно или партиями. Оборудование располагается согласно технологическому процессу. Если соблюдается синхронизация операций, то линия работает как в массовом производстве. Если обеспечить синхронизацию нельзя, то делается подбор деталей. При подборе деталей необходимо обеспечить единство технологического маршрута, возможно большую синхронизацию операций.

Допустим, что детали А и Б технологически подобны, их маршруты совпадают, но техпроцессы характеризуются разной продолжительностью операций. Нужно подобрать такой комплект деталей, чтобы время обработки их на каждой операции было равно или кратно такту линии.

Детали	Трудоемкость операций, мин.			
	1	2	3	итого
А	1,2	2,5	4,3	8
Б	4,6	5,9	5,5	16

Путем подбора определили, что наибольшее целесообразен комплект, состоящий из двух деталей А и одной детали Б. Этот комплект имеет одинаковую трудоемкость 16 мин., что дает полную синхронизацию потока. Так линии будет определяться трудоемкостью этого комплекта и количеством комплектов, выпускаемых за смену (B_k):

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{см}}}{B_{\text{комп}}}$$

На переменнo-поточных линиях обрабатываются изделия различных наименований или типоразмеров повторяющимися партиями. При переходе от партии одних к партии других обязательна переналадка линии. При этом возможно изменение такта и ритма работы линии. Такт не меняется, если за линией закрепляются детали с одинаковой трудоемкостью.

За серийно-прямоточными линиями закрепляются изделия различных наименований, техпроцессы которых не синхронизированы. Подбор изделий в этом случае упрощается, т.к. не соблюдается принцип согласованности норм времени. Но это обуславливает прерывистость процесса производства, необходимость создания и поддержания заделов. Тем не менее, подбор деталей на линии должен проводиться таким образом, чтобы обеспечить более полное совпадение технологических маршрутов обработки, синхронизацию операций и полную загрузку оборудования.

Если за серийно-поточной линией закреплены изделия с одинаковой трудоемкостью, то обработка будет идти с одинаковым тактом. При расчете такта надо лишь учесть потери времени на переналадку линии:

$$\tau = \frac{\Phi_d (1 - \eta)}{\sum B_{\text{зап}i}}$$

где η - допустимый коэффициент потерь времени на переналадку 0,02...0,08

$B_{\text{зап}}$ - программа запуска за период времени

$i=1...n$, где n - число изделий, закрепленных за линией.

Если за линией закрепляются изделия с различной трудоемкостью, то при едином такте работы линии возникает периодическая недогрузка одних рабочих мест и перегрузка других

мест. Чем больше расхождение в трудоемкости, тем больше будет разрыв в загрузке отдельных рабочих мест. Поэтому при различной трудоемкости изделий, закрепленных за линией, целесообразно вести обработку с частными тактами

Частный такт - такт работы линии при обработке конкретного изделия из всех, закрепленных за линией.

Частные такты рассчитываются несколькими способами.

1. Путем распределения фонда времени работы линии по отдельным объектам обработки. Распределение фонда времени осуществляется пропорционально трудоемкости программы.

$$\Phi_i = \Phi_d (1 - \eta) \frac{B_i \cdot t_i}{\sum B_i \cdot t_i} \quad \tau_i = \frac{\Phi_i}{B_i}$$

где Φ_i – фонд времени работы линии над i -тым объектом;

τ_i – такт линии по i -му изделию;

B_i – программа выпуска i -го изделия;

t_i – трудоемкость i -го изделия

Пример. На линии обрабатываются три изделия, потеря времени на переналадку линии – 5%

Изделие	B, шт	t, мин	B _i
1	50	8	400
2	20	14	280
3	60	18	1080
			1760

$$\Phi_1 = 480(1 - 0,05) \frac{400}{1760} = 103,6 \text{ мин.} \quad \tau_1 = \frac{103,6}{50} = 2,07 \text{ мин.}$$

$$\Phi_2 = 480(1 - 0,05) \frac{280}{1760} = 72,6 \text{ мин.} \quad \tau_2 = \frac{72,6}{20} = 3,63 \text{ мин.}$$

$$\Phi_3 = 480(1 - 0,05) \frac{1080}{1760} = 279,8 \text{ мин.} \quad \tau_3 = \frac{279,8}{60} = 4,66 \text{ мин.}$$

2. Через неизменное число рабочих мест на линии и трудоемкость обработки

$$C = \frac{\sum B_i \cdot t_i}{\Phi_d (1 - \eta)} \quad \tau_i = \frac{t_i}{C}$$

3. Путем приведения программы к условной через коэффициент приведения. В качестве условной (базовой) программы принимают, как правило, наибольшую программу.

$$K_{\text{прив}} = \frac{B_i}{B_{\text{баз}}} \quad B_{\text{усл}} = B_{\text{баз}} + \sum K_{\text{прив}} C B_i$$

$$\tau_{\text{усл}} = \frac{\Phi_d(1 - \eta)}{B_{\text{усл}}}$$

$$\tau_i = \tau_{\text{усл}} K_{\text{прив}i}$$

Автоматизация поточного производства.

Развитие поточного производства идет по пути автоматизации производства. В автоматизированных поточных линиях (АПЛ), автоматических цехах и заводах автоматах наиболее полно проявляются и сочетаются принципы непрерывности автоматичности производства.

АПЛ подразделяются на одно- и многопредметный с поштучной и много детальной обработкой, с непрерывным и периодическим движением, с обратной гибкой связью между рабочими местами, с перекрываемым временем транспортировки, с поштучной, партионной и непрерывной подачей заготовок и выдачей деталей.

По характеру транспортировки изделий, наличию и расположению бункерных устройств различают пять основных типов линий.

Прямоточные АПЛ - система взаимосвязанных автоматически действующих механизмов с непрерывной передачей полуфабрикатов с одной позиции на другую. Величина перемещения изделий равна расстоянию между рабочими позициями. На этих линиях создается технологический задел.

Поточные АПЛ - та же система механизмов, что и на прямоточном. изделия перемещаются постепенно по транспортеру, связывающему все рабочие места. На этих линиях создается технологический и транспортный задел.

Бункерные АПЛ - система отдельных автоматических машин, работающих независимо друг от друга. У каждой машины имеется индивидуальный бункер-накопитель. Между собой они связаны транспортерами.

Бункерио-прямоточные АПЛ - состоят из нескольких участков автоматических взаимосвязанно-работающих механизмов, разделенных между собой бункерами. Перемещение изделий осуществляется на величину расстояния между бункерами.

На бункерных линиях создаются технологически, транспортные межоперационные заделы.

АПЛ с жесткой связью - оснащаются единым приводным механическим межоперационным транспортером. В соответствии с тактом происходит перемещение изделий по всей линии. Отказ любого из автоматов влечет остановку всей линии, что может вызвать большие простои и потери производительности линии.

АПЛ с гибкой связью - имеют межоперационный транспорт, работающий независимо один от другого. Линии обеспечиваются бункерами после каждой операции или группы операций. Наличие бункера, в котором накапливаются детали и из которых они переходят на другие операции, обеспечивает независимость работы одного механизма от другого. Выход из строя одного механизма не останавливает работы всей линии.

На АПЛ используются не только транспортеры, но и специальные виды конвейеров-инерционного типа и подвесные.

Особое место среди АПЛ занимают *роторные линии*. Рабочие инструменты в них располагаются по окружности барабана, вращающегося с постоянной скоростью. Барабан вместе с рабочими орудиями образует ротор. Инструменты вращаются вокруг оси ротора. Обработка изделия выполняется одновременно с его транспортером. Роторные линии компактны и эффективны.

На АПЛ автоматизации подвергаются не только основные но и вспомогательные операции (установка, снятие, подача смазки, уборка транспортировка, контроль и т. д.).

АПЛ имеются на таких крупных предприятиях, как Волгоградский тракторный завод (с

страница 17