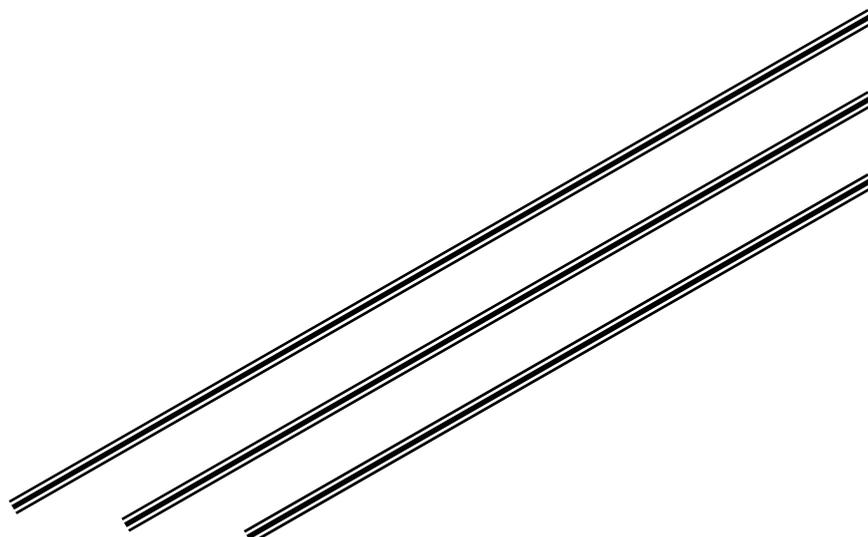


Г.Г. СЕРЕБРЕННИКОВ

**ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА**



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования Российской Федерации
Международная академия науки и практики организации производства
ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г.Г. СЕРЕБРЕННИКОВ

**ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА**

*Утверждено Ученым советом университета в качестве учебного
пособия*

Тамбов
• Издательство ТГТУ •
2004

УДК 338.2(075.8)
ББК 65.050.9(2Р)2я7
С28

Рецензенты:

Доктор технических наук, заместитель директора ГНУ ВИИТ и Н
А.Н. Зазуля,

Кандидат экономических наук, доцент
Л.В. Пархоменко

Серебрянников Г.Г.

С28 Организация производства: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 96 с.

Представлен основной теоретический материал к курсу «Организация производства на предприятиях отрасли». Особое внимание уделено экономическим проблемам организации производства в современных условиях. Теоретические положения проиллюстрированы примерами решения задач. Содержит методические указания по выполнению контрольной работы.

Предназначено для студентов специальности 060800 «Экономика и управление на предприятии» дневного и заочного отделений.

УДК 338.2(075.8)

ББК 65.050.9(2Р)2я7

ISBN 5-8265-0257-6

© Серебрянников Г.Г., 2004

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2004

Учебное издание

СЕРЕБРЕННИКОВ Геннадий Григорьевич

ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Редактор В.Н. Митрофанова

Инженер по компьютерному макетированию Т.А. Сынкова

Подписано к печати 9.03.2004.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура Times. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Объем: 5,58 усл. печ. л.; 5,5 уч.-изд. л.

Тираж 250 экз. С. 158

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета

392000, Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Объектом изучения учебной дисциплины «Организация машиностроительного производства» является промышленное предприятие, которое выпускает либо уже освоенные виды продукции, либо находится в состоянии разработки и вывода на рынок новых товаров или услуг. Процесс производства известных, либо впервые осваиваемых товаров или услуг подчиняется определенным закономерностям. Знание этих закономерностей позволяет разработать рациональную схему размещения цехов на территории предприятия, оборудования внутри цеха, а также установить оптимальную последовательность выполнения работ в цехах и технологических операций на рабочих местах.

Предметом изучения данной дисциплины являются организационные закономерности функционирования современного производства. Знание основ организации производства является *актуальным* для экономиста-менеджера, поскольку ему необходимо обеспечить высокую эффективность и производительность всех операций, осуществляемых персоналом и производимых оборудованием. Для того чтобы освоить новую продукцию на предприятии требуется осуществить комплекс работ, называемый подготовкой производства. Подготовкой производства занимаются инженеры-конструкторы, технологи и экономисты. Эти специалисты должны разработать чертежи нового изделия и технологию его производства, рассчитать величину затрат и эффективность нового производства.

Организация производства – это наука, опирающаяся на определенную технологию производства. Техническое оформление производственных процессов на химическом и машиностроительном предприятии будет существенно отличаться. В одном случае продукция будет производиться внутри химических аппаратов и передаваться затем по трубопроводам, а в другом – на станках, связанных друг с другом подъемно-транспортными механизмами. Однако, принципы организации производства будут в том и другом случае общими, независимо от отраслевой принадлежности предприятия.

Закономерности организации производственных процессов – это частные случаи более общих законов организации живой и неживой природы. Окружающая нас действительность организована как в пространстве, так и во времени.

Организованность пространства – это внутренняя упорядоченность отдельных частей целого. Например, кристаллическая решетка алмаза имеет четкую внутреннюю структуру; города не застраиваются хаотично, а разбиваются на районы; районы состоят из кварталов, которые формируют улицы. Такая пространственная организация города существенно сокращает время поиска нужного жителя. Подобным образом организована и территория предприятия.

Организованность времени – это заданная последовательность, чередование явлений, процессов или действий во времени. Например: зима – весна – лето – осень; день – ночь; сон – работа – отдых и т.д.

Время работы предприятия также четко организовано – установлены интервалы поставки материалов и отгрузки готовой продукции; технологией производства определены последовательность и время выполнения операций и т.д.

Организованность пространства промышленного предприятия и производственных процессов во времени обеспечивает эффективное использование ресурсов предприятия.

Природа этой эффективности – в *организационном эффекте*. Суть организационного эффекта в том, что организованная система имеет большую производительность, чем нейтральная производственная система.

Рассмотрим простой пример. Пусть условный технологический процесс состоит из трех операций α , β и γ . Первые две, α и β – позволяют изготовить две детали, а третья операция γ – это сборка двух деталей в узел. Предположим, что трудоемкость операции α – 4 ч, β – 2 ч и γ – 2 ч. Структура технологического процесса будет следующей $4\alpha - 2\beta - 2\gamma$. Один рабочий, выполняющий эти операции последовательно, будет затрачивать 8 ч рабочего времени ($4 + 2 + 2 = 8$) и за рабочую смену он сможет собрать один узел. Очевидно, что если численность рабочих на производственном участке будет достаточно большой (в нашем случае – это четыре человека), то они могут уже специализироваться на операциях, что приведет к увеличению производительности труда – рис. 1.

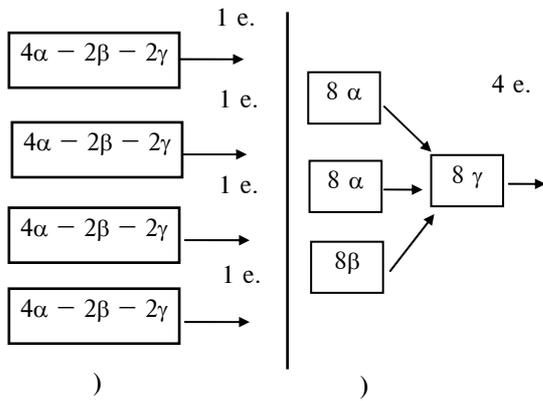


Рис. 1 Преобразование нейтральной системы (а) в организованную систему (б)

В нейтральной системе (рис. 1, а) каждый рабочий условно изображен прямоугольником. Труд рабочих никак между собой не связан, каждый из них самостоятельно осуществляет изготовление узла, выполняя все три необходимые операции. В организованной системе (рис. 1, б) также четверо рабочих, однако, двое из них специализируются на операции α и заняты этой работой полный рабочий день (8α). Два других рабочих 8β и 8γ заняты полный рабочий день на операциях β и γ . Между этими рабочими возникают организационные связи, показанные на рис. 1 стрелками. Рабочего-сборщика (8γ) трое других рабочих должны обеспечивать необходимым количеством деталей для сборки четырех узлов в смену.

Таким образом, в организованной системе отдельные ее элементы утрачивают самостоятельность и между ними возникают пространственно-временные связи. Такие связи отсутствуют в нейтральной системе. Очевидно, что специализированные рабочие уже не будут на операциях α , β и γ затрачивать по 4, 2, и 2 ч, соответственно, а смогут выполнять их быстрее, поскольку не нужно менять инструмент, переоборудовываться с одной операции на другую и т.д. Поэтому за смену будет изготавливаться не 4 ед. продукции, а больше.

Производительность нейтральной системы получается простым суммированием продуктивности составляющих ее элементов: $(4 \text{ рабочих}) \times (1 \text{ ед.}) = (4 \text{ ед./смену})$. В организованной системе каждый ее элемент производит полуфабрикат и правило суммирования продуктивности не действует. Однако, за счет организационного эффекта, производительность организованной системы будет выше, чем нейтральной.

Организационные эффекты присутствуют и во многих других случаях. Например, футбольная команда, состоящая из мастеров высокого класса, но играющих каждый сам за себя, будет заведомо слабее отлично сыгранной команды, в которой каждый игрок не обладает высоким личным мастерством и в индивидуальном соперничестве всегда проигрывает мастеру.

Структуру производственной системы формируют ее обособленные части и устойчивые пространственно-временные связи между ними. Например, литейный цех передает отливки механическому цеху, где из них делают детали. Детали затем поступают в сборочный цех, где из деталей собирают изделие. В данном случае простейшая производственная структура будет иметь линейный вид (рис. 2).

Пространственно-временные связи – это устойчивые грузопотоки предметов труда возникающие из-за того, что в каком-то одном цехе невозможно произвести все технологические операции, связанные с изготовлением и сборкой изделия. Каждый цех имеет определенную специализацию и, в совокупности со своими связями, они образуют систему, обладающую определенным организационным эффектом.

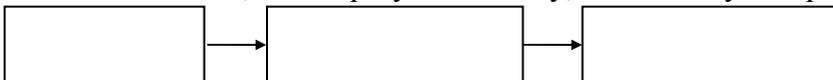


Рис. 2 Пример простейшей производственной структуры из трех цехов и двух пространственно-временных связей между ними

На *производственную структуру* предприятия влияют следующие факторы: *объемы производства, особенности технологии и сложность выпускаемой продукции*. Предпосылки к специализации и к возникновению организационного эффекта появляются только при относительно больших объемах производства. Например, если бы в ранее рассмотренном примере потребность в узлах была бы не 4 ед. в смену, а 2 ед. (рис. 1, а), то специализация рабочих на операциях β и γ была бы невозможна, так как их занятость в течение рабочей смены была бы всего лишь 50 %, т.е. 4 ч на операции β и 4 ч на операции γ при восьмичасовой рабочей смене.

Российские машиностроительные предприятия по размерам значительно больше аналогичных западных и имеют преимущественно *технологическую специализацию* цехов. При технологической специализации подразделений предприятия крайне сложно его разукрупнить и из одного большого трудно создать несколько небольших, но более конкурентоспособных. Другая особенность производственной структуры отечественных предприятий в том, что практически каждое из них имеет неоправданно большое количество вспомогательных служб – это ремонтное, инструментальное, энергетическое, складское хозяйство. Наличие той или иной службы должно определяться экономической целесообразностью. Например, энергия вырабатываемая собственной котельной обычно стоит дороже, чем тепло, подаваемое от крупной ТЭЦ. Поэтому наличие собственной котельной на предприятии повышает себестоимость производимой продукции, но обеспечивает независимость от поставок тепловой энергии осуществляемых монопольным производителем – ТЭЦ.

Целью данной дисциплины является формирование целостного представления о процессах производства и освоения продукции и понимание того факта, что их высокоэффективная организация позволяет предприятию реализовать стратегию лидерования в области снижения производственных издержек.

Задачей данной дисциплины является знакомство студента с типовыми способами и методами организации современного производства, а также приобретение навыка решения организационных задач и производственных ситуаций.

«Организация машиностроительного производства» основывается на таких курсах как «Экономика предприятия» и «Технология машиностроения» и, в свою очередь, является базой для более углубленного понимания общего менеджмента, бухгалтерского учета, логистики и других учебных дисциплин.

Рекомендации по самостоятельной работе с учебником. После прочтения основного текста раздела необходимо выполнить три тренировочных задания. Рекомендуется самостоятельно решить каждое задание, а затем уже сверить свое решение с тем, которое приведено в учебнике. При ответе на вопросы теста следует иметь в виду, что только один ответ является правильным. Результаты тестирования засчитываются студенту только в том случае, если он ответил правильно на семь вопросов из десяти, приведенных в тесте.

1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

1.1 РОДОВЫЕ ФУНКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Последовательность осуществляемых действий на предприятии, связанных с производством продукции, характеризует организованность производственной системы во времени. Эти действия имеют определенные целевые установки. Однородные действия, объединенные по их назначению или роли в организации, называются внутренними функциями. Эти функции выполняются специализированными подразделениями предприятия, которые расположены на территории предприятия не хаотично, а упорядочено, что свидетельствует о пространственной организации системы. Например, операция сборки узла следует после операций изготовления деталей этого узла. Поэтому сборочный участок располагают после участков механообработки, а, например, литейный участок – перед участками механообработки. Каждый из этих участков имеет свое назначение, играет определенную роль в процессе производства продукции.

Функции, выполняемые внутренними подразделениями предприятия, можно разделить на три взаимосвязанные группы (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Взаимосвязь функций производственной системы

Основные функции процесса производства на машиностроительном предприятии реализуются **основными цехами** предприятия в следующей последовательности:



Заготовительная функция выполняется литейным, кузнечным цехами, участками резки металла. Обработочная реализуется в механическом, термическом, гальваническом цехах. Сборочная – в механо-сборочных и сборочных цехах.

Если на предприятии выполняются все три функции, то его относят к предприятиям с полным циклом изготовления изделий. Если завод осуществляет только заготовительные операции, то он имеет технологическую специализацию. Например, центролит – это завод, специализирующийся на литье разного размера, веса и сорта. На механических заводах, например, инструментальном или заводе поршневых колец выполняют заготовительные операции и механообработку. Обработочная и сборочная функция реализуются на механосборочных заводах, например, на заводе подшипников скольжения. Такие заводы специализируются на выпуске отдельных сборочных узлов или комплектующих изделий. Сборочные предприятия имеют предметную специализацию и обычно их относят к массовому или крупносерийному типу производства. Например, ВАЗ, КАМАЗ и т.д.

Вспомогательные функции выполняют цехи и службы предприятия, которые обеспечивают основные цехи техническими услугами (ремонт оборудования, транспортировка и складирование материалов и продукции), а также энергией (например, электроподстанция), горячей водой (котельная) и инструментом (инструментальный цех). Предприятие не обязательно располагает полным перечнем всех **вспомогательных цехов и служб**; с экономической точки зрения, это не всегда целесообразно. Однако, любое машиностроительное предприятие имеет свою ремонтную службу (ремонтно-механический цех – РМЦ) и складское хозяйство.

Специальные функции управления производством осуществляет заводоуправление, а также линейные руководители в цехах основного производства (начальник цеха, мастер участка). Заводоуправление, как правило, выполняет следующие специальные функции управления производством:

- 1) техническая подготовка производства к выпуску новых изделий;
- 2) планирование объемов работ и календарных сроков их выполнения по подразделениям предприятия;
- 3) учет затрат по видам продукции и подразделениям предприятия;
- 4) диспетчирование, т.е. устранение отклонений от разработанных планов и графиков и другие специальные функции.

Специальные функции являются следствием специализации работников подразделений предприятия на том или ином виде работы, виде деятельности. Закрытый перечень специальных функций невозможно составить. Это связано с тем, что в деловой среде организации происходят определенные перемены, изменения и предприятие реагирует на них возникновением специальных функций. Например, в связи с бурным развитием глобальных компьютерных сетей, предприятия работающие в таких сетях, вынуждены пресекать несанкционированные проникновения внешних пользователей в собственную базу данных. Функция защиты своей базы данных – это относительно новый и важный вид деятельности работников предприятия, специализирующихся в этой области знаний. Однако, для одних организаций эта функция чрезвычайно актуальна, а для других – нет. Или, например, для государственного вуза маркетинговая деятельность имеет второстепенное значение, а для частного вуза она очень важна, поскольку его существование зависит от набора абитуриентов.

Таким образом, без тех или иных специальных функций организация может существовать, однако, имеются **родовые функции** системы, без которых она уже не является таковой. Существование промышленного предприятия обеспечивают три родовые функции (рис. 1.2).

Очевидно, что если будет отсутствовать, например, вторая родовая функция – преобразование ресурсов, то это будет не промышленное предприятие, а например, оптовая база, где товары складываются, но не подвергаются переработке или преобразованию. Эти три родовые функции реализуются каждым рабочим местом, производственным участком, цехом предприятия, предприятием, как целостной системой. Родовые функции присущи любому технологическому процессу. Однако, они не всегда выполняются в той последовательности, в какой они изображены на рис. 1.2. Например, на непрерывно движущемся рабочем конвейере сборка изделия осуществляется в процессе перемещения последнего в пределах рабочей зоны операции. На роторно-конвейерной линии преобразование материалов также происходит в процессе их транспортировки с операции на операцию. В этих случаях функции ввода-вывода реализуются параллельно, т.е. одновременно с функцией преобразования предметов труда. Родовые функции – это удобная абстракция, позволяющая формально описать любой производственный

процесс. Однако, эти функции выполняют вполне определенные транспортные средства, станки и рабочие.

Скорость ввода ресурсов, например, материалов и скорость вывода продукции из производственной системы должны в среднем совпадать со скоростью преобразования ресурсов внутри этой системы. Например, поставки металла на предприятие осуществляются повагонно – по 80 т через каждые 10 дней, а механический цех перерабатывает по 8 т металла в день. Таким образом, средняя скорость обеспечения предприятия металлом $80/10 = 8$ т в день совпадает с производительностью станков механического цеха также – 8 т деталей в день. В этом случае на складе будет поддерживаться средняя величина запаса 40 т (рис. 1.3).



Рис. 1.2 Родовые функции производственной системы

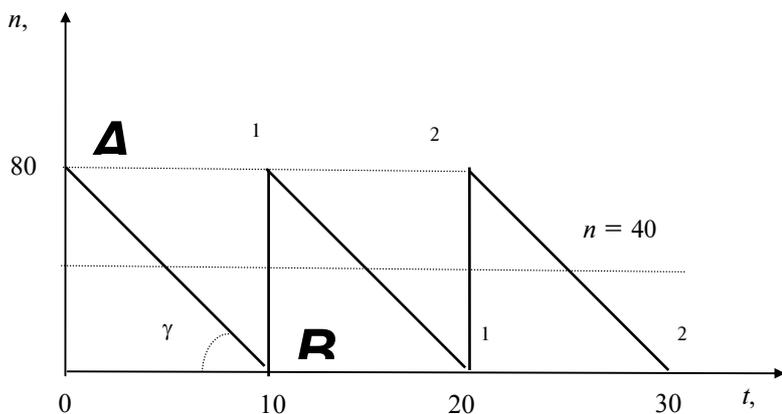


Рис. 1.3 Изменение величины текущего запаса n на складе между интервалами поставок в 10 дней

Производительность второй родовой функции (преобразование ресурсов) характеризуется тангенсом угла наклона γ отрезков прямых AB , A_1B_1 и A_2B_2 к оси абсцисс. Чем меньше угол наклона, тем меньше производительность второй родовой функции, тем больше будет интервал времени поставки материалов на предприятие. Чем больше будет угол, тем быстрее идет преобразование ресурсов, тем чаще следует завозить материал на предприятие.

Если бы скорость ввода ресурсов и скорость их преобразования существенно отличались бы, то запас металла на складе предприятия либо возрастал бы через каждые 10 дней, либо производство простаивало бы в конце этого периода из-за недостатка металла. Аналогичным образом должны быть согласованы объемы и интервалы поставок заготовок и деталей одних цехов предприятия другим.

В Японии получила распространение техника работы предприятий, получившая название «точно в срок». В этом случае, например, при производительности станков механического цеха 8 т деталей в день, поставки осуществлялись бы на предприятие ежедневно восьмитонным грузовиком. Запаса материала на предприятии вообще бы не было, однако, существенно выросли бы транспортные расходы, при отсутствии расходов на хранение материала.

Техника работы «точно в срок» возможна только в случае очень надежных поставщиков материалов, расположенных на небольшом расстоянии от предприятия. В случае ненадежных поставщиков материалов предприятие формирует страховые запасы материалов и комплектующих изделий на случай срыва очередной поставки. Следовательно, появляются дополнительные затраты на хранение страхового запаса, ухудшаются показатели оборачиваемости запасов. На рис. 1.4 показана ситуация, когда пер-

вая партия материалов величиной 80 т поступила с опозданием и предприятию пришлось расходовать страховой запас. Вторая поставка материалов должна быть увеличена на Δn т, с тем, чтобы обеспечить текущий запас в 80 т и пополнить страховой запас в 40 т.

Если поставщики материалов и комплектующих изделий надежны, однако расстояния перевозки грузов большие, то, как правило, предприятию выгоднее формировать текущий запас материалов и комплектующих изделий, а не использовать технику работы «точно в срок». Оптимальный размер поставки материалов на предприятие можно рассчитать по формуле Вильсона

$$n_0 = \sqrt{\frac{2Na}{P\beta}},$$

где n_0 – оптимальная величина партии поставки материала, т; N – годовая потребность в материалах, т; a – расходы на обслуживание одной партии поставки, р.; P – цена материалов, р./т; β – коэффициент, учитывающий затраты на хранение материалов на складе.

Графическая интерпретация формулы Вильсона дана на рис. 1.5. Из рисунка видно, что с ростом количества материала в партии поставки, количество этих поставок N/n в течение года уменьшится.

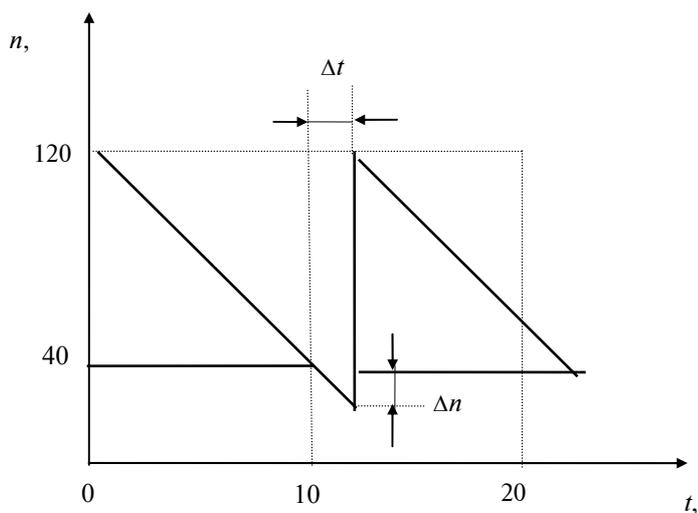


Рис. 1.4 Ситуация запаздывания поставки материалов на Δt дней, приводящая к использованию части Δn страхового запаса.
Страховой запас – 40 т

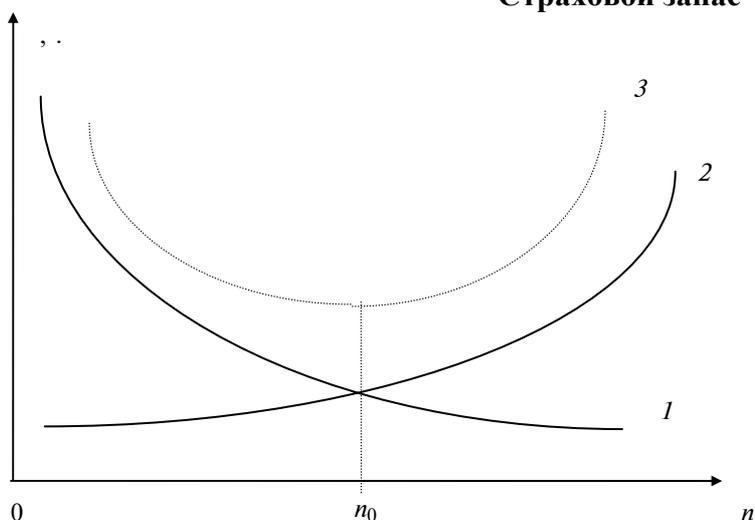


Рис. 1.5 Графический способ расчета оптимальной величины n_0 поставки материала на предприятие:

1 – затраты на обслуживание поставок материалов в течение года;
 2 – затраты на хранение партии материалов; 3 – суммарные затраты

Следовательно, уменьшаются и годовые затраты, связанные с обслуживанием поставок (размещение заказа на материал, приемка материала, контроль прохождения платежей и т.д.). С другой стороны, с увеличением n растет требуемая площадь склада и, следовательно, увеличиваются и затраты на хранение партии материала. Складывая ординаты кривых 1 и 2 получим величину суммарных затрат, изображенных на рис. 1.5 кривой 3 . Минимум на кривой 3 соответствует оптимальной величине партии n_0 поставки материала.

Пример. Годовая потребность предприятия в материале 800 т. Цена материала 9000 р./т; затраты на обслуживание одной поставки 300 р., независимо от ее величины; затраты на хранение партии принимаются равными 5 % от среднегодовой стоимости материалов, хранящихся на складе. Определить рациональную величину партии поставки материала.

Решение. По формуле Вильсона определяем

$$n_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 800 \cdot 300}{9000 \cdot 0,05}} = 33 \text{ т.}$$

Однако, 33 т не равны и не кратны годовой потребности предприятия в материалах, равной 800 т. Поэтому принимаем величину партии такой, чтобы количество поставок в течение года было бы целым числом. Очевидно, что при 40 т количество поставок будет равно $800/40 = 20$. Окончательно величину партии поставок материалов принимаем равной 40 т, как наиболее близкую к оптимальной.

Формулу Вильсона также можно использовать и для расчета оптимальной величины партии отгрузки готовой продукции.

Укажем на некоторые полезные следствия, вытекающие из формулы Вильсона. Для этого рассмотрим внутривозовские поставки заготовок и деталей, которые осуществляются основными цехами предприятия. Введем в формулу Вильсона некоторые изменения. Будем считать, что P – это цеховая себестоимость одной заготовки или детали, произведенной цехом; a – затраты на переналадку оборудования в цехе при переходе с одного наименования деталей на другое. Очевидно, что при прочих равных условиях себестоимость деталей из цветных металлов будет больше чем из черных; себестоимость крупных деталей будет больше себестоимости мелких; по ходу технологического процесса себестоимость детали будет увеличиваться. Принимая во внимание вышесказанное можно прийти к следующим выводам:

- 1) для деталей из цветных металлов партия n_0 будет меньше, чем для деталей из черных металлов;
- 2) для мелких деталей n_0 будет больше, чем для крупных;
- 3) для заготовительных цехов величина n_0 будет больше, чем для сборочных.

1.2 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ПРОСТРАНСТВЕ

Основные, вспомогательные и специальные функции управления производством взаимосвязаны (см. рис. 1.1). Эта взаимная связь и взаимообусловленность функций особенно четко просматривается на генеральном плане предприятия. **Генеральный план** – это вычерченное в определенном масштабе графическое изображение территории предприятия с расположением всех зданий, сооружений, складов, коммуникаций, дорог, зеленых насаждений и ограждений. Генеральный план разрабатывается на основе определенных принципов. Эти принципы позволяют рационально организовать процесс производства продукции на территории предприятия (т.е. в пространстве) и тем самым минимизировать затраты на строительство и эксплуатацию предприятия.

Основные принципы организации производства в пространстве (на территории предприятия) следующие.

1 Здания основных цехов, складов сырья и материалов, а также готовой продукции должны располагаться по ходу производственного процесса, обеспечивая минимальное значение грузооборота на предприятии. Внутри производственных подразделений также должен выполняться принцип прямоочности, т.е. путь прохождения изделием всех стадий и операций производственного процесса – от запуска в производство исходных материалов и до выхода готовой продукции – должен быть минимальным.

2 Склады сырья и основных материалов должны размещаться на границе территории предприятия со стороны ввоза грузов, около заготовительных цехов. Склады готовой продукции располагаются около сборочных цехов в месте вывоза грузов с предприятия.

3 Вспомогательные цехи должны быть по возможности расположены ближе к основным цехам, потребляющим их продукцию.

4 Должна быть обеспечена компактность застройки за счет: рационального зонирования территории (зона основных цехов, энергетических подстанций, зона общезаводских служб и учреждений, зона складов); минимальных разрывов между зданиями и сооружениями; объединения отдельных цехов в одном здании – блоке цехов.

5 Взаимное расположение зданий должно удовлетворять всем правилам и нормам пожарнотехнической безопасности, экологическим, санитарно-гигиеническим и другим требованиям.

Свое дальнейшее развитие генеральный план получает в планировке (размещении) оборудования и рабочих мест в пространстве цеха и производственного участка. На планировке цеха (участка) показываются: строительные элементы (стены, колонны); технологическое оборудование и производственный инвентарь (станки, машины, верстаки, стенды); подъемно-транспортные устройства (краны, транспортеры, рольганги); кладовые, конторские помещения, санитарные узлы, вспомогательные помещения, расположенные на площади цеха. Рациональная планировка должна обеспечивать благоприятные условия труда, наименьшую продолжительность производственного цикла и наилучшие условия для управления работниками и материальными факторами производства.

Взаимное расположение рабочих мест и оборудования определяется характером технологического процесса и общей компоновкой цеха. Применяются два основных способа расположения оборудования – по типам оборудования (цехи и участки **технологической специализации**) и по ходу технологического процесса (цехи и участки **предметной специализации**).

Первый способ характерен для единичного и мелкосерийного производства. Оборудование группируется по признаку однородности – участки токарных, фрезерных, шлифовальных станков и т.д. В механических цехах при обработке деталей, имеющих форму тел вращения, участки располагаются в следующем порядке: токарные, фрезерные, поперечно-строгальные, радиально- и вертикально-сверлильные станки и т.д. Учитывается также использование подъемно-транспортного оборудования. С этой целью это оборудование распределяется на группы в зависимости от веса обрабатываемых деталей и потребности в кранах и транспортных средствах соответствующей грузоподъемности.

При размещении оборудования по *второму способу*, характерному для цехов серийного и массового производства, руководствуются рядом правил:

- длина линий станков не должна превышать 60 м с учетом требований нормального обслуживания производственного процесса;
- линии станков следует размещать вдоль проходов; при передаче предметов труда из одного пролета в другой не должна нарушаться прямоочность движения;
- проходы и проезды должны пересекаться под прямыми углами во избежание излишних потерь площади;
- при расположении каждой отдельной единицы в линии учитывается удобство размещения станков относительно транспортных устройств.

На машиностроительных предприятиях часто проводятся перепланировки оборудования на участках и в цехах. Выбор рациональной планировки оборудования определяется тем, что она влияет на прямоочность, непрерывность и ритмичность производственного процесса, на величину транспортных расходов, себестоимость продукции, капиталовложения, уровень организации труда и т.д.

Для участка или цеха с ограниченной номенклатурой изготавливаемых деталей и, следовательно, с небольшим числом различных технологических маршрутов нахождение рациональной планировки обо-

рудования достаточно просто решается методами классического анализа. Для участков, на которых обрабатывается широкая номенклатура деталей при большом числе различных технологических маршрутов изготовления (например, свыше 100) нахождение оптимальной планировки оборудования является многовариантной задачей.

В общем случае число всех возможных вариантов расположения оборудования на участке определяется числом перестановок станков, которое может быть очень большим (например, для участка из шести станков число вариантов планировок оборудования составляет 720). Поэтому и возникает задача нахождения оптимального варианта планировки оборудования на многономенклатурном участке.

Наиболее обобщенным критерием, позволяющим получить количественную оценку влияния планировки оборудования производственного участка на результаты работы, является себестоимость продукции. Себестоимость продукции изменяется за счет следующих факторов: изменения затрат на перемещение материала в процессе производства на участке; изменение размеров производственной площади участка; повышения коэффициента загрузки оборудования. Влияние двух последних факторов на себестоимость продукции незначительно, поэтому основным фактором, влияющим на себестоимость продукции, является изменение затрат на перемещение материала в процессе производства. Затраты на перемещение, в свою очередь, зависят от объема грузооборота на участке. (Под грузооборотом понимается общий объем транспортных работ на участке.)

Таким образом, критерием количественной оценки того или иного варианта планировки может быть объем грузооборота. В таком показателе отражено влияние важнейших факторов: номенклатуры деталей, закрепленных за предметно-замкнутым участком; программы выпуска, веса деталей, маршрута обработки.

В процессе изготовления, в зависимости от вариантов планировки участка, детали проходят различный путь L_{ij} , где L_{ij} – общая длина транспортного пути за весь цикл изготовления i -го наименования детали при j -ом варианте.

Суммарный путь определяется по формуле

$$L = \sum_{i=1}^m L_{ij} .$$

Суммарный грузооборот участка зависит от плана расположения рабочих мест на участке

$$Q_i = \sum_{i=1}^m n_i g_i L_{ij} ,$$

где m – количество закрепленных за участком деталей; n_i – программное задание по i -му наименованию детали; g_i – вес i -й детали.

Задача формулируется следующим образом. Требуется разместить рабочие места на площади участка или цеха так, чтобы свести к минимуму грузооборот участка, т.е. найти такую планировку рабочих мест, чтобы был обеспечен минимум величины Q_i . Для решения сформулированной задачи можно применить метод направленного перебора – метод перестановок, основанный на приближении к оптимуму с помощью транспозиций матриц. Решение этой задачи возможно также с помощью метода Монте-Карло, метода с применением теории графов, а также с помощью «булевой» алгебры.

1.3 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ

Пропорциональность в организации производства предполагает соответствие пропускной способности (относительной производительности в единицу времени) всех подразделений предприятия – цехов, участков, отдельных рабочих мест по выпуску готовой продукции. Степень пропорциональности производства может быть охарактеризована величиной отклонения пропускной способности (мощности) каждого технологического передела от запланированной величины выпуска продукции.

Пример. Имеются три последовательно выполняемые операции с нормами времени: $t_1 = 6$ мин/ед.; $t_2 = 4$ мин/ед.; $t_3 = 2$ мин/ед. Каждая операция выполняется на одном рабочем месте. Определить часовую производительность этой цепи рабочих мест.

Решение. Определим часовую пропускную способность каждого рабочего места. Первое рабочее место: $60/6 = 10$ ед./ч; второе – $60/4 = 15$ ед./ч и третье – $60/2 = 30$ ед./ч. Следовательно, «узким местом» в технологическом процессе будет первое рабочее место и производительность всей цепи рабочих мест составит 10 ед./ч. Принцип пропорциональности в данном случае не выполняется. Второе и третье рабочее место будут недогружены и рабочие, выполняющие эти операции, будут заняты на $(10/15) 100\% = 67\%$ и на $(10/30) 100\% = 33\%$, соответственно. Рабочий на первом рабочем месте будет занят на 100%.

Пропорциональность производства исключает перегрузку одних рабочих мест, т.е. возникновение «узких мест», и недоиспользование мощностей в других звеньях и является предпосылкой равномерной работы предприятия т.е. обеспечивает бесперебойный ход производства.

Базой соблюдения пропорциональности является правильное проектирование предприятия, оптимальное сочетание основных и вспомогательных производственных звеньев. Однако при современных темпах обновления производства, быстрой сменяемости номенклатуры производимой продукции и сложной кооперации производственных звеньев задача поддержания пропорциональности производства становится постоянной.

С изменением производства меняются взаимоотношения между производственными звеньями, загрузка отдельных подразделений производства изменяет установившиеся пропорции в производстве и требует повышения мощности смежных участков.

Одним из методов поддержания пропорциональности в производстве является оперативно-календарное планирование, которое позволяет разрабатывать задания для каждого производственного звена с учетом, с одной стороны, комплексного выпуска продукции, а с другой – наиболее полного использования возможностей производственного аппарата. В этом случае работа по поддержанию пропорциональности совпадает с планированием ритмичности производства.

Пропорциональность в производстве поддерживается также своевременной заменой орудий труда, повышением уровня механизации и автоматизации производства, путем изменений в технологии производства и т.д. Это требует системного подхода к решению вопросов реконструкции и технического перевооружения производства, планирования освоения и пуска новых производственных мощностей.

Усложнение продукции, использование полуавтоматического и автоматического оборудования, углубление разделения труда увеличивают число параллельно проводимых процессов по изготовлению одного продукта, органическое сочетание которых надо обеспечить, т.е. дополняет пропорциональность **принципом параллельности**. Под параллельностью понимается одновременное выполнение отдельных частей производственного процесса применительно к разным частям общей партии деталей. Чем шире фронт работ, тем меньше при прочих равных условиях длительность изготовления продукции. Вернемся к предыдущему примеру. Длительность изготовления 1 ед. продукции в этом случае составит:

$t_1 + t_2 + t_3 = 6 + 4 + 2 = 12$ мин. Введем параллельные рабочие места на этих операциях $c_1 = 3$, $c_2 = 2$, $c_3 = 1$ так, чтобы среднее время выполнения каждой операции было бы одинаковым: $t_1 / c_1 = t_2 / c_2 = t_3 / c_3 = 2$ мин. Очевидно, что в этом случае будет выполняться принцип пропорциональности («узкие места» будут отсутствовать), а длительность изготовления 1 ед. продукции сократится до $2 + 2 + 2 = 6$ мин. Часовая производительность увеличится с 10 ед./ч до $60/2 = 30$ ед./ч за счет введения параллельных рабочих мест.

Параллельность реализуется на всех уровнях организации. На рабочем месте параллельность обеспечивается совершенствованием структуры технологической операции, и в первую очередь технологической концентрацией, сопровождающейся многоинструментальной, либо многопредметной обработкой. Параллельность в выполнении основных и вспомогательных элементов операции заключается в совмещении времени машинной обработки со временем установки и съема деталей, контрольных про-

меров, загрузки и выгрузки аппарата с основным технологическим процессом и т.п. Параллельное выполнение основных процессов реализуется в многопредметной обработке деталей, одновременном выполнении сборочно-монтажных операций над одинаковыми или различными объектами. Уровень параллельности производственного процесса может быть охарактеризован при помощи коэффициента параллельности α , исчисляемого как соотношение длительности производственного цикла при последовательном движении предметов труда T_p и фактической его длительности T

$$\alpha = T_p / T.$$

Коэффициент параллельности показывает во сколько раз данный производственный цикл короче последовательно организованного цикла.

Пропорциональности реализуемых технологических операций можно также достичь посредством *перекомпоновки технологических переходов*.

Пример. Имеются три последовательно выполняемые ручные операции с нормами времени: $t_1 = 6$ мин/ед.; $t_2 = 4$ мин/ед.; $t_3 = 5$ мин/ед. Каждая операция выполняется на одном рабочем месте. Разбить операции на технологические переходы и перекомпоновать их так, чтобы выполнялся принцип пропорциональности.

Решение. «Узким местом» является первая операция. Часовая производительность всей цепи рабочих мест составит $60/6 = 10$ ед./ч. Разделим первую операцию на два технологических перехода $t_{11} = 1$ мин/ед. и $t_{12} = 4$ мин/ед. и затем объединим t_{12} и t_2 . В результате получим $t_{11} = 5$, $t_{12} + t_2 = 1 + 4 = 5$ и $t_3 = 5$ мин/ед. Производительность процесса повысится: $60/5 = 12$ ед./ч.

Перекомпоновка технологических переходов осуществима только в тех случаях, когда на смежных операциях установлено взаимозаменяемое оборудование, либо эти операции выполняют взаимозаменяемые рабочие.

В условиях сложного многозвенного процесса изготовления продукции все большее значение приобретает **непрерывность производства**, что обеспечивает ускорение оборачиваемости оборотных средств. Повышение непрерывности – важнейшее направление интенсификации производства. На рабочем месте она достигается в процессе выполнения каждой операции путем сокращения вспомогательного времени (внутриоперационных перерывов), на участке и в цехе при передаче полуфабриката с одного рабочего места на другое (межоперационных перерывов) и на предприятии в целом; сведения перерывов до минимума в целях максимального ускорения оборачиваемости материально-энергетических ресурсов (межцехового пролеживания).

Непрерывность работ в пределах операции обеспечивается прежде всего совершенствованием орудий труда – введением автоматической переналадки, автоматизацией вспомогательных процессов, использованием специальной оснастки и приспособлений.

Сокращение межоперационных перерывов связано с выбором наиболее рациональных методов сочетания и согласования частичных процессов во времени. Одними из предпосылок сокращения межоперационных перерывов являются применение непрерывных транспортных средств, использование в процессе производства жестко взаимосвязанной системы машин и механизмов, применение роторных линий. Степень непрерывности производственного процесса может быть охарактеризована коэффициентом непрерывности β , исчисляемым как соотношение длительности технологической части производственного цикла продолжительности $T_{\text{тех}}$ и продолжительности полного производственного цикла T

$$\beta = T_{\text{тех}} / T.$$

Непрерывность производства рассматривается в трех аспектах: непрерывного участия в процессе производства предметов труда – сырья и полуфабрикатов; непрерывной загрузки оборудования; рационального использования рабочей силы (рабочего времени исполнителей). Обеспечивая непрерывность движения предметов труда, одновременно необходимо свести к минимуму остановки оборудования для переналадки, в ожидании поступления материалов и т.п. Это требует повышения однообразия работ, выполняемых на каждом рабочем месте, а также использования быстро переналаживаемого оборудования (станков с программным управлением), копировальных станков и т.д.

Для обеспечения полного использования оборудования, материально-энергетических ресурсов и рабочего времени важное значение имеет ритмичность производства, являющаяся основополагающим принципом его организации.

Принцип ритмичности предполагает равномерный выпуск продукции и ритмичный ход производства. Уровень ритмичности может быть охарактеризован коэффициентом δ , который определяется отношением фактических объемов выпуска продукции n_f , но не больше планового задания, к плановому выпуску продукции n

$$\delta = n_f / n.$$

Пример. Имеются следующие месячные показатели работы производственного участка:

| Объем выпуска продукции, % | Первая декада | Вторая декада | Третья декада |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Плановый n | 33 | 33 | 34 |
| Фактический n_f | 10 | 10 | 80 |

Определить коэффициент ритмичности работы участка в течение месяца по декадным данным.

Решение.

$$\delta = \frac{10+10+34}{33+33+34} = 0,54.$$

Производственное задание на участке было выполнено, но участок работал неритмично – план был выполнен за счет объема продукции, произведенного в третьей декаде.

Равномерный выпуск продукции означает изготовление в равные промежутки времени одинакового или постепенно возрастающего количества продукции. Ритмичность производства выражается в повторении через равные промежутки времени частных производственных процессов на всех стадиях производства и осуществлении на каждом рабочем месте в равные промежутки времени одинакового объема работ, содержание которых в зависимости от метода организации рабочих мест может быть одинаковым или различным.

Ритмичность производства – одна из основных предпосылок рационального использования всех его элементов. При ритмичной работе обеспечиваются полная загрузка оборудования, нормальная его эксплуатация, улучшается использование материально-энергетических ресурсов, рабочего времени.

Обеспечение ритмичной работы является обязательным для всех подразделений производства – основных, обслуживающих и вспомогательных цехов, материально-технического снабжения. Неритмичная работа каждого звена приводит к нарушению нормального хода производства.

Порядок повторения производственного процесса определяется *производственными ритмами*. Необходимо различать ритм выпуска продукции (в конце процесса), операционные (промежуточные) ритмы, а также ритм запуска (в начале процесса). Ведущим является ритм выпуска продукции. Он может быть длительно устойчивым только при условии, если соблюдаются операционные ритмы на всех рабочих местах. Методы организации ритмичного производства зависят от особенностей специализации предприятия, характера изготавливаемой продукции и уровня организации производства. Ритмичность обеспечивается организацией работы во всех подразделениях предприятия, а также своевременной его подготовкой и комплексным обслуживанием.

Современный уровень научно-технического прогресса предполагает соблюдение гибкости организации производства. Традиционные принципы организации производства ориентированы на устойчивый характер производства – стабильную номенклатуру продукции, специальные виды оборудования и т.п. В условиях быстрого обновления номенклатуры продукции меняется технология производства. Между тем, быстрая смена оборудования, перестройка его планировки вызвали бы неоправданно высокие затраты, и это явилось бы тормозом технического прогресса. Невозможно также часто менять производственную структуру (пространственную организацию звеньев). Это выдвинуло новое требование к

организации производства – гибкость. В поэлементном разрезе это означает прежде всего быструю переналаживаемость оборудования. Достижения микроэлектроники создали технику, способную к широкому диапазону использования и производящую в случае необходимости автоматическую самоподналадку.

Широкие возможности повышения гибкости организации производства дает использование типовых процессов выполнения отдельных стадий производства. Хорошо известно построение переменноточных линий, на которых без их перестройки может изготавливаться различная продукция. Так, сейчас на обувной фабрике на одной поточной линии изготавливаются различные модели женской обуви при однотипном методе крепления низа; на автосборочных конвейерных линиях без переналадки происходит сборка машин не только разной расцветки, но и модификации. Эффективно создание гибких автоматизированных производств, основанных на применении роботов и микропроцессорной техники. Большие возможности в этом плане обеспечивает стандартизация полуфабрикатов. В таких условиях при переходе на выпуск новой продукции или освоении новых процессов нет необходимости перестраивать все частичные процессы и звенья производства.

Одним из важнейших принципов современной организации производства является ее *комплексность, сквозной характер*. Современные процессы изготовления продукции характеризуются сращиванием и переплетением основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, при этом вспомогательные и обслуживающие процессы занимают все большее место в общем производственном цикле. Это связано с известным отставанием механизации и автоматизации обслуживания производства по сравнению с оснащенностью основных производственных процессов. В этих условиях становится все более необходимой регламентация технологии и организации выполнения не только основных, но и вспомогательных и обслуживающих процессов производства.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

За д а н и е 1 Рассчитать величину грузооборота на производственном участке для данного варианта размещения станков на этом участке.

| | | | |
|---------------------------|-----|-----|------|
| Вес детали, кг | 3 | 2,5 | 0,80 |
| Количество деталей, ед. | 100 | 200 | 100 |
| Расстояние перемещения, м | 20 | 12 | 18 |

За д а н и е 2 Имеются три последовательно выполняемые ручные операции с нормами времени: $t_1 = 4$ мин/ед.; $t_2 = 5$ мин/ед.; $t_3 = 3$ мин/ед. Каждая операция выполняется на одном рабочем месте. Разбить операции на технологические переходы и перекомпоновать их так, чтобы выполнялся принцип пропорциональности. Определить часовую производительность цепи рабочих мест до и после перекомпоновки технологических переходов.

За д а н и е 3 Выяснить выполняется ли принцип пропорциональности для различных групп оборудования. Перераспределить производственную программу так, чтобы этот принцип соблюдался. По технологии производства можно перераспределять производственную программу между группами токарных (ТК) и револьверных (РВ) станков. «Узкие места» определяются с точностью 5 %.

| Группа оборудования | Токарные станки (ТК) | Револьверные станки (РВ) | Фрезерные станки (ФР) |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Производственная программа, ч | 16 526 | 8163 | 2080 |
| Пропускная способность группы, ч | 15 024 | 8800 | 2000 |

РЕШЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ

Решение задания 1 Величина грузооборота на участке определяется по формуле

$$Q_i = \sum_{i=1}^m n_i g_i L_{ij} = 100 \cdot 3 \cdot 20 + 200 \cdot 2,5 \cdot 12 + 100 \cdot 0,8 \cdot 18 = 13\,440 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Решение задания 2 «Узким местом» является вторая операция. Часовая производительность всей цепи рабочих мест до перекомпоновки составит $60/5 = 12$ ед./ч. Разделим вторую операцию на два технологических перехода $t_{21} = 4$ и $t_{22} = 1$ мин/ед. и затем объединим t_{22} и t_3 . В результате получим $t_1 = 4$, $t_{21} = 4$, $t_{22} + t_3 = 1 + 3 = 4$ мин/ед. Производительность процесса после перекомпоновки технологических переходов повысится: $60/4 = 15$ ед./ч.

Решение задания 3 Определим коэффициенты загрузки различных групп оборудования: ТК = $16\,526 / 15\,024 = 1,1$; РВ = $8163 / 8800 = 0,93$; ФР = $2080 / 2000 = 1,04$. Очевидно, что «узким местом» являются станки группы ТК, а недогруженной группой – станки РВ. Загрузка станков ФР находится в пределах нормы. Обозначим через x трудоемкость производственной программы, которую нужно передать со станков ТК на станки РВ так, чтобы загрузка станков ТК понизилась, например, до 1,04. Имеем: $(16\,526 - x) / 15\,024 = 1,04$, отсюда $x = 901$ ч. После перераспределения загрузка станков РВ увеличится: $(8163 + 901) / 8800 = 1,03$, но будет в пределах нормы (допустимая перегрузка 5 %). Окончательно: для станков ТК трудоемкость производственной программы $16\,526 - 901 = 15\,625$ ч, а для станков РВ $8163 + 901 = 9064$ ч.

ТЕСТ

- 1 Основной производственный процесс состоит из следующих стадий:
 - а) заготовительной, обработочной и реализующей;
 - б) обрабатывающей, транспортной, складской;
 - в) заготовительной, обработочной и сборочной;
 - г) обработочной, складской и сборочной.
- 2 Если производственные участки располагаются по ходу технологического процесса, то выполняется принцип:
 - а) согласованности;
 - б) пропорциональности;
 - в) прямоточности;
 - г) комплексности.
- 3 Если производительность смежных производственных участков одинакова, то выполняется принцип:
 - а) равномерности;
 - б) ритмичности;
 - в) пропорциональности;
 - г) согласованности.
- 4 К основным цехам предприятия относят:
 - а) механический;
 - б) ремонтный;
 - в) инструментальный;
 - г) транспортный.
- 5 Оптимальную величину партии поставок материалов определяют исходя из следующих затрат:
 - а) на транспортные расходы и затраты на обработку материалов;
 - б) на хранение материалов и стоимость их приобретения;
 - в) на возобновление заказа и хранение материалов;

- г) на переналадку оборудования и транспортные расходы.
- 6 Генеральный план предприятия это:
 - а) годовой план производства и реализации продукции;
 - б) план подготовки производства к выпуску новых видов продукции;
 - в) годовой финансовый план предприятия;
 - г) чертеж, на котором показано размещение на местности всех цехов и служб предприятия.
- 7 На участке технологической специализации установлено:
 - а) оборудование одного и того же функционального назначения, но разных типоразмеров;
 - б) оборудование различного функционального назначения, предназначенного для выпуска определенной продукции;
 - в) самое различное оборудование не предназначенное для выпуска определенной продукции;
 - г) оборудование для массового производства продукции.
- 8 При расчете коэффициента ритмичной работы предприятия учитывают объемы производства,
 - а) которые были получены сверх установленного плана;
 - б) полученные фактически, но не превышающие планового задания;
 - в) только полученные фактически, независимо от плана производства;
 - г) максимальные и минимальные объемы производства.
- 9 Для непрерывного хода производственного процесса необходимо выполнение следующих принципов:
 - а) параллельности и комплексности;
 - б) прямоточности и ритмичности;
 - в) пропорциональности и ритмичности;
 - г) пропорциональности и прямоточности.
- 10 Производственная структура предприятия это
 - а) совокупность цехов и служб предприятия и устойчивых взаимосвязей между ними;
 - б) совокупность служб, осуществляющих управление предприятием;
 - в) совокупность основных и вспомогательных цехов предприятия;
 - г) совокупность основных цехов, связанных между собой взаимными поставками полуфабрикатов.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ

2.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Производственным циклом изготовления той или иной машины или ее отдельного узла (детали) называется *календарный период времени, в течение которого этот предмет труда проходит все стадии производственного процесса* – от первой производственной операции до сдачи (приемки) готового продукта включительно. Сокращение цикла дает возможность каждому производственному подразделению (цеху, участку) выполнить заданную программу с меньшим объемом незавершенного производства. Это значит, что предприятие получает возможность ускорить оборачиваемость оборотных средств, выполнить установленный план с меньшими затратами этих средств, высвободить часть оборотных средств.

Производственный цикл состоит из двух частей: из рабочего периода, т.е. периода, в течение которого предмет труда находится непосредственно в процессе изготовления, и из времени перерывов в этом процессе $T_{\text{пер}}$.

Рабочий период состоит из времени выполнения технологических $T_{\text{тех}}$ и нетехнологических операций $T_{\text{н/тех}}$; к числу последних относятся все контрольные и транспортные операции с момента выполнения первой производственной операции и до момента сдачи законченной продукции.

Структура производственного цикла (соотношение образующих его частей – $T_{\text{тех}}$, $T_{\text{н/тех}}$, $T_{\text{пер}}$) в различных отраслях машиностроения и на разных предприятиях неодинакова. Она определяется характером производимой продукции, технологическим процессом, уровнем техники и организации производства. Однако несмотря на различия в структуре возможности сокращения длительности производственного цикла заложены как в сокращении рабочего времени, так и в сокращении времени перерывов. Опыт передовых предприятий показывает, что на каждой стадии производства и на каждом производственном участке могут быть обнаружены возможности дальнейшего сокращения длительности производственного цикла. Оно достигается проведением различных мероприятий как технического (конструкторского, технологического), так и организационного порядка. Особое внимание следует обращать на сокращение времени перерывов $T_{\text{пер}}$, на долю которых в структуре производственного цикла в серийном производстве может приходиться до 60 % и только 40 % на долю ($T_{\text{тех}} + T_{\text{н/тех}}$).

В общем виде продолжительность производственного цикла рассчитывается по формуле

$$T = T_{\text{тех}} + T_{\text{н/тех}} + T_{\text{пер}},$$

где ($T_{\text{тех}} + T_{\text{н/тех}}$) – продолжительность рабочего периода, состоящего из времени технологических операций и времени нетехнологических операций соответственно.

Время нетехнологических операций обычно не учитывают при расчете продолжительности производственного цикла, поскольку при изготовлении деталей партиями контрольные и транспортные операции перекрываются временем технологических процессов. Другими словами, пока изготавливается очередная партия деталей, предыдущая (уже изготовленная партия) контролируется и перемещается на следующую операцию. В единичном производстве в продолжительность производственного цикла обязательно следует включать время нетехнологических операций, а в серийном – нет. Далее будем рассматривать проблему расчета продолжительности производственного цикла для условий серийного производства.

Время перерывов, в основном, состоит из времени перерывов между операциями. Эти перерывы возникают из-за того, что принцип пропорциональности невозможно выдержать абсолютно для всех выпускаемых на предприятии деталей и узлов. В течение этого времени детали пролеживают около станков в ожидании обработки на следующем рабочем месте. Упрощенно полагают, что $T_{\text{пер}} = mT_{\text{мо}}$, где m – количество технологических операций в производственном процессе, $T_{\text{мо}}$ – среднее время перерыва между двумя операциями.

Время выполнения технологических операций (*технологический цикл*) зависит от вида движения предметов труда в процессе их обработки или сборки, то есть от того каким образом организован технологический процесс во времени. Различают три основных вида организации производственных процессов во времени.

1 Последовательный T_p , характерный для единичной или партионной обработки или сборки изделий.

2 Параллельно-последовательный T_{pp} , используемый в условиях прямочной обработки или сборки изделий.

3 Параллельный T_{pr} , применяемый в условиях поточной обработки или сборки.

При *последовательном* виде движения производственный заказ – одна деталь, или одна собираемая машина, или партия деталей (серия машин) – в процессе их производства переходит на каждую последующую операцию процесса только после окончания обработки (сборки) всех деталей (машин) данной партии (серии) на предыдущей операции. В этом случае с операции на операцию транспортируется вся партия деталей одновременно. При этом каждая деталь партии машины (серии) пролеживает на каждой операции сначала в ожидании своей очереди обработки (сборки), а затем в ожидании окончания обработки (сборки) всех деталей машин данной партии (серии) по этой операции.

Партией деталей n называется количество одноименных деталей, одновременно запускаемых в производство (обрабатываемых с одной наладки оборудования). *Серией машин* называется количество одинаковых машин, одновременно запускаемых в сборку.

На рис. 2.1 показана диаграмма *технологического цикла*, состоящего из четырех операций различной продолжительности. Если на рисунке было бы показано и время перерывов между операциями – то это была бы уже диаграмма *производственного цикла*. Каждая операция выполняется на одном станке. После окончания обработки рабочим всей партии деталей n на предыдущей операции, она вся целиком передается на следующую операцию.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда характеризуется тем, что процесс обработки деталей (сборки машин) данной партии (серии) на каждой последующей операции начинается раньше, чем

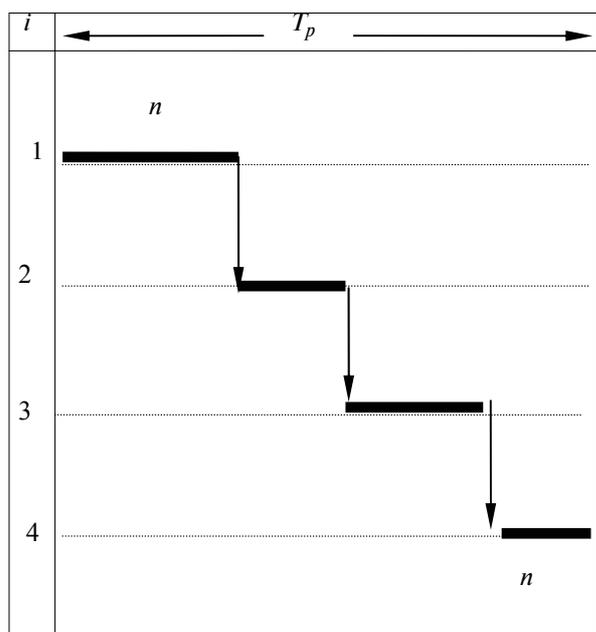


Рис. 2.1 Последовательный технологический цикл изготовления партии деталей величиной n на четырех технологических операциях с номерами $i = 1, 2, 3, 4$ в течение времени F

полностью заканчивается обработка всей партии деталей (сборки машин) на каждой предыдущей операции. Детали передаются с одной операции на другую частями, *транспортными (передаточными) партиями* величиной k . Накопление некоторого количества деталей на предыдущих операциях перед началом обработки партии на последующих операциях (производственный задел) позволяет избежать возникновения простоев.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда позволяет значительно уменьшить продолжительность производственного процесса обработки (сборки) по сравнению с последовательным видом движения. Применение параллельно-последовательного вида движения экономически целесообразно в случаях изготовления трудоемких деталей, когда длительности операций процесса значительно колеблются, а также в случаях изготовления малотрудоемких деталей крупными партиями (например, нормалей мелких унифицированных деталей и т.д.). На рис. 2.2, *a* представлена диаграмма параллельно-последовательного *технологического* цикла изготовления партии деталей величиной n , разбитой на три транспортные (передаточные) партии, каждая из которых содержит k единиц деталей. Время запуска каждой передаточной партии на следующую операцию подбирается так, чтобы на этой следующей операции обработка всех передаточных партий осуществлялась бы без простоев станков. Время межоперационных перерывов T_{mo} на графике не показано.

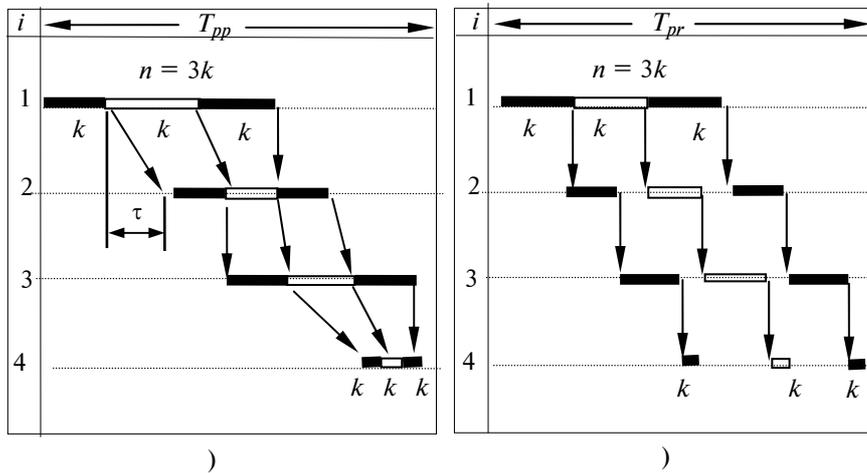


Рис. 2.2 Технологический цикл, партия деталей состоит из трех передаточных партий, величиной k :

a – параллельно-последовательный; b – параллельный;
 τ – время пролеживания передаточной партии на второй операции до момента ее запуска

При параллельном виде движения обработка (сборка) каждой передаточной партии k на каждой последующей операции начинается немедленно после окончания предыдущей операции. Этим параллельный технологический цикл отличается от параллельно-последовательного, в котором передаточная партия может некоторое время пролеживать до запуска на следующую операцию. Общая продолжительность процесса обработки (сборки) партии деталей (серии машин) значительно уменьшается по сравнению с тем же процессом, выполняемым последовательно, а в некоторых случаях и параллельно-последовательно. В этом заключается существенное преимущество параллельного вида движения, позволяющего значительно сократить продолжительность производственного процесса. График параллельного цикла изготовления партии деталей показан на рис. 2.2, б. Партия деталей величиной n , разбита на три транспортные (передаточные) партии, каждая из которых содержит k единиц деталей. Из сравнения рис. 2.2, а и б видно, что параллельный вид движения предметов труда допускает простои станков между обработкой передаточных партий на операциях (например, на операциях с номерами $i = 2, 3, 4$), а параллельно-последовательный – нет.

2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА, СООТВЕТСТВУЮЩИХ РАЗЛИЧНЫМ ВИДАМ ДВИЖЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ ТРУДА

Предположим, что процесс технологической обработки или сборки изделия состоит из i операций, каждая из которых имеет продолжительность t_i мин. ($i = 1, 2, \dots, m$). Для производства n изделий можно организовать последовательный, параллельно-последовательный и параллельный производственный циклы. Известны следующие формулы для расчета продолжительности этих циклов.

Последовательный производственный цикл

$$T_p = T_{\text{тех}} + T_{\text{пер}} = n \sum_{i=1}^m t_i + m T_{m0}; \quad (2.1)$$

параллельно-последовательный

$$T_{pp} = T_{\text{тех}} + T_{\text{пер}} = \left(n \sum_{i=1}^m t_i - (n-k) \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} \right) + m T_{m0}; \quad (2.2)$$

параллельный

$$T_{pr} = T_{\text{тех}} + T_{\text{пер}} = \left(k \sum_{i=1}^m t_i + (n-k)t_g \right) + mT_{mo}, \quad (2.3)$$

где k – передаточная (транспортная) партия, ед.; t_{si} – более короткая по продолжительности операция из двух смежных в технологическом цикле; t_g – главная операция (самая продолжительная) в технологическом цикле; T_{mo} – среднее время одного межоперационного перерыва; m – количество технологических операций.

Самый короткий по продолжительности и, следовательно, самый производительный – это параллельный цикл. Наиболее продолжительный и наименее производительный – это последовательный цикл.

Пример. Рассчитать продолжительность последовательного, параллельно-последовательного и параллельного производственного циклов. Исходные данные: $t_1 = 6$, $t_2 = 3$, $t_3 = 4$, $t_4 = 1$ мин, $n = 12$ ед., $k = 4$ ед. Среднее межоперационное время перерыва $T_{mo} = 2$ мин.

Решение. По (2.1) определяем продолжительность последовательного производственного цикла:

$$T_p = 12 (6 + 3 + 4 + 1) + 4 \cdot 2 = 168 + 8 = 176 \text{ мин.}$$

По (2.2) определяем продолжительность параллельно-последовательного производственного цикла:

$$\begin{aligned} T_{pp} &= [12 (6 + 3 + 4 + 1) - (12 - 4) (3 + 3 + 1)] + 4 \cdot 2 = \\ &= [168 - 56] + 8 = 120 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Более короткая по продолжительности операция t_{si} из двух смежных в технологическом цикле выбирается следующим образом: из операций $t_1 = 6$ и $t_2 = 3$ более короткая – 3 мин; из операций $t_2 = 3$ и $t_3 = 4$ более короткая – 3 мин; из операций $t_3 = 4$ и $t_4 = 1$ более короткая – 1 мин. Итак, имеем $(n - k) \sum t_{si} = (12 - 4) (3 + 3 + 1) = 56$ мин.

По (2.3) находим продолжительность параллельного производственного цикла, имея в виду, что продолжительность главной операции $t_g = 6$ мин: $T_{pr} = 4 (6 + 3 + 4 + 1) + (12 - 4) 6 + 4 \cdot 2 = 56 + 48 + 8 = 112$ мин. Из всех циклов самый короткий по продолжительности – параллельный. Однако, он имеет один недостаток – это простои станков и рабочих на всех операциях, кроме главной, в данном случае – это первая операция технологического цикла (рис. 2.2, б). Параллельно-последовательный цикл имеет большую продолжительность за счет того, что обработку некоторых передаточных партий приходится сдвигать на более поздние сроки с целью ликвидации простоев станков при выполнении технологических операций (рис. 2.2, а). Самый продолжительный и самый простой по организации – это параллельный производственный цикл.

Степень параллельности работ в технологическом цикле обычно характеризуют коэффициентом параллельности

$$\alpha = T_p / T,$$

где T – продолжительность того технологического цикла, длительность которого оценивается относительно последовательного цикла T_p .

Например, используя данные предыдущего примера определяем, что продолжительность последовательного цикла будет длиннее продолжительности параллельно-последовательного цикла в $176 / 120 = 1,46$ раза, параллельного в $176 / 112 = 1,57$ раза.

Чем короче производственный цикл, тем большее количество продукции n можно произвести в течение планового периода времени F , тем выше производительность производства продукции n / F . Поскольку $T_{pr} < T_{pp} < T_p$, то за период времени F наибольшие объемы производства n_{pr} будут соответствовать параллельному производственному циклу, наименьшие n_p – последовательному, а средние объемы n_{pp} –

параллельно-последовательному производственному циклу. Каждый вид движения предметов труда характеризуется определенной величиной переменных производственных затрат (рис. 2.3). Из рисунка видно, что в интервале небольших объемов производства ($0 - n_p$) целесообразно организовать последовательный производственный цикл; в среднем интервале ($n_p - n_{pp}$) – параллельно-последовательный и в интервале наибольших объемов ($n_{pp} - n_{pr}$) – параллельный производственный цикл.

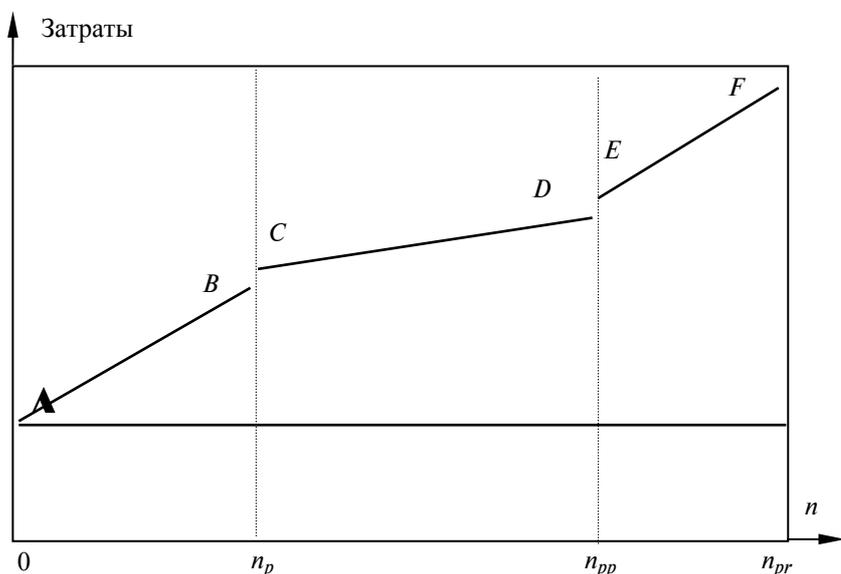


Рис. 2.3 Зависимость переменных затрат на производство продукции от объемов производства n :

AB – последовательный; CD – параллельно-последовательный;
 EF – параллельный производственный цикл

Увеличения объема производства до величины n_p , затем до n_{pp} и n_{pr} можно достигнуть только за счет увеличения численности работников и коэффициентов загрузки оборудования. Если производство продукции предполагается осуществлять в течение периода времени F , то объем производства n за этот период предопределяет и вид движения предметов труда. Из условия $F = T_p$, следует, что до объема производства n_p цикл будет последовательным

$$n_p = (F - mT_{m0}) / \sum_{i=1}^m t_i \quad (2.4)$$

Из условия $F = T_{pp}$ определяются объемы производства n_{pp} , до которых цикл будет параллельно-последовательным

$$n_{pp} = \left(F - mT_{m0} - k \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} \right) / \left(\sum_{i=1}^m t_i - \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} \right) \quad (2.5)$$

Из условия $F = T_{pr}$ рассчитывается максимально возможный объем производства n_{pr} , до которого организация работ в производственном цикле будет параллельной

$$n_{pr} = \left(F - mT_{mo} - k \sum_{i=1}^m t_i + kt_g \right) / t_g. \quad (2.6)$$

Как следует из (2.5) и (2.6) объемы производства n_{pp} и n_{pr} зависят от величины передаточной партии k . Максимальные объемы производства будут достигаться при $k = 1$ ед. С ростом k объемы производства n_{pp} и n_{pr} будут уменьшаться, при прочих равных условиях. В качестве приемлемых значений величины k следует выбирать только те, для которых n_{pp} / k или n_{pr} / k – целые числа. То есть объем производства в количестве n изделий можно разбить на целое число передаточных партий n / k .

Пример. Технологический процесс имеет четыре технологические операции ($m = 4$) со следующими нормами времени: $t_1 = 8$; $t_2 = 5$; $t_3 = 7$; $t_4 = 3$ мин. Плановый период времени $F = 480$ мин (одна рабочая смена). Среднее межоперационное время $T_{mo} = 5$ мин. Передаточная партия $k = 6$ ед. Определить интервалы объемов производства ($0 - n_p$) на которых организация производственного цикла будет последовательной; параллельно-последовательной ($n_p - n_{pp}$) и параллельной ($n_{pp} - n_{pr}$).

Решение. Верхнюю границу при которой еще возможен последовательный цикл находим из (2.4): $n_p = (480 - 4 \cdot 5) / (8 + 5 + 7 + 3) = 20$ шт.

Определим верхнюю границу параллельно-последовательного цикла при $k = 6$ ед. По (2.5) находим $n_{pp} = (480 - 4 \cdot 5 - 6 \cdot 13) / (23 - 13) = 38$ ед., где $\sum t_{si} = (5 + 5 + 3) = 13$; $\sum t_i = (8 + 5 + 7 + 3) = 23$ мин. Принимаем $n_{pp} = 36$ ед., как величину кратную $k = 6$ ед.

По (2.6) рассчитаем максимально возможные объемы производства, соответствующие параллельному производственному циклу

$$n_{pr} = (480 - 4 \cdot 5 - 6 \cdot 23 + 6 \cdot 8) / 8 = 46 \text{ ед.},$$

где $t_g = 8$ мин.

Принимаем $n_{pr} = 42$ ед. как величину кратную $k = 6$ ед. Окончательно имеем: $n_p = 20$, $n_{pp} = 36$, $n_{pr} = 42$ ед.

Преимущества и недостатки видов движения предметов труда

Последовательный производственный цикл. Отличается простотой организации и широко применяется в единичном и серийном производстве при партионной обработке деталей и сборке узлов. Недостатком последовательного движения является большая продолжительность технологического цикла. Каждая деталь перед началом последующей операции ожидает окончания обработки всей партии, в результате чего удлиняется общий цикл.

Параллельно-последовательный производственный цикл. Характеризуется тем, что изготовление предметов труда на последующей операции начинается до окончания обработки всей партии на предыдущей операции, т.е. имеется некоторая параллельность выполнения операций. При этом ставится условие, чтобы партия непрерывно обрабатывалась на каждом рабочем месте. Из-за этого условия параллельно-последовательный цикл может быть продолжительнее параллельного. Преимуществом параллельно-последовательного цикла является его более короткая продолжительность по сравнению с циклом последовательным. Недостатком этого вида движения является его очень сложная организация. Применяется главным образом в обрабатывающих цехах при изготовлении больших и трудоемких по операциям партий деталей.

Параллельный производственный цикл характеризуется тем, что предметы труда, передаются на последующую операцию и обрабатываются немедленно после выполнения предыдущей операции независимо от готовности всей партии. Таким образом, детали одной и той же партии изготавливаются параллельно на всех операциях. Малогабаритные нетрудоемкие предметы труда могут передаваться не поштучно, а передаточными (транспортными) партиями. Количество деталей в транспортной партии устанавливается опытным путем. Достоинством этого вида движения является самая короткая продолжительность производственного цикла при относительно простой организации. Если при параллельном движении операции не равны и не кратны по длительности и, следовательно, невозможно ввести параллельные рабочие места на эти операции так, чтобы выполнялся принцип пропорциональности, то на

всех операциях кроме главной возникают перерывы в работе оборудования и рабочих. Параллельное движение применяется в массовом и крупносерийном производстве при выполнении операций равной или кратной длительности.

2.3 ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

Рассмотрим основные правила, позволяющие сократить продолжительность производственного цикла.

1 При последовательном технологическом цикле уменьшение времени любой операции на величину Δt приводит к сокращению цикла на величину $n\Delta t$.

2 При параллельном технологическом цикле сокращение времени главной операции t_g на величину Δt_g , при условии, что она остается главной, приводит к тому, что цикл сокращается на величину $n\Delta t_g$.

3 Если нормы времени технологических операций монотонно возрастают или убывают по ходу производственного процесса, то продолжительность параллельного и параллельно-последовательного циклов будет одинаковой. Другими словами, наименьшую продолжительность будет иметь тот параллельно-последовательный цикл, у которого нормы времени подчиняются именно этому правилу.

Пример. Технологический процесс имеет четыре операции ($m = 4$) со следующими нормами времени: $t_1 = 8$; $t_2 = 7$; $t_3 = 5$; $t_4 = 3$ мин. Величина партии обработки $n = 10$ ед., передаточная партия $k = 2$ ед. Среднее межоперационное время $T_{mo} = 3$ мин. Рассчитать продолжительность параллельно-последовательного и параллельного производственного циклов.

Решение. Воспользуемся (2.2), (2.3). Для последовательно-параллельного цикла имеем

$$T_{pp} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n-k) \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} + mT_{mo} =$$

$$= 10(8+7+5+3) - (10-2)(7+5+3) + 4 \cdot 3 = 10 \cdot 23 - 8 \cdot 15 + 12 = 122 \text{ мин.}$$

Отбор более коротких по продолжительности операций t_{si} из двух смежных в технологическом цикле осуществляется следующим образом: из двух операций продолжительностью 8 и 7 мин более короткая – 7 мин; из двух операций продолжительностью 7 и 5 мин более короткая – 5 мин и, наконец, из двух операций продолжительностью 5 и 3 мин – более короткая 3 мин. Сумма коротких по времени операций: $(7 + 5 + 3) = 15$ мин.

Для параллельного производственного цикла:

$$T_{pr} = k \sum_{i=1}^m t_i + (n-k)t_g + mT_{mo} =$$

$$= 2(8+7+5+3) + (10-2)8 + 4 \cdot 3 = 2 \cdot 23 + 8 \cdot 8 + 12 = 122 \text{ мин.}$$

Главной операцией t_g (самой продолжительной по времени) технологического цикла является первая операция длительностью 8 мин. Таким образом, продолжительность параллельно-последовательного и параллельного циклов оказалась одинаковой из-за того, что нормы времени по ходу технологического процесса монотонно возрастают.

4 Если несколько деталей требуется изготовить на одном станке, то при запуске деталей в обработку в порядке возрастания норм времени, суммарное время пролеживания деталей у станка будет минимальным.

Пример. К станку было подано четыре детали со следующими нормами времени на обработку: $t_1 = 5$; $t_2 = 25$; $t_3 = 10$; $t_4 = 15$ мин. Рассчитать суммарное время пролеживания деталей для данной последовательности обработки; составить оптимальную очередность обработки деталей.

Решение. В табл. 2.1 и 2.2 приведено решение данной задачи. Первая деталь с нормой времени на изготовление 5 мин немедленно поступает в обработку. Поэтому время пролеживания этой детали равно 0. Вторая деталь с нормой времени 25 мин (табл. 2.1) или 10 мин (табл. 2.2) пролеживает в течение 5 мин, т.е. все то время, пока обрабатывается первая деталь. Третья по счету деталь пролеживает в течение времени обработки первых двух и т.д. В рассматриваемом случае оптимальная очередность запуска

деталей в обработку позволяет сократить суммарное время пролеживания деталей у станка на 25 мин ($75 - 50 = 25$ мин).

2.1 Исходная последовательность обработки деталей

| t_i , мин | Время пролеживания детали, мин |
|-------------|-----------------------------------|
| 5 | 0 |
| 25 | 5 |
| 10 | 30 |
| 15 | 40 |
| Итого | 75 |

2.2 Оптимальная последовательность обработки деталей

| t_i , мин | Время пролеживания детали, мин |
|-------------|-----------------------------------|
| 5 | 0 |
| 10 | 5 |
| 15 | 15 |
| 25 | 30 |
| Итого | 50 |

5 Если несколько наименований деталей обрабатывается на двух станках, то первой в обработку запускается деталь с минимальным временем изготовления на первом станке, а последней – с минимальным временем изготовления на втором станке. После чего эти детали исключают из очереди и дальнейший отбор деталей производится по тому же правилу. Полученная последовательность запуска деталей в обработку обеспечивает минимальную продолжительность производственного цикла обработки этих деталей.

Пример. Каждая из пяти деталей должна пройти обработку сначала на первом, а затем на втором станке. Нормы времени на обработку даны в табл. 2.3.

2.3 Исходные данные по обработке деталей

| № станка | Норма времени на обработку детали, мин/ед. | | | | |
|----------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Деталь 1 | Деталь 2 | Деталь 3 | Деталь 4 | Деталь 5 |
| Станок 1 | 3 | 2 | 5 | 4 | 1 |
| Станок 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 |

Определить продолжительность производственного цикла обработки пяти деталей в той последовательности, которая указана в табл. 2.3. Составить оптимальную очередность обработки этих деталей и рассчитать продолжительность производственного цикла.

Решение. Продолжительность производственного цикла обработки пяти деталей в последовательности 1 – 2 – 3 – 4 – 5 определим графически (рис. 2.4). Из рисунка видно, что продолжительность цикла равна 19 мин.

Осуществим отбор деталей для оптимальной очередности запуска в обработку. Первой в обработку будет запущена деталь с минимальным временем изготовления на первом станке – это деталь 5; последней – деталь 2, поскольку у нее самое малое время изготовления на втором станке (1 мин – табл. 2.3). Изобразим полученную последовательность таким образом: 5 – 2. Повторим процесс отбора исключив из него детали 5 и 2. Далее первой будет запущена в обработку деталь 1, поскольку она имеет минимальное время изготовления на первом станке (3 мин); последней в этом отборе будет деталь 4 с минимальным временем изготовления на втором станке – 2 мин. После второго отбора последовательность запуска будет выглядеть так: 5 – 1 – 4 – 2. Результат второго отбора помещается «внутри» первой последовательности обработки деталей. Остается деталь 3 – она будет и первой и последней в третьем отборе. Результат третьего отбора помещается «внутри» второй последовательности деталей:

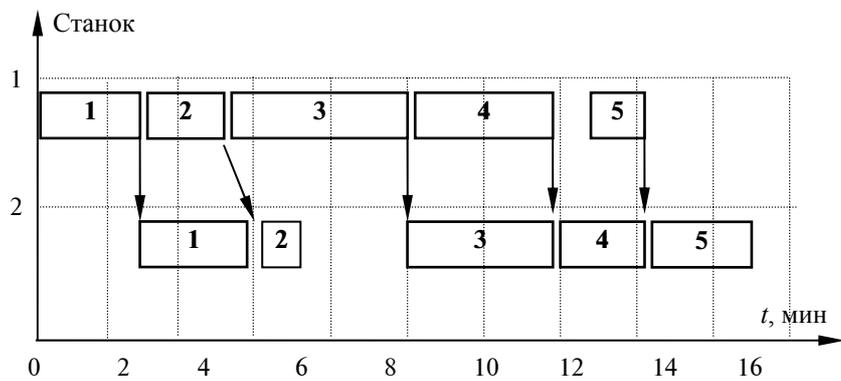


Рис. 2.4 Продолжительность цикла обработки деталей 19 мин в последовательности 1 – 2 – 3 – 4 – 5

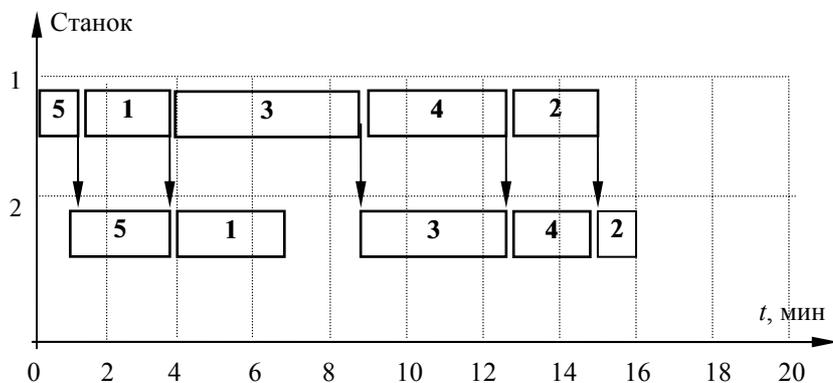


Рис. 2.5 Продолжительность цикла обработки деталей 16 мин в оптимальной последовательности 5 – 1 – 3 – 4 – 2

5 – 1 – 3 – 4 – 2. График производственного цикла обработки деталей в этой последовательности изображен на рис. 2.5. Продолжительность цикла получилась более короткой – 16 мин вместо 19 мин на рис. 2.4. Перечисленные выше правила позволяют без дополнительных затрат сократить продолжительность производственного цикла и повысить производительность производственной системы.

2.4 ОРГАНИЗАЦИЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Многостаночное обслуживание оборудования применяется в следующих случаях:

- 1) на прямоточных поточных линиях с ручным управлением оборудования;
- 2) при обслуживании полуавтоматического оборудования;
- 3) при обслуживании оборудования, работающего в автоматическом режиме.

В первых двух случаях многостаночное обслуживание называется циклическим; в третьем – нециклическим (стохастическим).

Циклическое многостаночное обслуживание характерно тем, что рабочий по одному и тому же маршруту обходит оборудование, осуществляя одни и те же ручные манипуляции, связанные с обслуживанием каждой единицы оборудования (рис. 2.6). Примером такого обслуживания является работа на рабочем на токарных полуавтоматах.

Нециклическое многостаночное обслуживание имеет ту особенность, что рабочий обслуживает оборудование по мере необходимости в случайные моменты времени. Поэтому не существует стабильного маршрута обхода оборудования (рис. 2.7).

Примером стохастического обслуживания является обслуживание ткацких станков – рабочий связывает оборвавшуюся нить на том станке, где это произошло. Заранее предвидеть это событие невозможно.

Норма многостаночного обслуживания – это число станков одновременно обслуживаемых рабочим-многостаночником. Норма многостаночного обслуживания N может быть установлена как для циклических, так и для нециклических процессов. В общем случае для рабочего места рабочего-многостаночника справедливо следующее равенство:

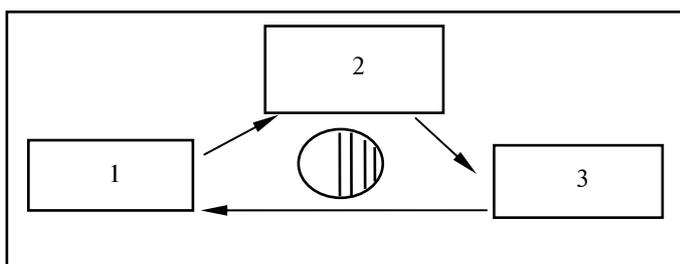


Рис. 2.6 Циклическое многостаночное обслуживание:
рабочий обслуживает оборудование по постоянному маршруту
в последовательности 1 – 2 – 3 – 1

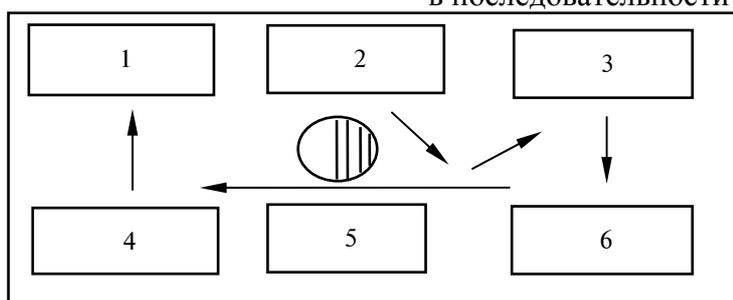


Рис. 2.7. Нециклическое многостаночное обслуживание:
рабочий обслуживает оборудование по случайному маршруту

$$N = D + H + L,$$

где D – среднее число действующих станков на рабочем месте рабочего-многостаночника; H – среднее число станков, находящихся в состоянии обслуживания со стороны рабочего; L – среднее число станков, простаивающих в ожидании обслуживания.

Методика расчета нормы обслуживания оборудования в случае циклических процессов. Цикл многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$ – это период времени в течение которого проводится комплекс работ по всей группе обслуживаемых станков. На каждом станке рабочий осуществляет работы и действия определенной продолжительности: вспомогательную работу, неперекрываемую работой станка ($t_{\text{вн}}$); активное наблюдение за работой запущенного станка ($t_{\text{ан}}$); вспомогательную работу, перекрываемую работой станка ($t_{\text{вп}}$); переход к следующему станку ($t_{\text{пер}}$) (рис. 2.8).

Вспомогательная работа, неперекрываемая работой станка, т.е. выполняемая на холостом ходе оборудования или во время его полной остановки, – это операции, связанные со съемом обработанной детали, установкой новой заготовки и запуском станка в автоматический режим обработки заготовки. Вспомогательная работа, перекрываемая работой станка, т.е. выполняемая в процессе работы оборудования в автоматическом режиме, включает операции по контролю качества предварительно изготовленной детали.

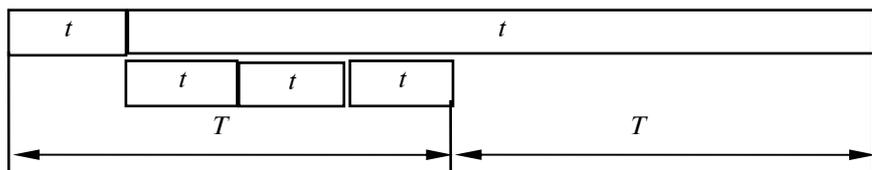


Рис. 2.8 Время занятости рабочего на одном станке T_3 и свободное машинное время работы станка T_c

Таким образом, время занятости рабочего на одном станке рассчитывается по формуле

$$T_3 = t_{\text{вн}} + t_{\text{ан}} + t_{\text{вп}} + t_{\text{пер}}.$$

Свободное машинное время, в течение которого не требуется присутствие рабочего у данного станка, должно использоваться этим рабочим для запуска следующего станка-полуавтомата. Свободное машинное время

$$T_c = t_o - t_{\text{ан}} - t_{\text{вп}} - t_{\text{пер}},$$

где t_o – время работы станка в автоматическом режиме обработки заготовки после его запуска рабочим.

Предварительная норма обслуживания оборудования рабочим-многостаночником рассчитывается по формуле

$$N_1 = T_c / T_3 + 1.$$

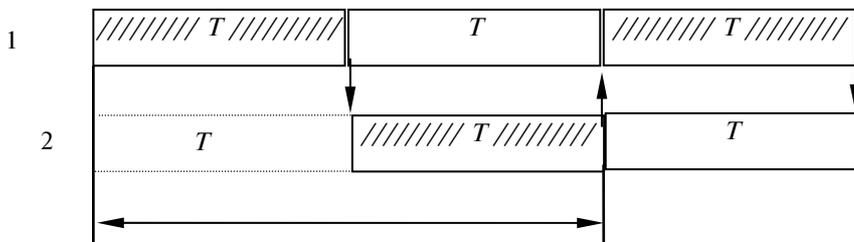
Величина N_1 может быть числом дробным. Если это так, то необходимо дробное число округлить до целого N , которое и будет принятой нормой обслуживания оборудования, т.е. тем количеством станков, которое будет предложено рабочему для обслуживания.

Пример. Время занятости рабочего на одном станке 2 мин. Свободное машинное время работы станка 2 мин. Определить норму обслуживания станков и построить график многостаночного обслуживания.

Решение. Предварительная норма обслуживания станков

$$N_1 = T_c / T_3 + 1 = 2 / 2 + 1 = 2 \text{ станка.}$$

Поскольку получено целое число, то принятая норма обслуживания также будет равна $N_1 = N = 2$ станкам. На рис. 2.9 показан цикл многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$.



**Рис. 2.9 Последовательность обслуживания двух станков-полуавтоматов
рабочим-многостаночником ($N_1 = N$)**

После обслуживания станка 1 в течение времени T_3 рабочий переходит к станку 2 и начинает его обслуживать, а в это время станок 1 работает в автоматическом режиме в течение времени T_c . После запуска станка 2 рабочий возвращается к станку 1, который к этому времени останавливается и цикл многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$ повторяется. Очевидно, что в течение цикла многостаночного обслуживания не будет наблюдаться ни простоев оборудования, ни простоев рабочего только в том случае, когда значения T_c и T_3 равны или кратны друг другу, другими словами когда N_1 – целое число.

Рассмотрим более подробно три возможных случая:

- а) $N_1 = N$ – целое число;
- б) N_1 – дробное число и принимается $N > N_1$;
- в) N_1 – дробное число и принимается $N < N_1$.

а) Если N_1 – целое число, то при обслуживании оборудования не возникает простоев в работе многостаночника и станков, которыми он управляет. Следовательно, в этом случае на рабочем месте многостаночника в состоянии работы будет находиться максимальное количество станков, поскольку количество станков, ожидающих обслуживания $L = 0$. Как уже указывалось, для рабочего места рабочего-многостаночника соблюдается следующее равенство: $N = D + H + L$, следовательно $N = D + 1$. Из рис. 2.9 видно, что в течение цикла многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$, в среднем один станок обслуживается рабочим ($2T_3 = T_{\text{мц}}$), т.е. $H = 1$ станку. С другой стороны $N = T_c / T_3 + 1$; сравнивая последнее выражение с формулой $N = D + 1$ делаем вывод, что максимальное количество станков, работающих на рабочем месте многостаночника $D_{\text{max}} = T_c / T_3$. Из рис. 2.9 следует, что в течение цикла многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$ в среднем один станок функционирует, производя продукцию ($2T_c = T_{\text{мц}}$), что подтверждается и расчетом: $D_{\text{max}} = T_c / T_3 = 2 / 2 = 1$ станку.

Коэффициент занятости рабочего в течение цикла многостаночного обслуживания рассчитывается по формуле: $K_{\text{зц}} = N / N_1$. Очевидно, что в рассматриваемом случае всегда $K_{\text{зц}} = 1$ и потребуется еще один рабочий (подменный), который временно заменяя основного многостаночника, позволит иметь ему паузы на отдых и личные надобности в течение рабочей смены.

б) N_1 – дробное число и принимается $N > N_1$. Этот случай аналогичен предыдущему, с той лишь разницей, что станки на рабочем месте многостаночника начинают в течение некоторого времени простаивать в ожидании обслуживания, т.е. $L \neq 0$, поскольку рабочему дается на обслуживание большее количество станков, чем предусмотрено предварительной нормой обслуживания N_1 . Максимальное количество действующих станков D_{max} не увеличится, а коэффициент занятости рабочего по-прежнему будет равен 1 ($K_{\text{зц}} = 1$).

Пример. Время занятости рабочего на одном станке 2 мин. Свободное машинное время работы станка 1 мин. Определить норму обслуживания станков и построить график многостаночного обслуживания.

Решение. Предварительная норма обслуживания станков:

$$N_1 = T_c / T_3 + 1 = 1 / 2 + 1 = 1,5 \text{ станка.}$$

Получено дробное число; принимаем $N = 2$ станкам, т.е. $N > N_1$. На рис. 2.10 показан цикл многостаночного обслуживания $T_{\text{мц}}$.

Из рисунка видно, что после запуска второго станка рабочий возвращается к первому, который к этому моменту уже простаивает в течение 1 мин. Очевидно, что $N = D + H + L = 0,5 + 1,0 + 0,5 = 2$ станкам, если оценивать среднее количество

станков, находящихся в том или ином состоянии, пропорционально времени этого состояния. Например, в течение цикла $T_{\text{мц}} = 4$ мин суммарное время простоя двух станков равно 2 мин, следовательно среднее число станков, простаивающих в ожидании обслуживания, $L = 2 / 4 = 0,5$ станка. Среднее число действующих станков $D_{\text{max}} = T_c / T_3 = 1 / 2 = 0,5$ станка, или, что то же, $(\sum T_c) / T_{\text{мц}} = 2 / 4 = 0,5$ станка. Среднее число станков, находящихся в состоянии обслуживания рабочим $H = (\sum T_3) / T_{\text{мц}} = 4 / 4 = 1,0$ станок. По этой же формуле можно рассчитать и коэффициент занятости рабочего в течение цикла многостаночного обслуживания: $K_{\text{зц}} = (\sum T_3) / T_{\text{мц}} = 4 / 4 = 1$, или $K_{\text{зц}} = N / N_1 = 2 / 1,5 = 1,33$. Хотя $K_{\text{зц}} > 1$, его принимают в этом случае равным 1 и необходимо предусмотреть подменного рабочего.

в) N_1 – дробное число и принимается $N < N_1$. В этом случае число действующих станков на рабочем месте многостаночника будет меньше максимально возможного, и коэффициент занятости рабочего будет меньше единицы и подменный рабочий может не потребоваться, как это было в случаях а) и б). Это несомненное преимущество случая в). Число действующих станков корректируют с учетом понижения предварительной нормы обслуживания оборудования: $D = D_{\text{max}}(N / N_1) = (T_c / T_3) (N / N_1)$. На рис. 2.11 показан цикл многостаночного обслуживания для рассматриваемого случая.

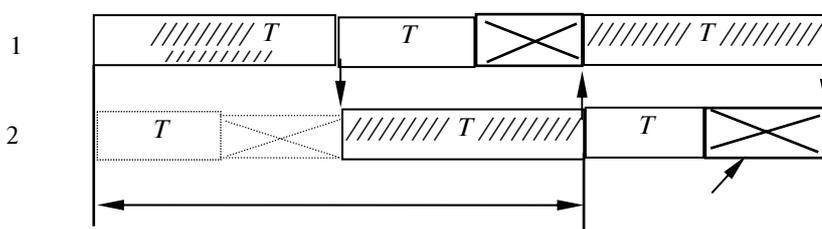


Рис. 2.10 Последовательность обслуживания двух станков-полуавтоматов рабочим-многостаночником ($N > N_1$)

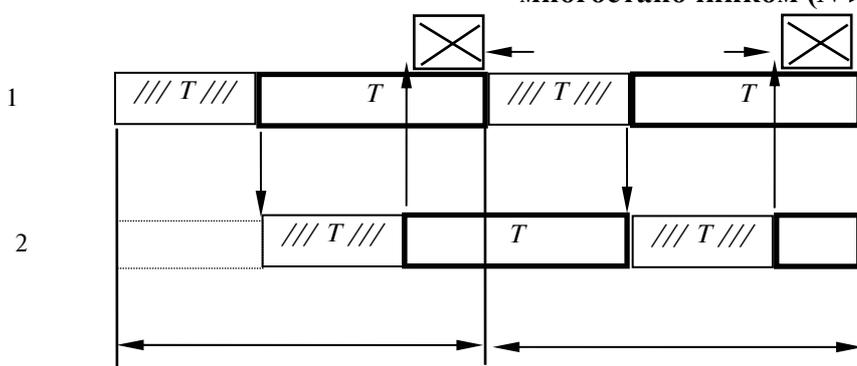


Рис. 2.11. Последовательность обслуживания двух станков-полуавтоматов рабочим-многостаночником ($N < N_1$)

После окончания обслуживания станка 2 рабочий возвращается к станку 1, который еще продолжает работать в автоматическом режиме в течение некоторого времени, которое обозначено на рисунке как время простоя рабочего.

Пример. Время занятости рабочего на одном станке 2 мин. Свободное машинное время работы станка 3 мин. Определить норму обслуживания станков и построить график многостаночного обслуживания.

Решение. Предварительная норма обслуживания станков

$$N_1 = T_c / T_3 + 1 = 3 / 2 + 1 = 2,5 \text{ станка.}$$

Получено дробное число; принимаем $N = 2$ станкам, т.е. $N < N_1$. Число действующих станков на рабочем месте многостаночника будет меньше максимально возможного значения ($D_{\max} = 1,5$):

$$D = D_{\max} (N / N_1) = (T_c / T_3) (N / N_1) = 1,5 (2 / 2,5) = 1,2 \text{ станка.}$$

Количество станков, находящихся в состоянии обслуживания, определяем по формуле

$$H = (\sum T_3) / T_{\text{мц}} = 4 / 5 = 0,8 \text{ станка.}$$

Итак, $N = D + H + L = 1,2 + 0,8 + 0 = 2$ станкам. При этом коэффициент занятости многостаночника равен $K_{\text{зц}} = 0,8$. Другими словами, время простоя рабочего, в течение цикла многостаночного обслуживания, составляет 20 % от времени продолжительности цикла (см. рис. 2.11).

Основные этапы методики расчета нормы обслуживания оборудования в случае, когда значения T_c и T_3 у всех станков одинаковы. Такие станки называются дублерами.

1 Определяют предварительную норму обслуживания оборудования по формуле: $N_1 = T_c / T_3 + 1$.

2 Рассматривают следующие случаи:

а) $N_1 = N$ – целое число;

б) N_1 – дробное число и принимается $N > N_1$;

в) N_1 – дробное число и принимается $N < N_1$.

3 Рассчитывают необходимое число станков, достаточное для выполнения нормы выработки на рабочем месте рабочего-многостаночника: $D_n = (\sum T_c n) / (F k_u)$, где n – программа выпуска изделий в течение периода времени F ; k_u – коэффициент, учитывающий простои оборудования в ремонте и наладке. Устанавливают нормативное значение коэффициента занятости рабочего многостаночника, например, на уровне $K_{\text{зц}}^н = 0,88$. Это означает, что согласно установленной норме – 88 % рабочего времени рабочего приходится на обслуживание станков, а 12 % – на отдых и личные надобности.

4 Анализируют случаи а), б), в) и выбирают тот, который соответствует условиям: $D \geq D_n$ (условие выполнения нормы выработки) и $K_{\text{зц}} \leq K_{\text{зц}}^н$ (условие нормальной занятости рабочего). Предпочтение отдается случаю в), когда не требуется вводить подменного рабочего.

Пример. Определить норму обслуживания оборудования и численность рабочих-многостаночников на производственном участке. На участке установлено 16 станков полуавтоматов. Для выполнения производственной программы на участке в состоянии работы должно находиться девять станков из 16. Норма времени на отдых и личные надобности рабочего составляет 12 % от продолжительности цикла многостаночного обслуживания. Каждый станок имеет следующие значения времени $T_c = 4$ и $T_3 = 3$ мин.

Решение. Определяем предварительную норму обслуживания $N_1 = T_c / T_3 + 1 = 4 / 3 + 1 = 1,33 + 1 = 2,33$ станка. Очевидно, что $D_{\max} = 1,33$ станка. Принимаем норму обслуживания оборудования согласно условию $N < N_1$, т.е. равной двум станкам. Следовательно, обслуживая два станка один рабочий сможет поддерживать в состоянии непрерывной работы $D = D_{\max} (N / N_1) = 1,33 (2 / 2,33) = 1,14$ станка. При норме $N = 2$ станкам на одного рабочего на участке потребуется $16 / 2 = 8$ человек, каждый из которых обеспечивает работу 1,14 станка. Тогда на участке в состоянии непрерывной работы будет находиться $8 \cdot 1,14 = 9,12$ станка, что больше величины $D_n = 9$ станкам, необходимой для выполнения производственной программы участка. Коэффициент занятости рабочего $K_{\text{зц}} = N / N_1 = 2 / 2,33 = 0,86$, что меньше установленной нормы $K_{\text{зц}}^н = 0,88$ (12 % – на отдых и личные надобности по условию задачи). Итак, норма обслуживания два станка на одного рабочего соответствует установленным требованиям и может быть внедрена в производство.

Основные этапы методики расчета нормы обслуживания оборудования, имеющего различные значения T_c и T_3 . Если рабочему-многостаночнику необходимо подобрать несколько станков с различными значениями T_c и T_3 , то в этом случае используют графический способ подбора нормы обслуживания.

1 Строят график многостаночного обслуживания, подобный тому, который изображен на рис. 2.11 для двух станков, с той лишь разницей, что значения T_c и T_3 на графике будут иметь различную про-

должительность. Построение начинают со станка, имеющего максимальное значение $(T_c + T_3)$.

2 Количество действующих станков определяют (используя построенный график) по формуле: $D = (\sum T_c) / T_{\text{мц}}$; количество станков, находящихся в состоянии обслуживания рабочим: $H = (\sum T_3) / T_{\text{мц}}$ (эта величина численно равна коэффициенту занятости рабочего $K_{\text{зц}}$); количество станков, простаивающих в ожидании обслуживания:

$$L = (\sum T_{\text{пр}}) / T_{\text{мц}},$$

где $\sum T_{\text{пр}}$ – суммарное время простоя всех станков (по графику) в течение цикла $T_{\text{мц}}$.

Если расчеты сделаны верно, то должно выполняться равенство: $N = D + H + L$.

3 Норму обслуживания N проверяют на соответствие норме выработки: $D \geq D_n$ и критерию нормальной занятости рабочего $K_{\text{зц}} \leq K_{\text{зц}}^n$. Если эти условия выполняются, то норма обслуживания принимается и внедряется в производство. Норма обслуживания оборудования для рабочего не должна превышать 3 – 4 станков; для обслуживания рабочему следует подбирать станки с примерно одинаковыми значениями $(T_c + T_3)$. В этом случае простои станков в течение цикла многостаночного обслуживания будут минимальными.

Методика расчета нормы обслуживания оборудования в случае нециклических (стохастических) процессов. При нециклических процессах оборудование обслуживается по мере остановки, без соблюдения одного и того же порядка обхода станков. В этом случае величины T_c и T_3 имеют существенные колебания и расчет нормы обслуживания оборудования N и численности рабочих $Ч$ должен осуществляться с учетом вероятностных закономерностей – теории массового обслуживания. Расчет N и $Ч$ по формулам теории массового обслуживания весьма трудоемок, поэтому следует пользоваться готовыми таблицами нормативов для определения оптимальных норм N и $Ч$ (табл. 2.4). Более подробные таблицы нормативов можно найти в справочниках нормировщика.

2.4 Фрагмент таблицы нормативов для определения оптимальных норм обслуживания оборудования N и численности рабочих $Ч$

| $K_{\text{зц}}$ | N | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|------|---|------|---|------|---|------|---|----|-------|---|----|-------|
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | – | 18 | | – | 22 | |
| | Ч | D | Ч | D | Ч | D | Ч | D | – | Ч | D | – | Ч | D |
| 0,085 | 1 | 5,23 | 1 | 6,02 | 1 | 6,75 | 1 | 7,46 | – | 1 | 10,63 | – | 1 | 10,75 |
| | 2 | 5,48 | 2 | 6,37 | 2 | 7,27 | 2 | 8,16 | – | 2 | 15,59 | – | 2 | 18,72 |
| | – | – | – | – | 3 | 7,32 | 3 | 8,22 | – | 3 | 16,23 | – | 3 | 19,47 |
| | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 4 | 20,06 |

Условные обозначения: $K_{\text{зц}}$ – коэффициент занятости рабочего при обслуживании одного станка; D – число действующих станков на рабочем месте многостаночников численностью $Ч$, обслуживающих N станков.

Существует два варианта использования таблицы нормативов для определения оптимальных норм обслуживания оборудования N и численности рабочих $Ч$:

1) участок, на котором установлены станки в количестве N единиц, не разделяется на зоны обслуживания между рабочими численностью $Ч$. Это вариант бригадной формы организации труда на участке;

2) участок поделен между рабочими на зоны обслуживания. В этом варианте обслуживания оборудования требуется большая численность рабочих на производственном участке, чем в случае бригадной формы организации труда.

Пример. На участке установлено 18 станков-автоматов. Определить численность операторов станков для двух вариантов разделения труда на участке: 1) бригадная форма организации труда; 2) с разделением участка на зоны обслуживания. Для выполнения производственной программы в состоянии непрерывной работы должно находиться 15,59 станка из 18, имеющихся на участке. Средний коэффициент занятости оператора на одном станке-автомате составляет 0,085 (8,5 %).

Решение. 1) В табл. 2.4 находим необходимое число действующих станков $D = 15,59$ и для этой величины определяем численность $Ч$ операторов – 2 человека. Другими словами, если на участке установлено $N = 18$ станков, то два оператора смогут поддерживать в состоянии работы 15,59 станка, что обеспечит выполнение производственной программы участка.

2) Разделим участок на две зоны, в каждой из которых будет по девять станков и по одному человеку. В таблице нормативов находим, что для $N = 9$ и $Ч = 1$ – количество действующих станков $D = 7,46$. Следовательно, в двух зонах будет действовать $7,46 \cdot 2 = 14,92$ станка, что меньше необходимого количества 15,59. Очевидно, что необходимо увеличить количество зон на участке. Разобьем участок на три зоны обслуживания, в каждой из которых будет по шесть станков и одному человеку. В таблице нормативов находим, что для $N = 6$ и $Ч = 1$ – количество действующих станков $D = 5,23$. Следовательно, в трех зонах будет действовать $5,23 \cdot 3 = 15,69$ станка, что больше необходимого количества 15,59. Таким образом, трое операторов на участке, разделенном на три индивидуальные зоны обслуживания, смогут обеспечить выполнение производственной программы.

Окончательный выбор одного варианта из двух рассмотренных, будет зависеть от минимума целевой функции

$$\sum(TC_i \cdot Ч_i),$$

где TC_i – тарифная ставка оплаты труда операторов станков.

В случае бригадной формы организации труда на участке, значение TC_i будет максимальным, поскольку труд операторов более интенсивный, чем в варианте разделения участка на индивидуальные зоны обслуживания. Однако численность операторов при бригадной форме труда будет минимальной. При разделении участка на зоны обслуживания ситуация изменяется – TC_i будет минимальной, а численность операторов – наибольшей. Тот вариант разделения труда на участке будет оптимальным, который обеспечит минимальные затраты на оплату труда рабочих, обслуживающих станки.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1 Рассчитать продолжительность последовательного, параллельно-последовательного и параллельного производственного циклов. Определить коэффициенты параллельности для двух последних циклов. Исходные данные: $t_1 = 1, t_2 = 4, t_3 = 2, t_4 = 5$ мин/ед.; партия деталей – 20 ед., передаточная партия 5 ед. Среднее время межоперационного перерыва 5 мин.

Задание 2 Имеется параллельно-последовательный производственный процесс со следующими данными: $t_1 = 1, t_2 = 4, t_3 = 2, t_4 = 5$ мин/ед.; партия деталей – 20 ед., передаточная партия 5 ед. Среднее время межоперационного перерыва 5 мин. Целесообразно ли увеличить норму времени на третьей операции с 2 до 4 мин/ед., если да, то какое правило сокращения продолжительности параллельно-последовательного цикла в этом случае используется?

Задание 3 Обосновать графическим способом (построить цикл многостаночного обслуживания) приемлемость нормы обслуживания трех станков-полуавтоматов одним рабочим. Исходные данные, мин:

| № станка | T_c | T_3 | $T_c + T_3$ |
|----------|-------|-------|-------------|
| Станок 1 | 8 | 4 | 12 |
| Станок 2 | 7 | 4 | 11 |
| Станок 3 | 8 | 2 | 10 |

Необходимое число действующих станков 1,5 для цели выполнения рабочим производственного задания. Нормативный коэффициент занятости рабочего-многостаночника 0,88.

РЕШЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ

Решение задания 1 Определяем продолжительность последовательного производственного цикла по (2.1)

$$T_{pp} = 20 (1 + 4 + 2 + 5) + 4 \cdot 5 = 260 \text{ мин.}$$

Рассчитываем продолжительность параллельно-последовательного производственного цикла по (2.2):

$$T_{pp} = 20 (1 + 4 + 2 + 5) - (20 - 5) (1 + 2 + 2) + 4 \cdot 5 = 185 \text{ мин.}$$

Определяем продолжительность параллельного производственного цикла по (2.3):

$$T_{pr} = 5 (1 + 4 + 2 + 5) + (20 - 5) 5 + 4 \cdot 5 = 155 \text{ мин.}$$

Рассчитываем коэффициент параллельности параллельно-последовательного цикла: $\alpha = T_p / T = 260 / 185 = 1,41$; параллельного цикла: $\alpha = T_p / T = 260 / 155 = 1,68$.

Решение задания 2 Третье правило разд. 2.3 звучит следующим образом: если нормы времени технологических операций монотонно возрастают или убывают по ходу производственного процесса, то продолжительность параллельно-последовательного цикла будет минимальной. В первом случае, когда $t_1 = 1, t_2 = 4, t_3 = 2, t_4 = 5$ мин/ед. нормы времени по ходу технологического процесса изменяются скачкообразно. Во втором случае $t_1 = 1, t_2 = 4, t_3 = 4, t_4 = 5$ мин/ед. нормы времени по ходу процесса не убывают, т.е. изменяются монотонно. Следовательно, продолжительность параллельно-последовательного цикла во втором случае будет меньше, хотя норма времени на третьей операции увеличилась на 2 мин. Убедимся в этом, сделав соответствующие расчеты.

Рассчитываем продолжительность параллельно-последовательного производственного цикла для первого случая по (2.2)

$$T_{pp} = 20 (1 + 4 + 2 + 5) - (20 - 5) (1 + 2 + 2) + 4 \cdot 5 = 185 \text{ мин.}$$

Рассчитываем продолжительность параллельно-последовательного производственного цикла для второго случая по той же формуле

$$T_{pp} = 20 (1 + 4 + 4 + 5) - (20 - 5) (1 + 4 + 4) + 4 \cdot 5 = 165 \text{ мин.}$$

Производственный цикл сократился на 20 мин за счет ликвидации «узкого места» на третьей операции.

Решение задания 3 Построение цикла многостаночного обслуживания следует начинать со станка, имеющего максимальное значение $T_c + T_3$, т.е. с первого. График цикла вычерчивается в определенном масштабе, например, 0,5 см – 1 мин. Для первого станка в выбранном масштабе сначала

изображается время T_3 , а за тем T_c . В той же последовательности осуществляется построение операционных циклов и для станков 2 и 3 (рис. 2.12).

Для того, чтобы выявить время простоя станков и рабочего, необходимо построить смежный цикл многостаночного обслуживания, примыкающий справа к первому циклу. Затем подсчитать суммарное время простоя станков и рабочего в течение второго цикла обслуживания станков посредством измерения на графике соответствующих отрезков времени.

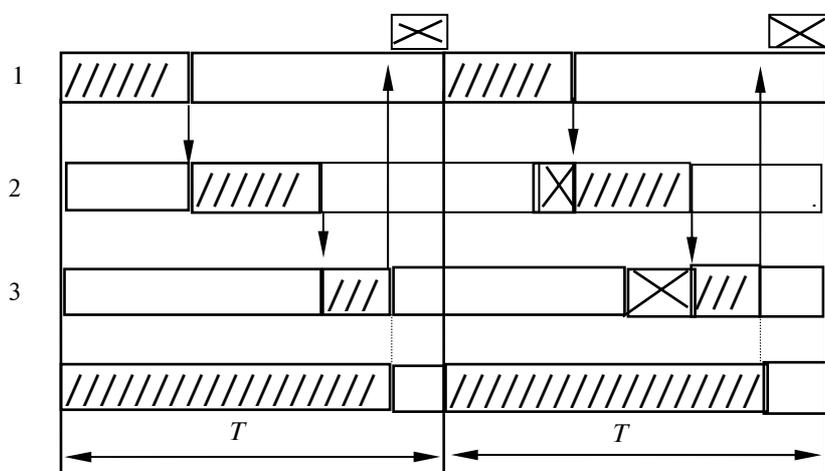


Рис. 2.12 График обслуживания трех станков одним рабочим.

Стрелками показаны переходы рабочего от станка к станку.

$T_{\text{мц}} = 12$ мин соответствует максимальному значению $T_c + T_3$

В нашем примере: суммарное время простоя станков $\sum T_{\text{пр}}^c = 3$ мин; рабочего $\sum T_{\text{пр}}^p = 2$ мин. Количество станков, простаивающих в ожидании обслуживания: $L = (\sum T_{\text{пр}}^c) / T_{\text{мц}} = 3 / 12 = 0,25$ станка. Количество станков, находящихся в состоянии обслуживания рабочим: $H = (\sum T_3) / T_{\text{мц}}$. Эта величина численно равна коэффициенту занятости рабочего $K_{\text{зц}} = (12 - 2) / 12 = 0,83$, или $H = (4 + 4 + 2) / 12 = 0,83$ станка. Количество действующих станков определяем по формуле: $D = (\sum T_c) / T_{\text{мц}} = (8 + 7 + 8) / 12 = 1,92$ станка. Поскольку расчеты сделаны верно, то выполняется равенство: $N = D + H + L = 1,92 + 0,83 + 0,25 = 3$ станка, находящиеся на рабочем месте многостаночника. Норму обслуживания N проверим на соответствие норме выработки: $D \geq D_n$ и критерию нормальной занятости рабочего $K_{\text{зц}} \leq K_{\text{зц}}^n$. Имеем: $1,92 > 1,5$ и $0,83 < 0,88$, соответственно. Необходимые условия выполняются, поэтому норма обслуживания $N = 3$ станка на одного рабочего принимается и внедряется в производство.

ТЕСТ

- 1 Какой вид движения предметов труда имеет минимальную продолжительность во времени:
 - а) последовательный;
 - б) параллельно-последовательный;
 - в) параллельный;
 - г) последовательно-параллельный.
- 2 С уменьшением передаточной партии продолжительность параллельно-последовательного и параллельного циклов
 - а) уменьшается;
 - б) увеличивается;
 - в) остается неизменной;
 - г) нет определенной зависимости.

3 На какую величину продолжительность производственного цикла больше продолжительности технологического цикла:

- а) на величину простоев оборудования;
- б) на величину простоев рабочих;
- в) на величину межоперационных перерывов;
- г) на величину продолжительности выходных и праздничных дней.

4 Продолжительность параллельно-последовательного и параллельного цикла будет одинаковой в случае:

- а) циклического изменения продолжительности норм времени операций по ходу технологического процесса;
- б) неравномерного изменения продолжительности норм времени операций по ходу технологического процесса;
- в) монотонного изменения продолжительности норм времени операций по ходу технологического процесса;
- г) неупорядоченного изменения продолжительности норм времени операций по ходу технологического процесса.

5 Детали требуется изготовить на одном станке. Для того, чтобы суммарное время пролеживания деталей у станка было минимальным необходимо:

- а) запускать их в обработку в порядке возрастания норм времени на изготовление деталей;
- б) запускать их в обработку в порядке убывания норм времени на изготовление деталей;
- в) чередовать запуск детали с минимальной нормой времени на обработку, с деталью, имеющей максимальное значение нормы времени;
- г) установить такую очередность запуска, чтобы вначале нормы времени возрастали, а затем убывали.

6 Основной недостаток параллельного производственного цикла в том, что:

- а) на всех операциях, кроме главной, наблюдаются простои станков и рабочих;
- б) он самый продолжительный во времени;
- в) он самый сложный в смысле организации;
- г) он самый трудоемкий из всех.

7 При многостаночном обслуживании в норму занятости рабочего на одном станке включают:

- а) вспомогательное время, перекрываемое и неперекрываемое работой станка; время активного наблюдения; время организационного обслуживания станка;
- б) вспомогательное время, перекрываемое и неперекрываемое работой станка; время активного наблюдения; время перехода к другому станку;
- в) вспомогательное время, неперекрываемое работой станка; время организационного обслуживания станка; время переналадки станка;
- г) вспомогательное время; время активного наблюдения; время переналадки станка; время на отдых и личные надобности.

8 При нециклическом многостаночном обслуживании:

- а) рабочий обходит станки по одному и тому же маршруту, обслуживая их по мере необходимости;
- б) на каждом станке значения свободного машинного времени и времени занятости рабочего на одном станке имеют неизменную, стабильную величину;
- в) свободное машинное время и время занятости рабочего на каждом станке подвержены большим колебаниям и имеют неопределенное значение.

9 Рабочему-многостаночнику следует подбирать для обслуживания станки, имеющие:

- а) существенно различное значение времени занятости рабочего на одном станке и свободного машинного времени;
- б) примерно одинаковое значение суммы свободного машинного времени и времени занятости рабочего на одном станке;
- в) возрастающее значение свободного машинного времени;
- г) убывающее значение свободного машинного времени.

10 В каком случае рабочему-многостаночнику потребуются подменный рабочий при обслуживании станков-дублеров:

- а) когда значения свободного машинного времени и времени занятости рабочего на одном станке не равны и не кратны друг другу;
- б) когда значения свободного машинного времени и времени занятости рабочего на одном станке максимально отличаются друг от друга;
- в) когда значения свободного машинного времени и времени занятости рабочего на одном станке равны или кратны друг другу;
- г) когда свободное машинное время существенно меньше времени занятости рабочего на одном станке.

3 ПОТОЧНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

3.1 ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Поточное производство является высокоэффективным методом организации производственного процесса. В условиях потока производственный процесс осуществляется в максимальном соответствии с принципами его рациональной организации – пропорциональности, ритмичности и прямоотчности.

Для поточного производства характерны следующие основные признаки:

- 1) рабочие места располагаются по ходу технологического процесса;
- 2) технологический процесс изготовления изделия разбивается на операции и на каждом рабочем месте выполняется одна – три родственные операции;
- 3) предметы передаются с операции на операцию поштучно или небольшими транспортными партиями в соответствии с заданным тактом работы поточной линии, благодаря чему достигается высокая производительность линии.

Впервые поточное производство было организовано Г. Фордом в начале XX в. при изготовлении автомобилей. После Октябрьской революции поточные методы получили широкое распространение в промышленности. В годы Великой Отечественной войны они сыграли огромную роль в бесперебойном снабжении фронта боеприпасами и военной техникой. В настоящее время поточные методы распространены в пищевой, автомобильной, электронной и других отраслях промышленности. Основным звеном поточного производства является поточная линия. Упрощенная классификация поточных линий (ПЛ) приведена на рис. 3.1.

Однопредметной называется ПЛ, на которой обрабатывается или собирается предмет одного типоразмера в течение длительного периода времени. Однопредметные линии применяются при устойчивом выпуске изделий в больших количествах, т.е. в массовом производстве.

Многopредметной называется ПЛ, за которой закреплено изготовление нескольких типоразмеров предметов, сходных по конструкции и технологии обработки или сборки. Такие линии характерны для серийного производства, когда объем выпуска предметов одного типоразмера является недостаточным для эффективной загрузки рабочих мест на линии.

Непрерывно-поточной является линия, на которой обрабатываемые или собираемые предметы перемещаются по всем операциям линии непрерывно, т.е. без межоперационного простоя. Условием непрерывной работы ПЛ является равная производительность на всех операциях линии. Для создания такого условия необходимо, чтобы продолжительность каждой операции на линии была равна или кратна единому такту работы линии.



Рис. 3.1 Упрощенная классификация поточных линий

Прямоточной или прерывной, называется ПЛ, операции которой не равны и не кратны единому такту работы линии и, следовательно, не могут быть выравнены по производительности. Между операциями образуются оборотные заделы (запасы) обрабатываемых предметов, вследствие чего непрерывность процесса производства нарушается. Прямоточные линии применяются при обработке трудоемких деталей на разнотипном оборудовании, когда нормы времени операций невозможно синхронизировать. Эти ПЛ относят к неконвейерному типу, т.е. в этом случае не используют транспортные средства непрерывного действия с механическим приводом, называемыми конвейерами. На прямоточных линиях используют разнообразные транспортные средства – краны, элетротележки, автопогрузчики и т.д.

Рабочий конвейер – на такой ПЛ – все рабочие места связаны конвейером. В данном случае конвейер служит еще и местом выполнения операций, которые осуществляются на его несущей части. Типичным примером таких ПЛ являются сборочные конвейеры.

Распределительный конвейер – это ПЛ на которой конвейер служит средством доставки предметов к рабочим местам или оборудованию, расположенному вдоль конвейера. Предметы снимаются с конвейера, обрабатываются на оборудовании, а затем возвращаются на него.

В зависимости от характера перемещения различают конвейеры с непрерывным и пульсирующим движением. На конвейере с непрерывным движением несущая его часть движется непрерывно с установленной скоростью. На конвейере с пульсирующим движением во время обработки (сборки) предметов несущая часть конвейера находится в неподвижном состоянии в течение времени равном такту линии, а затем конвейер приводится в движение и предмет перемещается в следующую зону операции. Пульсирующее и непрерывное движение характерно как для рабочего, так и распределительного конвейеров.

На *переменно-поточной* линии различные предметы обрабатываются или собираются последовательно чередующимися партиями. После обработки или сборки партии одних предметов проводится переналадка оборудования и запускается в производство следующая партия.

На *групповой* ПЛ обрабатывается или собирается группа родственных в технологическом отношении предметов без переналадки оборудования. Для этого каждое рабочее место должно быть оснащено групповыми приспособлениями, необходимыми для обработки изделий, закрепленных за линией.

3.2 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНО-ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Основные параметры непрерывно-поточных линий: *такт* (r), *количество рабочих мест на операции* (c_i), *коэффициент загрузки рабочих мест* (K_{zi}). Эти параметры рассчитываются в следующей последовательности. Сначала рассчитывается такт поточной линии

$$r = F_{\text{эф}} / N, \quad (3.1)$$

где $F_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы линии за определенный период (месяц, сутки, смену); N – производственная программа за этот же период.

Такт показывает тот интервал времени, через который на конвейер запускается очередной предмет, либо выпускается с конвейера уже изготовленное или собранное изделие. Такт конвейера принято измерять в минутах.

Далее определяется расчетное количество рабочих мест на каждой операции

$$c_{pi} = t_i / r, \quad (3.2)$$

где t_i – продолжительность i -й операции, мин.

Величина c_{pi} округляется до целого числа и устанавливается принятое число рабочих мест c_i . После чего рассчитывается средний коэффициент загрузки рабочих мест на i -й операции по формуле

$$K_{zi} = (c_{pi} / c_p) 100 \%. \quad (3.3)$$

При проектировании конвейеров перегрузка рабочих мест не должна превышать 10 – 12 %, т.е. $K_{zi} \leq 112 \%$. Такая перегрузка рабочих снимается в процессе отладки поточной линии, за счет совершенствования навыков и опыта работы на конвейере. При большей перегрузке рабочих, организация непрерывно-поточной линии невозможна и следует рассмотреть вопрос о проектировании иной ПЛ – прямоточной, на которой не требуется осуществлять точной синхронизации времени выполнения операций.

Для непрерывно движущегося конвейера рассчитывается дополнительный параметр – скорость движения конвейера

$$v = l / r, \quad (3.4)$$

где l – расстояние между осями двух смежных изделий, находящихся на конвейере, называемое шагом конвейера, м.

Скорость движения конвейера не должна быть слишком большой, ее величина колеблется в пределах 0,1 – 4,0 м/мин.

Рабочий конвейер. Рассмотрим особенности организации рабочего конвейера на примере. Предположим, что изделие должно проходить сборку на трех операциях со следующими нормами времени $t_1 = 1$, $t_2 = 3$, $t_3 = 2$ мин. Такт поточной линии $r = 1$ мин; шаг конвейера $l = 2$ м. Нормы времени на операциях по продолжительности либо равны, либо кратны такту поточной линии. Следовательно, расчетное число рабочих мест (c_{pi}) будет целым числом и коэффициент загрузки рабочих мест на каждой операции $K_{zi} = 1,0$. Очевидно, что принятое число рабочих мест на каждой операции будет следующим: $c_1 = 1$, $c_2 = 3$ и $c_3 = 2$. Длина рабочей зоны i -й операции рассчитывается по формуле:

$$L_i = l c_i. \quad (3.5)$$

Длина зоны первой операции – $L_1 = 2 \cdot 1 = 2$ м; второй – $L_2 = 2 \cdot 3 = 6$ м; третьей – $L_3 = 2 \cdot 2 = 4$ м. Изобразим эти зоны и рабочий конвейер на схеме (рис. 3.2).

Предположим, что конвейер – пульсирующий, т.е. в течение времени $r = 1$ мин он неподвижен, а затем быстро перемещается на расстояние $l = 2$ м. Поскольку на первой операции норма времени $t_1 = 1$ мин, то рабочему 1.1 будет вполне достаточно времени на выполнение этой операции.

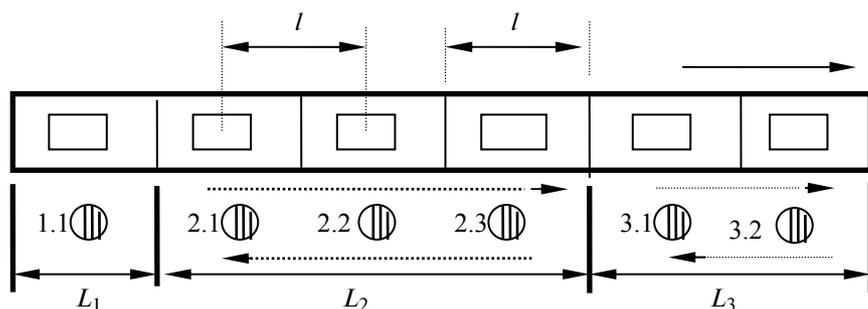


Рис. 3.2 Схема планировки поточной линии с рабочим конвейером

Рабочий 2.1 будет перемещаться вдоль второй рабочей зоны за тем изделием, которое лежит на конвейере. Очевидно, что рабочий 2.1 сделает во второй зоне три остановки по 1 мин каждая, т.е. он также сможет осуществить свою сборочную операцию продолжительностью $t_2 = 3$. Дойдя до конца зоны второй операции, рабочий возвращается в ее начало. Рабочий 2.2 идет после рабочего 2.3 и перед рабочим 2.1. Каждый из них достигнув конца своей зоны, возвращается в ее начало, встречая новое изделие, входящее во вторую зону из зоны первой операции. Аналогичным образом осуществляют переходы и рабочие 3.1 и 3.2 в третьей зоне операции.

Если конвейер движется непрерывно, то его скорость должна быть равной $v = l / r = 2 / 1 = 2$ м/мин. Следовательно, первую зону операции длиной 2 м изделие будет проходить за 1 мин; вторую зону длиной 6 м – за 3 мин, а третью соответственно – за 2 мин. Каждый рабочий будет в течение определенного времени сопровождать изделие в своей зоне, одновременно осуществляя необходимую сборочную операцию.

Общая длина конвейера рассчитывается по формуле:

$$L_0 = \sum_{i=1}^m L_i, \quad (3.6)$$

где m – количество операций на линии.

В нашем примере $L_0 = 2 + 6 + 4 = 12$ м.

На операциях с нестабильным временем их выполнения и возможными задержками создается резервная зона, на длину которой увеличивается протяженность зоны L_i . Длина резервной зоны должна быть либо равной, либо кратной шагу конвейера, благодаря чему время выполнения нестабильной операции может быть больше установленной нормы.

Распределительный конвейер. Воспользуемся исходными данными предыдущего примера для иллюстрации работы ПЛ со снятием изделий с конвейера. Схема распределительного конвейера с теми же параметрами, что и у рабочего конвейера, рассмотренного выше, приведена на рис. 3.3. Если на конвейере на отдельных операциях имеется по несколько рабочих мест, то необходимо обеспечить правильное чередование в обработке изделий на каждом рабочем месте. Для этой цели делается разметка конвейера – на его ленту краской наносят числа, которые образуют период Π распределительного конвейера.

Период распределительного конвейера равен наименьшему кратному из числа рабочих мест на каждой операции. В нашем примере $\Pi = 6$. Действительно, шесть цифр – это самое малое число, которое без остатка может быть распределено между рабочими местами на любой операции ПЛ. За рабочим 1.1 следует закрепить шесть цифр, за каждым из рабочих 2.1, 2.2, 2.3 – по две цифры и за рабочими 3.1, 3.2 – по три цифры (по три разметочных знака). Разметочные знаки периода необходимо распределять

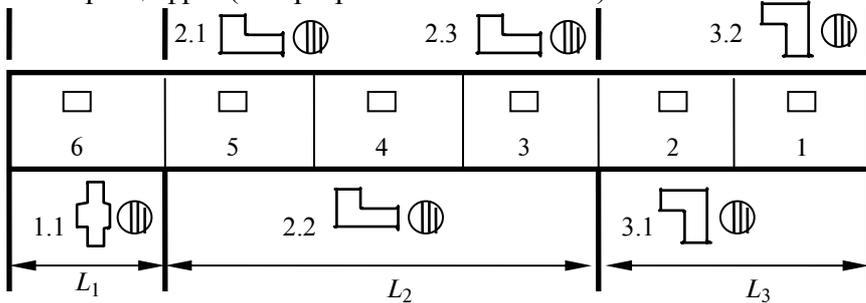


Рис. 3.3 Схема планировки поточной линии с распределительным конвейером и двусторонним расположением рабочих мест

между рабочими на данной операции так, чтобы каждому хватало времени на обработку детали. Распределительный конвейер может быть как пульсирующим, так и с непрерывным движением. В любом

случае, каждое следующее изделие подходит к рабочему через время, равное такту ПЛ. Если рабочий будет обрабатывать каждое изделие, которое подает ему конвейер, то норма времени у такого рабочего должна быть равна такту ПЛ, если рабочий будет брать с конвейера каждое второе изделие, то его норма времени должна быть равна двум тактам ПЛ и т.д. В табл. 3.1. показано, каким образом следует закреплять разметочные знаки периода распределительного конвейера за рабочими, чтобы время обработки детали на каждом рабочем месте соответствовало бы установленной норме.

Например, за рабочим 2.1 закреплены знаки первый и четвертый. Когда с рабочим поравняется первый разметочный знак, то к этому моменту должна закончиться обработка предыдущего изделия. Рабочий должен положить на первый разметочный знак обработанное изделие и затем с этого же знака взять очередное изделие, т.е. заменить необработанное изделие на обработанное. Четвертый разметочный знак подойдет к рабочему через интервал времени, равный трем тактам ПЛ, в нашем примере это – 3 мин, что численно равно $t_2 = 3$ мин, которые отводятся рабочему на выполнение второй операции. Каждый рабочий на третьей операции заменяет необработанное изделие на обработанное через два такта ПЛ, т.е. через 2 мин, что также соответствует $t_3 = 2$ мин.

Период конвейера на общей длине ленты может повторяться несколько раз, но обязательно целое число раз. Удобны для работы следующие периоды 6, 12, 24 и 30. При больших периодах вводится дифференцированная разметка, при которой на конвейер наносится двойной комплект знаков, например окраска полей и нумерация. При этом часть рабочих пользуется одним комплектом знаков, а другая часть – другим.

3.1 Пример закрепления номеров периода распределительного конвейера за рабочими

| Номер рабочего на ПЛ | Номера периода |
|----------------------|------------------|
| 1.1 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 2.1 | 1, 4 |
| 2.2 | 2, 5 |
| 2.3 | 3, 6 |
| 3.1 | 1, 3, 5 |
| 3.2 | 2, 4, 6 |

Общая длина распределительного конвейера определяется из условий расположения оборудования и конструктивных особенностей транспортера. Станки могут быть расположены с одной или с двух сторон конвейера в линейном или шахматном порядке. На рис. 3.3 показано шахматное двустороннее расположение станков на поточной линии.

3.3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРЯМОТОЧНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Прямоточные поточные линии применяются в тех случаях, когда при проектировании производственного процесса не удается достичь синхронности выполнения операций, поскольку их продолжительность не равна и не кратна такту ПЛ. Этапы расчета основных параметров прямоточной ПЛ следующие.

А) Определяется такт работы ПЛ по (3.1). Затем рассчитывается расчетное количество рабочих мест на каждой операции по (3.2). Расчетное число рабочих мест будет существенно отличаться от целого числа, так как норма времени на данной операции, как уже говорилось, не равна и не кратна такту поточной линии. Поэтому необходимо определить индивидуальные коэффициенты загрузки рабочих мест по следующему правилу. Для всех рабочих мест на операции, кроме последнего, коэффициент загрузки K_{zi} принимается равным 100 %. Загрузка последнего рабочего места рассчитывается по остаточному принципу. Например, расчетное количество рабочих мест получилось равным 2,4 следовательно, первые два рабочих места будут загружены на 100 %, а последнее, третье – на 40 %. Если бы расчетное число рабочих мест было бы равно 2,1, то в этом случае можно образовать только два рабочих места на

операции, поскольку перегрузка рабочих величиной 5 % ($K_{zi} = 2,1 / 2 \cdot 100 \% = 105 \%$) может быть снята в процессе отладки поточной линии за счет совершенствования навыков и опыта работы на ПЛ и, в конечном итоге, она будет на этих рабочих местах по 100 %. Перегрузка в 40 % требует организации дополнительного рабочего места именно с такой неполной загрузкой. Особенность прямоточной поточной линии в том, что станки с неполной загрузкой, расположенные на различных операциях ПЛ, передаются в обслуживание одному рабочему-многостаночнику так, чтобы его занятость была близка к 100 %. Это позволяет экономить на рабочей силе.

Тип поточной линии в процессе проектирования определяется по предельной перегрузке рабочих мест, приблизительно равной 10 – 12 %. Если перегрузка рабочих мест не более 12 %, на всех рабочих местах ПЛ, то можно организовать конвейер; если перегрузка достигает большей величины, то необходимо проектировать рабочие места с неполной загрузкой, вводить многостаночное обслуживание, а это уже иной тип поточной линии – прямоточная ПЛ.

Б) Выбирается период комплектования заделов на ПЛ. Период комплектования иначе называется ритмом работы R поточной линии. Он должен быть кратен продолжительности смены, например 60, 120, 240 или 480 мин, что делается для целей удобства планирования заделов. В течение промежутка времени, равному R , на всех операциях поточной линии формируется выработка заданной величины, а между операциями, вследствие различной производительности оборудования, образуются запасы полуфабрикатов, называемые межоперационными оборотными заделами. На этом этапе строится план-график загрузки оборудования и рабочих на ПЛ. От вида этого графика будет зависеть величина межоперационных оборотных заделов и, в конечном итоге, объем незавершенного производства на ПЛ. На плане-графике показывают моменты переходов рабочих-многостаночников от станка к станку. Характерной особенностью прямоточных поточных линий является то, что на них количество рабочих меньше количества станков из-за наличия многостаночного обслуживания.

В) Рассчитывается изменение величины межоперационного оборотного задела по формуле:

$$\Delta Z = (Tc_i)/t_i - (Tc_{i+1})/t_{i+1}, \quad (3.7)$$

где T – период времени, в течение которого на смежных операциях количество действующих станков остается неизменным; t_i и t_{i+1} – нормы времени на смежных операциях; c_i и c_{i+1} – число единиц оборудования, действующих на смежных операциях в течение периода времени T .

Величина задела между смежными операциями должна рассчитываться для каждого значения T , т.е. для каждого случая изменения его величины на протяжении периода комплектования.

На этом этапе строятся графики межоперационных оборотных заделов на ПЛ. Проиллюстрируем все этапы расчета параметров поточной линии на примере.

Пример. На участке обрабатывается 184 детали в сутки. Участок работает в две смены по 8 ч. Нормы времени на обработку одной детали: $t_1 = 2,9$, $t_2 = 2,3$, $t_3 = 6,2$, $t_4 = 4,21$ мин. Рассчитать количество оборудования на операциях и численность рабочих на прямоточной линии. Составить план-график работы оборудования и рабочих, рассчитать эпюры оборотных заделов.

Решение. А) Определим такт работы прямоточной линии по (3.1): $r = 480 \cdot 2 / 184 = 5,2$ мин на одну деталь. Здесь 480 – продолжительность рабочей смены в мин. Далее рассчитаем количество рабочих мест (станков) на ПЛ по (3.2) и их индивидуальную загрузку. Все расчеты сведены в таблицу.

| Номер операции | Расчетное количество рабочих мест, c_{pi} | Принятое количество рабочих мест, c_i | Индивидуальный коэффициент загрузки станков на операции |
|----------------|---|---|---|
| 1 | $2,9/5,2 = 0,56$ | 1,0 | 1.1 – 56 % |
| 2 | $2,3/5,2 = 0,44$ | 1,0 | 2.1 – 44 % |

| | | | |
|-------|-------------------|-----------|-------------------------|
| 3 | $6,2/5,2 = 1,19$ | 2,0 | 3.1 – 100 %; 3.2 – 19 % |
| 4 | $4,21/5,2 = 0,81$ | 1 | 4.1 – 81 % |
| Итого | | 5 станков | |

Определим численность рабочих на ПЛ исходя из трудоемкости производственной программы. Сменная программа выпуска $184 / 2 = 92$ ед. в смену. Трудоемкость сменного задания: $92 (2,9 + 2,3 + 6,2 + 4,21) = 1436$ мин. Численность рабочих $1436 / 480 = 3$ человека. Итак, пять станков должно обслуживать три рабочих.

Б) Выбираем период комплектования задела на ПЛ равным 240 мин, или 0,5 от продолжительности рабочей смены. План-график загрузки оборудования и рабочих на ПЛ в течение периода комплектования $R = 240$ мин показан на рис. 3.4.

Если время выполнения операции разделить на норму времени на этой операции, то получим количество деталей произведенных за период комплектования задела:

- на первой операции $134 / 2,9 = 46$ ед.;
- на второй операции $106 / 2,3 = 46$ ед.;
- на третьей операции $286 / 6,2 = 46$ ед.;
- на четвертой операции $194 / 4,21 = 46$ ед.

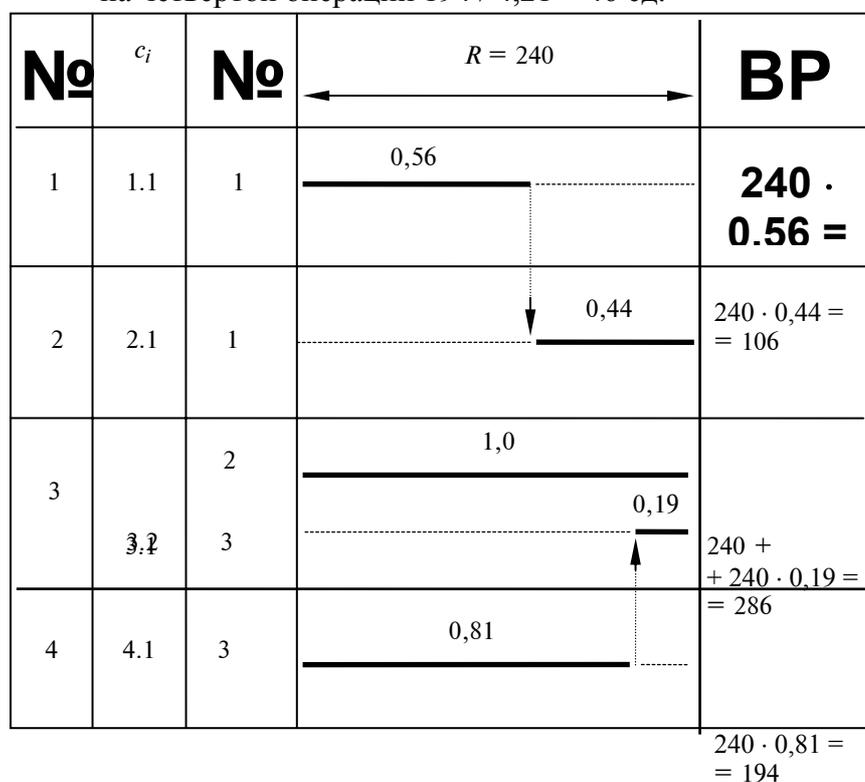


Рис. 3.4 План-график загрузки оборудования и рабочих на прямоточной поточной линии

Таким образом, в течение рабочей смены будет изготовлено $46 \cdot 2 = 96$ деталей, что и требуется по плану производства. Из рис. 3.4 видно, что рабочий 1 обслуживает станки 1.1 и 2.1; рабочий 2 работает на одном станке 3.1; рабочий 3 занят на станках 3.2 и 4.1. Таким образом, рабочие-многостаночники 1 и 3 за период комплектования задела прodelьвают по одному переходу от станка к станку, а за смену – по два перехода.

В) На рис. 3.5 изображены графики межоперационных оборотных заделов. Разберем процесс расчета и построения этих графиков, иначе называемых эпюрами.

Рассчитаем эпюру задела между первой и второй операциями в два приема. Выбираем период времени, в течение которого на смежных операциях состояния станков остаются неизменными: на первой операции – это один работающий станок, на второй операции – это один простаивающий станок. Очевидно, что в (3.7) $T = 0,56 \cdot 240$ мин:

$$\Delta Z_{1-2} = (Tc_1) / t_1 - (Tc_2) / t_2 = (0,56 \cdot 240 \cdot 1) / 2,9 - (0,56 \cdot 240 \cdot 0) / 2,3 = 46 \text{ ед.}$$

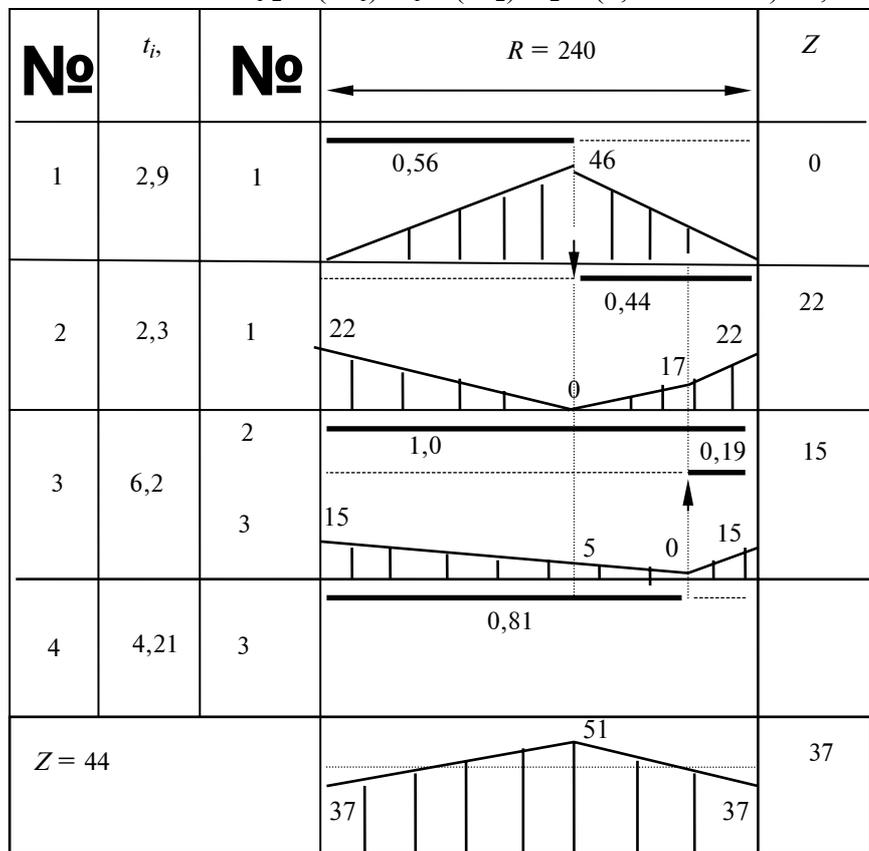


Рис. 3.5 График межоперационных оборотных заделов на прямоточной поточной линии

На эпюре задел растет с нулевого значения до 46 ед. В течение следующего периода времени ($T = 0,44 \cdot 240$ мин) на первой операции станок бездействует, а на второй функционирует

$$\Delta Z'_{1-2} = (Tc_1) / t_1 - (Tc_2) / t_2 = (0,44 \cdot 240 \cdot 0) / 2,9 - (0,44 \cdot 240 \cdot 1) / 2,3 = -46 \text{ ед.}$$

На эпюре задел убывает до нулевого значения.

Задел между второй и третьей операциями рассчитывается в три приема: изменение задела в течение $0,56 \cdot 240$ мин; в течение $(0,44 - 0,19) 240 = 0,25 \cdot 240$ мин и $0,19 \cdot 240$ мин:

$$\Delta Z_{2-3} = (Tc_2) / t_2 - (Tc_3) / t_3 = (0,56 \cdot 240 \cdot 0) / 2,3 - (0,56 \cdot 240 \cdot 1) / 6,2 = -22 \text{ ед.};$$

$$\Delta Z'_{2-3} = (Tc_2) / t_2 - (Tc_3) / t_3 = (0,25 \cdot 240 \cdot 1) / 2,3 - (0,25 \cdot 240 \cdot 1) / 6,2 = 17 \text{ ед.};$$

$$\Delta Z''_{2-3} = (Tc_2) / t_2 - (Tc_3) / t_3 = (0,19 \cdot 240 \cdot 1) / 2,3 - (0,19 \cdot 240 \cdot 2) / 6,2 = 5 \text{ ед.}$$

В течение первой части периода комплектования ($0,56 \cdot 240$ мин.) на второй операции станок простаивает, а на третьей работает один станок; во второй части периода на второй и на третьей операциях действует по одному станку; в третьей части периода на второй операции работает два станка, а на третьей операции – один станок. По (3.7) рассчитывается изменение оборотного задела, поэтому отрицательное значение $\Delta Z = -22$ ед. в начале периода комплектования задела означает, что в начальный момент времени не хватает именно такого запаса деталей для начала третьей операции. Эпюра задела между второй и третьей операциями формируется таким образом: на начало периода комплектования к третьему станку подают 22 ед. деталей, прошедших обработку на втором станке; в течение первой части периода этот задел уменьшается до нуля (22 ед. первоначального запаса минус 22 ед. изготовленных на третьем станке); в течение второй части периода задел увеличивается до 17 ед.; в течение третьего периода к 17 ед. запаса добавляется еще 5 ед. и таким образом к концу периода комплектования задел становится равным $17 + 5 = 22$ ед. Если эпюра построена правильно, то величина задела на начало и конец периода комплектования должны совпадать (см. рис. 3.5).

Между третьей и четвертой операциями расчет изменения задела и построение эпюры осуществляется аналогично, но с той разницей, что выделяют две части периода комплектования, в течение которых станки находятся в неизменных состояниях.

$$\Delta Z_{3-4} = (Tc_3) / t_3 - (Tc_4) / t_4 = (0,81 \cdot 240 \cdot 1) / 6,2 - (0,81 \cdot 240 \cdot 1) / 4,21 = -15 \text{ ед.};$$

$$\Delta Z'_{3-4} = (Tc_3) / t_3 - (Tc_4) / t_4 = (0,19 \cdot 240 \cdot 2) / 6,2 - (0,19 \cdot 240 \cdot 0) / 4,21 = 15 \text{ ед.}$$

Из рис. 3.5 видно, что если в начальный момент времени к четвертому станку поместить 15 ед. деталей, то к окончанию периода комплектования этот задел самовоспроизведется и у четвертого станка по-прежнему будет 15 ед. деталей, прошедших обработку на третьем станке.

Величина оборотного задела, сложившаяся к концу периода его комплектования, называется переходящим заделом $Z_{\text{пер}}$. Переходящий задел должен быть минимальным. В данном примере суммарный переходящий задел – 37 ед., следовательно к концу рабочей смены эти полуфабрикаты нужно либо передать бригаде рабочих, работающих во вторую смену, либо обеспечить их хранение до следующего дня. Чем меньше переходящий задел, тем меньше затраты на эти вспомогательные операции.

Суммарный оборотный задел на поточной линии определяют сложением количества деталей, находящихся в заделе между операциями на данный момент времени. Например, к моменту времени $0,56 \cdot 240 = 134$ мин между первой и второй операциями в заделе находится 46 ед., между второй и третьей операциями – 0 ед., между третьей и четвертой – 5 ед. Суммарная величина задела: $46 + 0 + 5 = 51$ ед. (см. рис. 3.5). Средняя величина задела, или, иначе, средняя величина незавершенного производства на поточной линии – $Z_{\text{ср}} = 44$ ед.

Характеристики прямоточной поточной линии, влияющие на эффективность ее работы. 1)

Существует оптимальное значение периода комплектования задела на поточной линии. На рис. 3.6 показаны два варианта организации производства на поточной линии, отличающиеся только величиной R . Из рисунка видно, что чем больше период комплектования задела R , тем больше задел и тем меньшее количество переходов от станка к станку делает рабочий в течение смены. То есть при значительных периодах комплектования ухудшается оборачиваемость запасов, но уменьшаются потери рабочего времени у рабочего, осуществляющего переходы от станка к станку (рис. 3.6, а). При небольших значениях периода комплектования с одной стороны величина задела уменьшается и улучшаются показатели оборачиваемости запасов, а с другой – увеличивается количество переходов рабочего и, как следствие, возрастают потери объемов производства (рис. 3.6, б). Сопоставляя достоинства и недостатки большого и малого периодов комплектования, можно определить его оптимальную величину.

2) Если на смежных операциях работа станков осуществляется параллельно, то задел деталей между операциями будет минимальным, а численность рабочих – максимальна и, наоборот, при последовательной работе станков на смежных операциях задел деталей – максимален, а численность рабочих – минимальна (рис. 3.7).

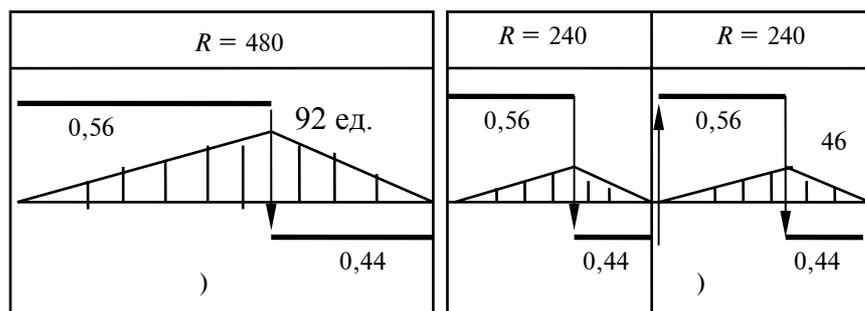


Рис. 3.6 Зависимость величины задела от периода его комплектования R . Стрелками показаны моменты перехода рабочего от станка к станку

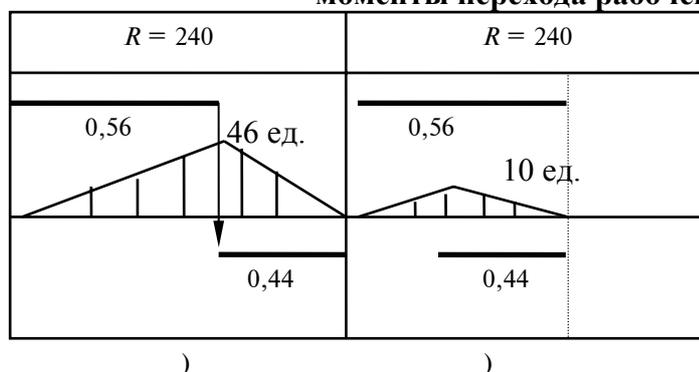
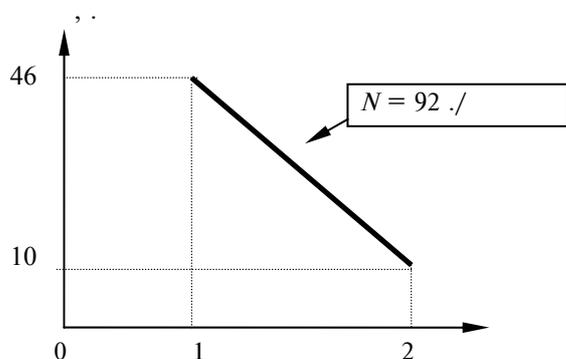


Рис. 3.7 Зависимость величины задела деталей от последовательности работы станков на операциях:

a – последовательная; b – параллельная работа станков на смежных операциях

На рис 3.7, a один рабочий обслуживает два станка и задел деталей достигает 46 ед. На рис. 3.7, b показан процесс одновременного обслуживания двумя рабочими двух станков, находящихся на разных операциях. Задел деталей в этом случае не превышает 10 ед.

Таким образом, можно построить простейшую изокванту¹ замещения оборотного задела (оборотного капитала) рабочими (трудом) при объемах производства 92 ед. продукции в смену (рис. 3.8).



¹ Хайман Д.Н. Современная микроэкономика: анализ и применение: Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1992. Т. 1. С. 201.

Рис. 3.8 Изокванта производственной функции, показывающая процесс замещения оборотного капитала трудом

В данном случае изокванта построена для максимальных значений величины задела. Аналогичная зависимость получилась бы и для средних величин задела. Из рис. 3.8 видно, что если детали дорогие, например из цветного металла, а рабочая сила дешевая, то целесообразно увеличить численность рабочих на ПЛ, планируя параллельную (одновременную) работу станков на смежных операциях, добиваясь тем самым снижения величины денежных средств, вложенных в оборотные заделы прямоточной поточной линии. И наоборот, при дорогой рабочей силе и малоценных деталях необходимо экономить рабочую силу, планируя последовательную работу станков на смежных операциях ПЛ, результатом чего будет увеличение более дешевого ресурса – оборотного капитала, а точнее его части – запасов незавершенного производства.

3) Существует простое правило минимизации переходящего задела на прямоточной поточной линии: если на плане-графике загрузки оборудования и рабочих линии работы станков располагать нисходящими ступенями слева направо и сверху вниз, то переходящий задел на ПЛ будет наименьшим. На рис. 3.4 линии работы станков на первой и второй операциях образуют ступень согласно данному правилу и на рис. 3.5 соответствующий переходящий задел имеет нулевое значение. Линии работы станков между третьей и четвертой операциями на рис. 3.4 образуют восходящую ступень и соответствующий переходящий задел на рис. 3.5 имеет значение 15 ед. Очевидно, что последовательность работы станков 3.2 и 4.1 (см. рис. 3.4) установлена нерационально. Начинать обработку деталей должен станок 3.2 на третьей операции, а заканчивать ее на четвертой операции – станок 4.1, тогда бы переходящий задел между этими операциями был бы меньше.

3.4 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ МНОГОПРЕДМЕТНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Организация переменнo-поточных линий. Исходным моментом для расчета параметров переменнo-поточной линии является программа выпуска изделий различного наименования. Предположим, что за ПЛ закреплено несколько наименований изделий с месячными программами выпуска n_j . Необходимо распределить эффективный месячный фонд времени $F_{эф}$ работы ПЛ между изделиями различных наименований, т.е. установить период времени F_j , в течение которого будет полностью изготовлена партия изделий величиной n_j . Распределение месячного фонда времени $F_{эф}$ работы ПЛ осуществляется пропорционально трудоемкости изготовления изделий, закрепленных за ПЛ

$$F_j = (F_{эф} \tau_j n_j (1 - \eta)) / \left(\sum_j (\tau_j n_j) \right), \tag{3.8}$$

где трудоемкость обработки изделия с номером j по всем операциям i -го технологического процесса определяется по формуле

$$\tau_j = \sum_j t_{ji}, \tag{3.9}$$

где t_{ji} – норма времени изготовления изделия j на всех операциях i -го технологического процесса; η – коэффициент потерь времени на переналадку линии.

Частный такт обработки r отдельных видов изделия, например изделия с номером j , определяется по формуле

$$r_j = F_j / n_j. \tag{3.10}$$

Количество рабочих мест на i -й операции, требующееся для обработки всех изделий, закрепленных за ПЛ принимается равным максимальному значению c_{ji} , рассчитанному для всех изделий

$$c_i = \max(c_{ji}) . \quad (3.11)$$

Пример. На переменнo-поточной линии, работающей в две смены (21 рабочий день в месяц) собирают два изделия А и Б с месячными программами 2000 ед. и 965 ед. соответственно. Трудоемкость изготовления одного изделия А по операциям технологического процесса: $t_{A1} = 0,146$, $t_{A2} = 0,22$, $t_{A3} = 0,136$ ч. Трудоемкость изготовления одного изделия Б по операциям технологического процесса: $t_{B1} = 0,453$, $t_{B2} = 0,292$, $t_{B3} = 0,13$ ч. Рассчитать частные такты, число рабочих мест на ПЛ. Временем на переналадку линии пренебречь.

Решение. Суммарная трудоемкость изготовления одного изделия А и одного изделия Б по всем операциям определяется по (3.9):
 $\tau_A = 0,146 + 0,22 + 0,136 = 0,502$ ч; $\tau_B = 0,453 + 0,292 + 0,13 = 0,875$ ч. Трудоемкость месячных программ изготовления изделий А и Б: $\tau_A n_A = 0,502 \cdot 2000 = 1004$ ч; $\tau_B n_B = 0,875 \cdot 965 = 844,4$ ч. Итого $\sum(\tau_j n_j) = \tau_A n_A + \tau_B n_B = 1004 + 844,4 = 1848,4$ ч. Время работы переменнo-поточной линии при производстве изделия А и Б рассчитываем по (3,8):

$$F_A = (336 \cdot 1004) / 1848,4 = 182,5 \text{ ч или } 182,5 / 8 = 22,8 \text{ рабочей смены};$$

$$F_B = (336 \cdot 844,4) / 1848,4 = 153,5 \text{ ч или } 153,5 / 8 = 19,2 \text{ рабочей смены},$$

где эффективный месячный фонд времени работы ПЛ – $21 \cdot 2 \cdot 8 = 336$ ч.

Частные такты работы переменнo-поточной линии определяем по (3.10):

$$r_A = 182,5 / 2000 = 5,5 \text{ мин}; \quad r_B = 153,5 / 965 = 9,5 \text{ мин}.$$

Число рабочих мест на i -й операции находим как частное от деления нормы времени на выполнение данной операции и частного такта работы ПЛ:

| Изделие | Число рабочих мест на операции | | |
|----------------------|--|--|--|
| | Операция 1 | Операция 2 | Операция 3 |
| А | $c_{A1} = 0,146 / 5,5 = 1,6 \approx 2$ | $c_{A2} = 0,22 / 5,5 = 2,4 \approx 3$ | $c_{A3} = 0,136 / 5,5 = 1,5 \approx 2$ |
| Б | $c_{B1} = 0,453 / 9,5 = 2,9 \approx 3$ | $c_{B2} = 0,292 / 9,5 = 1,8 \approx 2$ | $c_{B3} = 0,13 / 9,5 = 0,8 \approx 1$ |
| $c_i = \max(c_{ji})$ | 3 | 3 | 2 |

Из таблицы видно, что переменнo-поточная линия будет работать в режиме прямиоточной ПЛ. Первые 22,8 смены будет изготавливаться изделие А с тактом 5,5 мин, следующие 19,2 смены – изделие Б с тактом

9,5 мин. Суммарное количество станков на ПЛ: $3 + 3 + 2 = 8$. При производстве изделия А на первой операции будет задействовано два станка из трех имеющихся; на второй операции – все три станка; на третьей операции – два станка из двух. При изготовлении изделия Б на ПЛ будет простаивать два станка – один на второй и один на третьей операциях.

Организация групповых поточных линий. Расчет групповых ПЛ по существу ничем не отличается от расчета однопредметных поточных линий. Проиллюстрируем это на примере.

Пример. Проанализировать соотношение «величина оборотного задела – численность рабочих» на групповой поточной линии. На линии изготавливается 240 комплектов деталей в смену. Исходные данные приведены в таблице.

| Деталь | Норма времени на осуществление операции, мин | | | | |
|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Опера- ция 1 | Опера- ция 2 | Опера- ция 3 | Опера- ция 4 | Опера- ция 5 |
| А | 1,2 | 2,0 | 0,6 | 4,2 | 0,6 |
| Б | 0,4 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 1,7 |
| Комплект 1: (А + Б) | 1,6 | 3,0 | 1,3 | 5,1 | 2,3 |
| Комплект 2: (А + 2Б) | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 6,0 | 4,0 |

Решение. Такт работы ПЛ определяем по (3.1):

$$r = F_{\text{эф}} / N = 480 / 240 = 2 \text{ мин на комплект деталей.}$$

Определим параметры ПЛ при изготовлении комплекта 1 – (А + Б). Расчетное количество рабочих мест (станков) на операциях ПЛ находим по (3.2): $c_{p1} = 1,6 / 2 = 0,8$; $c_{p2} = 3 / 2 = 1,5$; $c_{p3} = 1,3 / 2 = 0,65$; $c_{p4} = 5,1 / 2 = 2,55$; $c_{p5} = 2,3 / 2 = 1,15$. Принятое количество рабочих мест (станков) в данном случае будет следующим: $c_1 = 1$; $c_2 = 2$; $c_3 = 1$; $c_4 = 3$; $c_5 = 2$; итого – девять станков. Очевидно, что ПЛ с таким соотношением количества расчетных и принятых рабочих мест следует отнести к прямооточным поточным линиям. Численность рабочих на ПЛ определим исходя из трудоемкости производственной программы: $240 (1,6 + 3,0 + 1,3 + 5,1 + 2,3) / 480 = 7$ человек. Итак, при изготовлении комплекта 1 на прямооточной поточной линии необходимо установлено девять станков, которые будут обслуживать семь рабочих-многостаночников. При этом на поточной линии образуются межоперационные оборотные заделы.

Определим параметры ПЛ при изготовлении комплекта 2 – (А + 2Б). В этом случае нормы времени выполнения операций будут либо равны, либо кратны такту работы ПЛ. Количество станков на операциях очевидно будет следующим: $c_1 = 1$; $c_2 = 2$; $c_3 = 1$; $c_4 = 3$; $c_5 = 2$; итого – девять станков. Линию следует отнести к непрерывно-поточной. Таким образом, в этом случае на ПЛ будет установлено девять станков, на которых будет работать девять рабочих. Межоперационные оборотные заделы на линии будут отсутствовать.

Результаты расчета показывают, что существует связь между оборотным заделом и численностью рабочих на ПЛ. При проектировании поточной линии необходимо сравнить затраты на хранение межоперационных оборотных заделов с заработной платой двух рабочих, способных заместить этот задел на ПЛ. Если детали дорогостоящие, а заработная плата рабочих невысокая, то более экономичной будет непрерывно-поточная линия. Если детали, входящие в комплект, – малоценные, а заработная плата рабочих относительно высокая, то следует предпочесть вариант прямооточной поточной линии, на которой численность рабочих будет минимальной.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1 Шаг рабочего конвейера равен 1,5 м. Нормы времени на выполнение операций следующие: $t_1 = 3,6$; $t_2 = 5,4$; $t_3 = 1,8$; $t_4 = 5,4$; $t_5 = 3,6$ мин/ед. Программа выпуска – 500 ед. продукции в сутки. Режим работы линии – две смены по 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых рабочих 30 мин/смену. Определить такт ПЛ, число рабочих мест на операциях. Длину общей части конвейера, если на четвертой операции фактические затраты времени могут быть больше установленной нормы и достигать величины 7,4 мин/ед.

Задание 2 Рассчитать и построить эпюру оборотного задела между двумя операциями со следующими значениями норм времени: $t_1 = 11,7$; $t_2 = 3,9$ мин./ед. Такт прямооточной поточной линии составляет 9 мин. Загрузка оборудования, выполняющего операции показана на рис. 3.9.

| | | |
|--------------|-----------|-----|
| $t_1 = 11,7$ | $R = 240$ | |
| | 1,0 | 0,3 |
| | 0,43 | |
| $t_2 = 3,9$ | | |

Рис. 3.9 Загрузка оборудования на операциях прямоточной поточной линии. На первой операции установлено два станка, а на второй – один станок

Задание 3 Определите период распределительного конвейера и закрепите разметочные знаки за рабочими местами. Исходные данные: $c_1 = 1$, $c_2 = 3$ и $c_3 = 4$ рабочих места на первой, второй и третьей операциях, соответственно.

РЕШЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ

Решение задания 1 Рассчитаем такт поточной линии по (3.1)

$$r = 2 (480 - 30) / 500 = 1,8 \text{ мин/ед.}$$

Определим число рабочих на операциях по (3.2):

$$c_1 = 3,6 / 1,8 = 2; \quad c_2 = 5,4 / 1,8 = 3; \quad c_3 = 1,8 / 1,8 = 1; \\ c_4 = 5,4 / 1,8 = 3; \quad c_5 = 3,6 / 1,8 = 2.$$

Длину рабочей зоны операции рассчитаем по (3.5):

$$L_1 = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}; \quad L_2 = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м}; \quad L_3 = 1,5 \cdot 1 = 1,5 \text{ м}; \\ L_4 = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м}; \quad L_5 = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м.}$$

На четвертой операции определим длину резервной зоны. Для этого находим скорость конвейера по (3.4): $v = 1,5 / 1,8 = 0,83 \text{ м/мин}$. Предварительная длина резервной зоны

$$L_{\text{рез}}^1 = v (t_{\text{max}} - t_4) = 0,83 (7,4 - 5,4) = 1,66 \text{ м.}$$

Длина резервной зоны должна быть либо равна шагу конвейера, либо кратна ему. Принимаем $L_{\text{рез}} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ м} > L_{\text{рез}}^1 = 1,66 \text{ м}$. Итак общая длина рабочего конвейера

$$L_{\text{общ}} = 3 + 4,5 + 1,5 + (4,5 + 3) + 3 = 19,5 \text{ м.}$$

Решение задания 2 По формуле (3.7) рассчитываем изменение величины межоперационного оборотного задела для $T = 240 (1 - 0,43 - 0,3) = 240 \cdot 0,27 = 64,8 \text{ мин}$: $\Delta Z = 64,8 \cdot 1 / 11,7 - 64,8 \cdot 0 / 3,9 = 6 \text{ ед.}$; для $T = 240 \cdot 0,43 = 103,2 \text{ мин}$: $\Delta Z = 103,2 \cdot 1 / 11,7 - 103,2 \cdot 1 / 3,9 = -18 \text{ ед.}$; для $T = 240 \cdot 0,3 = 72 \text{ мин}$: $\Delta Z = 72 \cdot 2 / 11,7 - 72 \cdot 0 / 3,9 = 12 \text{ ед.}$ Далее определяем величину недостающего задела на момент запуска линии: $6 - 18 = -12 \text{ ед.}$ Очевидно, что если в начальный момент времени между операциями будет иметься задел в количестве 12 ед., то в конце периода комплектования задела величина задела будет точно такой же: $12 + 6 - 18 + 12 = 12 \text{ ед.}$ Эпюра межоперационного оборотного задела показана на рис. 3.10.

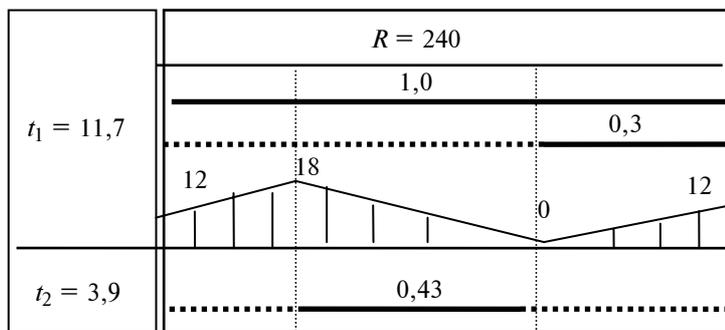


Рис. 3.10 Эпюра межоперационного оборотного задела

Решение задания 3 Очевидно, что период распределительного конвейера будет равен 12, так как 12 – это наименьшее число, которое без остатка делится на один, три и четыре. Закрепление разметочных знаков периода конвейера за рабочими местами показано в таблице.

Закрепление разметочных знаков периода конвейера за рабочими местами

| Номер рабочего на ПЛ | Номера периода |
|----------------------|----------------|
| 1.1 | 1 – 12 |
| 2.1 | 1, 4, 7, 10 |
| 2.2 | 2, 5, 8, 11 |
| 2.3 | 3, 6, 9, 12 |
| 3.1 | 1, 5, 9 |
| 3.2 | 2, 6, 10 |
| 3.3 | 3, 7, 11 |
| 3.4 | 4, 8, 12 |

ТЕСТ

- 1 Чем отличается рабочий конвейер от распределительного конвейера?
 - а) Рабочий конвейер используется в массовом производстве, а распределительный в крупносерийном производстве.
 - б) На распределительном конвейере изделие обрабатывается на рабочих местах, расположенных по ходу конвейера с одной или с двух сторон; на рабочем – непосредственно на транспортере конвейера.
 - в) На рабочем конвейере транспортер движется непрерывно, а на распределительном конвейере транспортер движется в пульсирующем режиме.
- 2 Чем отличается групповая поточная линия от переменного-поточной линии?
 - а) На групповой линии работают постоянно закрепленные группы рабочих, а на переменного-поточной рабочие сменяют друг друга по определенному графику.
 - б) Групповая линия состоит из группы однородных поточных линий; переменного-поточная – из группы разнородных поточных линий.
 - в) На групповой линии детали комплектуются в группы и передаются с одного рабочего места на другое также группами; на переменного-поточной линии после обработки партии одного наименования линия переналаживается и запускается партия другого наименования.
- 3 Возникают ли на конвейере межоперационные оборотные заделы?

- а) Да, возникают.
 - б) Нет.
 - в) На одних рабочих местах заделы имеются, а на других – нет.
- 4 Прямоточные поточные линии используются:
- а) в единичном производстве;
 - б) в массовом производстве;
 - в) в серийном производстве.
- 5 Почему проектируют резервные зоны операций на рабочем конвейере?
- а) Потому, что невозможно установить точную норму времени на выполнение некоторых операций.
 - б) Для того, чтобы осуществлять ремонт оборудования.
 - в) Для того, чтобы выпускать дополнительные объемы продукции.
- 6 Период распределительного конвейера это:
- а) время циклической работы транспортера;
 - б) длина рабочей зоны операции, кратная общей длине конвейера;
 - в) количество разметочных знаков, используемое для разметки транспортера конвейера.
- 7 Такт поточной линии это:
- а) интервал времени, через который готовые изделия выпускаются поточной линией;
 - б) время обработки изделия на данном рабочем месте;
 - в) время, через которое линия останавливается для отдыха рабочих.
- 8 Многостаночное обслуживание используется:
- а) на конвейерах;
 - б) на групповых поточных линиях;
 - в) на прямоточных поточных линиях.
- 9 На каких поточных линиях рабочие и оборудование загружены не полностью?
- а) На конвейерах.
 - б) На групповых поточных линиях.
 - в) На прямоточных поточных линиях.
- 10 Шаг конвейера это:
- а) расстояние между осями смежных изделий, расположенных на транспортере;
 - б) единица измерения длины рабочей зоны операции;
 - в) расстояние между рабочими, расположенными по разные стороны транспортера.

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО

4.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

До 60-х гг. XX в. в мире существовал рынок производителей продукции, т.е. рынок продавцов. Основной упор в это время делался на снижение производственных издержек, в результате чего появляется интенсивная конкуренция по цене товара, что привело к перемещению целых отраслей в страны с низкой заработной платой. В 1970-е гг. возникает рынок потребителя. В развитых странах появляется существенный избыток товарной массы и разворачивается борьба за покупателя. Именно тогда в Японии производители продукции пришли к осознанию того, что высокого качество изделий можно достигнуть при более низких издержках производства. Основным фактором конкурентной борьбы становится качество продукции. Высокое качество при относительно низких издержках производства можно обеспечить за счет высокой операционной эффективности.

Операционная эффективность – это предельно высокий уровень производительности всех операций, осуществляемых в сфере бизнеса: в производстве, в финансовых расчетах, при транспортировке,

складировании материалов и продукции, в обучении и переподготовке персонала и т.д. Высокая операционная эффективность (ОЭ) обеспечивала Японии в 1970 – 1980-е гг. *конкурентное преимущество* по сравнению с другими странами.

Впервые понятие *конкурентного* и *сравнительного* преимущества ввел в науку американский ученый М. Портер². Сравнительное преимущество – это более низкие факторные издержки – простота доступа к сырью, дешевой рабочей силе, капиталу или к развитой инфраструктуре. Предприятие, которое все это имеет, обладает в данном регионе сравнительным, но не конкурентным преимуществом. Конкурентное преимущество предприятие получает при наличии высочайшей операционной эффективности в области использования тех факторов производства, к которым имеет доступ. Простота доступа к факторам производства и высокая ОЭ формировали надежное конкурентное преимущество до начала 90-х гг. XX в. В настоящее время этого уже не достаточно. Для обеспечения конкурентного преимущества необходимо то, что называют «инновационными способностями». Цель инновации – создать такой продукт, технологию или бизнес, которые длительное время не смогли бы скопировать конкуренты. Таким образом, на первый план выдвигаются «инновационные способности» фирмы, заключающиеся в возможностях генерирования новых идей и скорости доведения этих идей до конкурентоспособного продукта. Конкуренция в области нововведений является конструктивной, поскольку позволяет создавать новые, отличные от существующих, товары и услуги. Конкуренция в области операционной эффективности в настоящее время, по своей сути – деструктивна, поскольку современные предприятия уже достигли предела производительности в осуществлении различных бизнес-операций и уже не способны удерживать лидирующие позиции в этой области по следующим причинам:

1) современные методы организации производственных процессов не являются секретом и могут быть использованы всеми конкурентами с одинаковым успехом;

2) ученые и консультанты быстро распространяют передовые приемы менеджмента и маркетинга, а конкуренты быстро их осваивают;

3) конкуренты используют стандартное оборудование и известные технологии производства, мало чем отличающиеся друг от друга, что также не может сформировать конкурентного преимущества.

В результате такой конкуренции не появляется ничего нового, а сама конкуренция имеет изматывающий характер.

Дисциплина «Организация производства» занимается вопросами разработки эффективных методов организации производственных процессов, а также проблемами подготовки производства к выпуску новых продуктов в кратчайшие сроки. Рассмотрим наиболее известные современные методы организации производственных процессов. К ним относят технику работы «*точно к сроку*», организация сборочных работ на *рабочих постах* и производство продукции на *смешанных поточных линиях*.

Техника работы «точно к сроку» (ТКС). Первоначально появилась в Японии, а затем получила распространение в США и Западной Европе. Основная идея этого метода – максимально возможное сокращение запасов материалов, комплектующих изделий, незавершенного производства и готовой продукции. Для этого поставки материалов и комплектующих изделий на предприятие должны осуществляться точно к моменту их запуска в производство. Объем и время поставок рассчитаны так, чтобы материалы и комплектующие изделия все, без остатка были бы переданы с транспортного средства непосредственно в цех, минуя склад материалов. Для того, чтобы сократить величину незавершенного производства, необходимо обеспечить минимальную продолжительность производственного цикла, а величину производственной и транспортной партий сделать по величине наименьшими. Запас готовой продукции практически будет отсутствовать только в том случае, когда необходимое количество изделий будет изготовлено точно к тому сроку, к которому пожелал заказчик.

Обычное производство работает по выталкивающему типу, а ТКС – по вытягивающему. В первом случае, пока есть необходимое количество материалов и комплектующих изделий на складе, процесс производства будет продолжаться и будет происходить заполнение склада готовой продукции изделиями. То есть предметы труда «проталкиваются» по ходу производственного процесса до тех пор, пока есть соответствующий запас на складе материала. В случае ТКС наличие необходимых запасов материалов и комплектующих изделий – не причина для начала производства. Производственный процесс начнется только в том случае, когда поступит заявка от потребителя на определенное количество продукции. Заявка «вытягивает» из производственной системы только то количество изделий, которое необходимо в данный момент времени заказчику.

² Портер М. Конкуренция: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2000.

В системе ТКС направление распространения информации о заказе и направление движения материалопотока, связанного с выполнением этого заказа, – прямо противоположны (рис. 4.1).

То есть, информация распространяется против хода технологического процесса и все подразделения предприятия получают исчерпывающие сведения о предстоящей работе; только после этого производство начинает функционировать. Информация о заказе сначала поступает в сборочный цех; сборочный цех сообщает механическому свою потребность в деталях; механический цех информирует заготовительный о необходимом количестве заготовок и, наконец, заготовительный цех сообщает свою потребность в материалах отделу снабжения.

Система ТКС может производить только ту продукцию, сведения о технологии производства которой помещены на специальные карты. Каждый цех или производственный участок имеет определенный набор таких карт. Таким образом, технологический маршрут производства какого-то изделия полностью описан в картах, имеющихся в заготовительном, механическом и сборочном цехах. Эти карты прикреплены к контейнерам с необходимыми заготовками или деталями. Это означает, что в каждом цехе уже имеется необходимый минимальный технологический задел под производство той продукции, заказ на производство которой, возможно, поступит на предприятие. Информация, которая проходит по всем цехам от сборочного к заготовительному, позволяет выбрать нужный контейнер

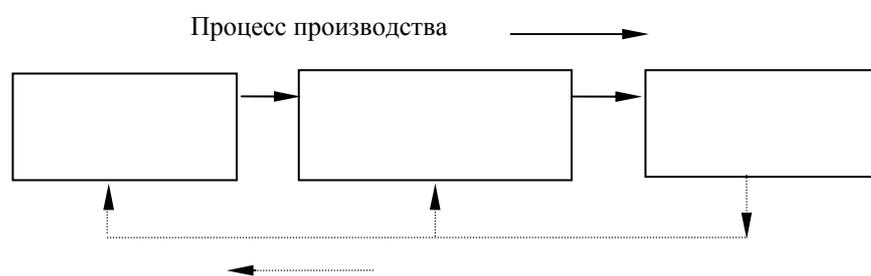


Рис. 4.1 Поток движения информации и материалов в системе «Точно к сроку»

и карту для начала процесса производства. Необходимые сведения об объемах производства по заказу распространяются по внутренней локальной компьютерной сети предприятия. После выполнения заказа цехи предприятия останавливаются в ожидании следующего заказчика.

Достоинства и недостатки системы ТКС:

1) существенно снижаются запасы материалов, готовой продукции и величина незавершенного производства, в результате чего улучшаются показатели оборачиваемости оборотных средств и прибыли на активы; для получения такого результата необходимо иметь надежных поставщиков материалов и профессиональных маркетологов;

2) удастся добиться более высокого качества продукции, поскольку изделия производятся небольшими партиями; производство – гибкое, так как способно производить несколько видов продукции;

3) запасы снижаются, что является достоинством, однако, возникают простои производственных мощностей предприятия, поскольку исключена возможность производства продукции «про запас», под будущую реализацию;

4) недостатком является большой объем сверхурочных работ, так как поступивший заказ необходимо выполнить в кратчайшие сроки; сверхурочные работы увеличивают себестоимость продукции.

Предприятие переходит на систему ТКС поэтапно – сначала переводят на эту технику работы один цех, а затем – другие. После освоения системы ТКС предприятие уже никогда не возвращается к традиционным методам управления.

Внедрение этой системы позволяет снизить запасы незавершенного производства более чем на 80 %, запасы готовой продукции – примерно на 30 %. Продолжительность производственного цикла уменьшается в среднем на 40 %. Повышается гибкость производства.

Организация сборочных работ на рабочих постах. Рабочий сборочный конвейер был изобретен Г. Фордом в 20-х гг. XX в.³. Основные характеристики фордовского конвейера следующие: дифференциация процесса сборки на простейшие операции, в результате чего труд рабочего становится монотон-

³ Форд Г. Моя жизнь. Мои достижения. М.: Финансы и статистика, 1989.

ным и бессодержательным; жесткая связь рабочих на поточной линии, задаваемая транспортером – в случае несоблюдения такта конвейера одним рабочим может остановиться и вся линия. Эти недостатки полностью устраняются на поточных линиях, организованных по методу рабочих постов. Впервые этот метод был применен на сборке двигателей для автомобилей «Вольво», а затем был использован и на заводах «Форд» и «Фиат».

Рабочий пост – это небольшой производственный участок на котором работает 5 – 6 человек. За каждым рабочим постом закреплен комплекс сборочных операций общей трудоемкостью τ_i .

Время выполнения операций на рабочих постах синхронизировано

$$\tau_i / c_i = r,$$

где i – количество комплексов операций, необходимых для сборки изделия; c_i – количество рабочих постов, выполняющих данный комплекс операций; r – такт выпуска изделий с поточной линии, или такт запуска материалов на нее.

Предположим, что для сборки какого-то изделия необходимо выполнить три комплекса операций со следующими значениями трудоемкости: $\tau_1 = 3$, $\tau_2 = 2$, $\tau_3 = 1$ ч. Для того, чтобы комплексы операций выполнялись синхронно необходимо следующее количество рабочих постов: $c_1 = 3$, $c_2 = 2$, $c_3 = 1$. Очевидно, что в этом случае такт поточной линии будет равен 1 ч ($3 / 3 = 2 / 2 = 1 / 1 = 1 = r$). Схема планировки такой поточной линии показана на рис. 4.2.

Заготовки (материалы, комплектующие изделия) запускаются на поточную линию с интервалом в 1 ч и с таким же интервалом с поточной линии сходят готовые изделия – это такт поточной линии. Нетрудно заметить, что чем больше трудоемкость комплекса операций, тем больше требуется постов выполняющих этот комплекс. Поэтому конфигурация поточной линии похожа на продольное сечение трубы, по которой движется поток жидкости. Чем выше скорость потока (скорость сборки изделий), тем сечение потока (количество постов, выполняющих данный комплекс операций) меньше и наоборот. Благодаря такому подбору количества рабочих постов процесс сборки изделий осуществляется непрерывно.

Из рис. 4.2 видно, что изделие 1, после сборки на рабочем посту 1.1 передается на пост 2.1; изделие 2 перемещается с поста 1.2 на пост 1.2; изделие 3 переходит с поста 1.3 на пост 2.1, поскольку к этому моменту этот пост освободится. Действительно как было сказано выше, между запусками очередных заготовок на линию проходит по 1 ч, следовательно между запуском заготовок 1 и 3 пройдет 2 ч; поскольку время сборки на постах 1.1 – 1.3 одинаковое, то и интервал выпуска изделий с этих постов будет

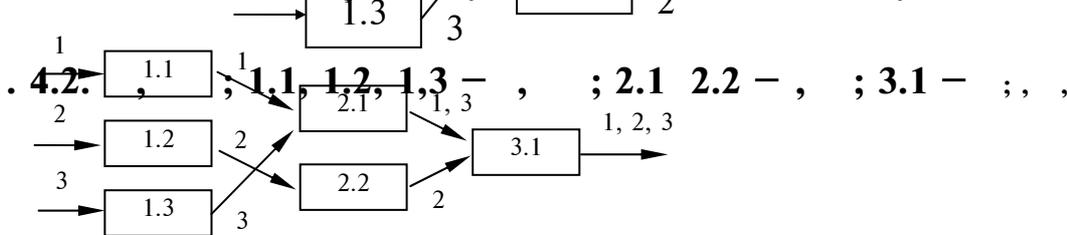


Рис. 4.2 Схема поточной линии, организованной по методу рабочих постов:

1.1, 1.2, 1.3 – рабочие посты, выполняющие первый комплекс операций;

2.1 и 2.2 – второй комплекс; 3.1 – третий комплекс.

Цифры, стоящие над стрелками, обозначают номер изделия

таким же, т.е. промежуток времени между поступлениями изделий 1 и 3 на пост 2.1 будет 2 ч. Так как время сборки изделия на poste 2.1 равно также 2 ч, то этот пост, как и все другие, не будут простаивать в ожидании очередного изделия. Если все изделия пронумеровать, то все нечетные изделия будут собираться на посту 2.1, а все четные – на посту 2.2. (на рис. 4.2 показана сборка только первых трех изделий. На рабочий пост 3.1 все изделия будут запускаться и выпускаться с него с интервалом в 1 ч, т.е. через промежуток времени равный такту поточной линии.

На каждом рабочем посту изделие собирается на специальной платформе, снабженной электроприводом. После окончания всех операций, закрепленных за этим постом, рабочие включают электропри-

вод платформы и перевозят изделие на один из следующих рабочих постов. Поскольку время выполнения комплексов операций синхронизировано, то к моменту окончания работ на предыдущем посту обязательно освободится один из следующих постов по ходу технологического процесса. Таким образом, связь между постами не жесткая, поскольку такт работы задает не транспортер, как это происходит на рабочем конвейере, а сами рабочие, перемещающие платформы с изделиями с одного поста на другой.

На каждом рабочем посту используется бригадная форма организации труда. Рабочие могут помогать друг другу или подменять коллегу в нужный момент времени. Выполнять операции, закрепленные за ними, по очереди, что делает труд рабочих более содержательным и не таким монотонным и изнуряющим как на рабочем конвейере. Обязанности бригадира также могут выполняться рабочими по очереди.

Производство продукции на смешанных поточных линиях. Начнем изложение этого вопроса с небольшой исторической справки. Как уже говорилось выше, в начале XX в. подлинную революцию в автомобилестроении произвели фордовские конвейеры. Конвейеры – это однопредметные поточные линии на которых и в настоящее время изготавливаются или собираются изделия одного какого-то наименования. Например, холодильники, фотоаппараты, автомобили и т.д. Продукция, сходящая с конвейеров, предназначена для массового потребителя. В начале 80-х гг. XX в. производители осознали тот факт, что новых рыночных ниш для массового производства остается все меньше и меньше. Появилась необходимость производить продукцию небольшими сериями на переналаживаемом оборудовании. Широкое распространение получили *переменно-поточные* линии. На такой линии, после переналадки оборудования можно выпускать в течение месяца три – четыре наименования продукции. Все изделия, производимые на переменно-поточных линиях, должны иметь одинаковые или сходные технологические маршруты. Оборудование на переменно-поточной линии переналаживается 3 – 4 раза за месяц; во время переналадки изменяются не только режимы работы оборудования, но и заменяется инструмент, иная технологическая оснастка, а также чертежи по которым изготовлялось или собиралось предыдущее изделие. Только после этого переходят на выпуск следующего изделия, закрепленного за этой поточной линией. На переналадку переменно-поточной линии требуется достаточно большое время, иногда на это уходит целая рабочая смена, т.е. 8 ч. Используются переменно-поточные линии в крупносерийном или серийном производствах.

Основным достоинством поточного производства является низкая себестоимость продукции, которая достигается за счет относительно больших объемов производства. Основной недостаток – отсутствие индивидуальных особенностей в изделиях; продукция конвейерного производства неотличима друг от друга, что уже не устраивает современного покупателя, особенно в сфере производства готовой одежды, мебели, обуви и т.д. Кроме того, считается, что изделие изготовленное индивидуально, на заказ всегда более качественное, чем продукт массового производства.

Смешанное производство – это такая организация производственного процесса, при которой совмещаются достоинства поточного производства, с его низкой себестоимостью продукции, с преимуществами индивидуального производства, обеспечивающего высокое качество изделий. На смешанных поточных линиях изделия производятся очень маленькими партиями, иногда поштучно. После выпуска каждой небольшой партии, или единицы продукции оборудование необходимо быстро переналадить под выпуск следующего изделия. Поэтому если на переменно-поточной линии оборудование переналаживается несколько раз за месяц, то на смешанной поточной линии – десятки раз за рабочую смену. Поэтому оборудование на смешанных линиях должно переналаживаться за несколько минут, в противном случае потери рабочего времени будут очень большими и производство будет нерентабельным. Можно привести следующий пример. На японских автомобильных заводах на переналадку 800-тонного пресса рабочим требуется не более 12 мин, а в США аналогичный пресс рабочие переналаживают в течение 6 ч.

Итак, в чем же преимущество производства продукции очень мелкими партиями, даже если потери времени на переналадку оборудования являются весьма существенными? Это преимущество – в высоком качестве продукции, изготавливаемой индивидуально. Здесь большое значение имеет психологическое восприятие брака или дефекта при производстве продукции большими или малыми партиями. Например, если в партии деталей величиной 1000 ед. бракованной оказалась 1 ед., то процент брака воспринимается как ничтожно малая величина – 0,1 %. Если эту же продукцию разделить на 500 партий по 2 ед. в каждой, то 1 ед. бракованной продукции в партии из 2 ед. уже будет ассоциироваться с очень

значительным браком – 50 %. Такой психологический эффект позволяет добиться очень высокого качества продукции, производимой на смешанных поточных линиях.

Пример. Рассмотрим некоторые особенности организации *переменно-поточной* и *смешанной* поточной линии на примере производства небольших насосов трех типов, условно назовем их насосами *A*, *B* и *C*. За смену необходимо собрать 64 насоса, из них – 32*A*, 16*B* и 16*C*. Время сборки одного насоса *A* – 5 мин, *B* и *C* по 10 мин. Установить величину партии изготовления насосов на переменно-поточной и смешанной линиях.

Решение. На *переменно-поточной линии* величина партии изготовления насосов будет максимальной для того, чтобы количество переналадок за рабочую смену было бы минимальным. Очевидно, что величина партий будет следующей: *A* – 32 ед., *B* – 16 ед. и *C* – 16 ед. Время, затраченное на выпуск этих партий: *A* – $32 \cdot 5 = 160$, *B* – $16 \cdot 10 = 160$, *C* – $16 \cdot 10 = 160$ мин. Итого, за время, равное продолжительности рабочей смены ($160 \cdot 3 = 480$ мин), будет изготовлено 64 насоса при трех переналадках оборудования. Частные такты выпуска насосов: *A* – 5, *B* – 10 и *C* – 10 мин/ед.

На *смешанной поточной линии* партии изготовления насосов должны быть минимальными. При тех же частных тактах выпуска изделий, что и на переменно-поточной линии, можно установить следующую последовательность производства насосов в течение одного часа: $2A (2 \cdot 5 = 10 \text{ мин}) \rightarrow B (10 \text{ мин}) \rightarrow C (10 \text{ мин}) \rightarrow 2A (2 \cdot 5 = 10 \text{ мин}) \rightarrow B (10 \text{ мин}) \rightarrow C (10 \text{ мин})$. Итого, за один час будет осуществлено шесть переналадок линии, а за рабочую смену – 64 переналадки. Очевидно, что оборудование на смешанной линии должно переналаживаться «в одно касание», иначе ставка на качество продукции будет неоправданной из-за слишком больших потерь рабочего времени и низкой производительности рабочих.

Существует еще две причины, по которым смешанный выпуск продукции считается менее производительным, чем производство изделий на переменно-поточной линии: сборщик тратит дополнительное время на поиск детали для очередной модели изделия; требуется большой запас деталей на рабочих местах, чем на переменно-поточной линии. Для сокращения времени поиска нужной детали применяется цветная маркировка ячеек стеллажей, где лежат детали, а также оптимальное размещение стеллажей на рабочих местах сборщиков. Для уменьшения запаса деталей может применяться техника работы ТКС.

4.2 ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Процесс освоения новой продукции требует непрерывной информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла продукта. Современные информационные технологии позволяют заменить килограммы технической документации дисками и дискетами, а также объединить единым информационным пространством различных участников инновационного процесса: заказчика, поставщиков, подрядчиков, проектировщиков, а также каналы сбыта новой продукции. Создаются многопрофильные коллективы, работающие по единому плану разработки проектно-конструкторской документации, производства новой продукции и ее поддержки на фазе эксплуатации.

Предприятие не применяющее профессионально ориентированные программные продукты в области подготовки производства новых изделий не может считаться конкурентоспособным, поскольку при ручном способе вычерчивания чертежей и разработке другой технической документации, срок освоения новой продукции становится неприемлемо большим, а затраты на доработку и внесение изменений в проект слишком значительными.

Применение новых информационных технологий в области подготовки производства позволило фирме Olivetti сократить сроки разработки новой продукции с 3 лет до 9 месяцев.

Подготовка производства – это наиболее сложный и дорогостоящий этап инновационного процесса. Под подготовкой производства понимают совокупность научно-исследовательских, конструкторских, технологических, производственных, организационно-плановых работ и расчетов, необходимых для освоения новой и совершенствования выпускаемой предприятием продукции. Выпуск новой продукции требует изготовления большого количества инструментов, приспособлений, штампов и другой технологической оснастки, приобретения или изготовления недостающего оборудования, создания опытного

образца, его испытание и многих других работ, предшествующих запуску продукции в серийное производство.

Объем работ по подготовке производства увеличивается с увеличением серийности продукции. Сложная продукция имеет тысячи, иногда десятки тысяч деталей. Это требует длительного времени, большого объема подготовительных работ, даже для изделий, выпускаемых в единичных экземплярах. В серийном производстве затраты существенно возрастают, так, например, подготовка производства одной детали средней сложности в крупносерийном производстве требует более 500 нормо-часов.

В подготовке производства выделяют три этапа – *прикладные научно-исследовательские работы (НИР), конструкторская и технологическая подготовка производства*. Технологическая подготовка производства следует непосредственно за конструкторской и, где это возможно, должна проводиться параллельно с ней. В крупносерийном производстве технологическая подготовка по объему, продолжительности и стоимости занимает наибольший удельный вес в общем объеме подготовки производства.

Прикладные научно-исследовательские работы. Прикладные НИР проводят научно-исследовательские институты (НИИ) и конструкторские бюро (КБ), последние могут быть как самостоятельными организациями, так и являться подразделениями предприятий. Наиболее длительными и капиталоемкими являются инвестиции в прикладные НИР. Эти работы проводят только при освоении принципиально новой продукции, базирующейся на изобретениях и научных открытиях. Финансировать прикладные НИР могут только крупные промышленные предприятия, работающие в наукоемких отраслях производства, Инвестиции в прикладные НИР имеют невысокую результативность – всего лишь 30 – 50 % разработок заканчиваются успешно. Средняя продолжительность прикладных НИР 3 – 4 года. Тем не менее, крупнейшие корпорации вынуждены вкладывать средства в этот вид деятельности, поскольку именно в этой области формируется конкурентное преимущество. НИИ и КБ занимаются не только прикладными НИР, основной объем работ приходится на опытно-конструкторские работы (ОКР):

| | |
|--|-------|
| Прикладные НИР | 4 % |
| Эскизное проектирование | 34 % |
| Разработка рабочей конструкторской документации на опытные образцы их изготовление и испытание | 56 % |
| Корректировка документации | 6 % |
| Итого | 100 % |

Рынок наукоемкой продукции в конце XX в. оценивался примерно в 2,3 трлн. долл., из них на долю России приходилось всего лишь 0,3 %. По оценке экспертов в начале XXI в. доля России может увеличиться до примерно 10 %. Наша страна относится к тем немногим странам, которые владеют макротехнологиями – определяющими лицо современного мира. Всего насчитывается 50 макротехнологий, обеспечивающих выпуск наукоемкой продукции: производство самолетов, атомных реакторов, морских судов, ракетносителей, композитных материалов и т.д. Особенных успехов Россия добилась в области производства вооружений. Россия – единственная страна, которая производит сразу два типа истребителей – «МИГ» и «СУ», а также два типа вертолетов – «МИ» и «КА». Европейским же странам пришлось объединить свои усилия для производства одного типа истребителя – «Мираж». В производстве гражданской продукции наша страна пока не занимает лидирующих позиций в мире.

Конструкторская подготовка производства состоит из ряда стадий. Проектирование новой продукции начинается с разработки технического задания.

1) В *техническом задании* формулируются технические, эксплуатационные и производственные требования к продукции. Задаются исходные данные для проектирования. Особое внимание уделяется проработке патентов, специальной литературы с описанием аналогичной продукции или технологии. Техническое задание согласуется и подписывается заказчиком.

2) *Техническое предложение*. Рассматриваются и отбираются различные варианты конструкции изделия. Если имеются сомнения в технической осуществимости замысла, разрабатываются параллельные подходы, проводят исследования там, где наблюдается максимальная неопределенность. Параллельные подходы гарантируют, что хотя бы одно пригодное решение будет получено. Например, при разработке

конструкции капсулы первой баллистической ракеты, проводились одновременные эксперименты с различными обтекателями капсулы. Цель – выяснить какая капсула возвращается в атмосферу не сгорая.

3) *Эскизная документация*. Содержит конструкторские документы, которые дают представление об устройстве и принципе действия изделия. На этой стадии разрабатываются: принципиальная схема изделия, общая компоновка, эскизы чертежей общего вида, спецификации сборочных единиц. Изготавливается лабораторный макет нового изделия.

4) *Техническая документация*. Это совокупность конструкторских документов, которые содержат окончательные технические решения и исходные данные для разработки рабочей документации. На этой стадии проводятся расчеты на прочность и жесткость, долговечность, коррозионную стойкость и т.д. Создаются компоновочные чертежи, чертежи агрегатов и сборочных единиц. Разрабатывается инструкция по эксплуатации изделия.

5) *Рабочая документация*. Эта документация непосредственно используется в цехах предприятия для изготовления деталей, сборочных единиц, сборки изделия. В состав рабочей документации входят: чертежи всех деталей, сборочных узлов, спецификации покупных изделий. Эта документация разрабатывается на опытный образец, установочную серию, установившееся производство.

Изготовлению опытного образца предшествует соответствующая технологическая подготовка его изготовления. Проводятся испытания образца на соответствие требованиям технических условий. По результатам испытаний рабочая документация дорабатывается и затем используется для производства установочной серии. По результатам производства вносятся изменения в документацию на установившееся серийное производство.

На этапе конструкторской подготовки производства разработчики руководствуются тремя основными принципами – *унификации, агрегатирования и технологичности изделия*.

Унификация – это устранение излишнего многообразия в конструкции деталей и узлов, в изделиях одинакового назначения, но различных типоразмеров, а также в конструкциях резьб, посадок, валов, отверстий, сортах материалов, в формах технической документации. Унификация приносит большую выгоду на этапе конструкторской подготовки, поскольку при проектировании нового изделия используются чертежи деталей и узлов аналогичных изделий, выпускаемых предприятием. Кроме того, унификация позволяет перейти от единичных процессов изготовления деталей к серийным, что снижает их себестоимость.

Принцип *агрегатирования (блочности)* лежит в основе такой компоновки изделия, при которой оно создается из самостоятельных узлов и механизмов, обособленно монтируемых в общем корпусе или раме. Применение такой компоновки позволяет проводить параллельное проектирование отдельных сборочных единиц, что сокращает общий срок разработки изделия. Принцип блочности позволяет также производить ремонт и модернизацию изделия с минимальными затратами времени, что обеспечивается унификацией присоединительных размеров.

Принцип *технологичности* – это такие качества конструкции, которые позволяют изготовить ее в конкретных производственных условиях с наименьшими затратами и кроме того обеспечивают заданную надежность в процессе эксплуатации. При отработке изделия на технологичность используют метод функционально–стоимостного анализа, который достаточно полно освещен в учебной литературе.

Технологическая подготовка производства. На этом этапе осуществляется выбор заготовок; выбор производственных участков и цехов для изготовления деталей и сборки изделия; подбор типовых технологических процессов, проектирование последовательности технологических операций; проектирование и изготовление технологической оснастки; проектирование производственных участков; оформление документации на технологические процессы; внедрение технологических процессов.

Основные стадии технологической подготовки производства следующие.

1) *Разработка технологических процессов*. На этой стадии разрабатывается маршрутная, а затем операционная технология изготовления деталей и сборочных единиц. При этом используются фонды документации на типовые технологические процессы и операции. Выбор различных вариантов технологического процесса должен определяться не только техническими требованиями производства, но и экономической целесообразностью.

2) *Конструирование и изготовление нестандартного специального технологического оборудования и технологической оснастки*. На этой стадии используют нормальное и специальное технологическое оснащение. Нормальное – все виды режущих и измерительных инструментов широкого применения.

Специальное – для выполнения конкретной технологической операции. Чем выше серийность производства, тем больше применяется специальное оснащение. При изготовлении специального оснащения в свою очередь используется нормализованное, ранее спроектированное и изготовленное технологическое оснащение. Нормализованное оснащение – это банк унифицированных деталей и сборочных единиц, из которых по чертежам собирают нужное приспособление. После использования оно разбирается на составные части и из них может быть собрано другое приспособление. Преимущество нормализованной оснастки – быстрота ее использования (обычно сборка приспособления занимает 2 – 3 ч). На изготовление и проектирование специальной оснастки уходит 60 – 70 % всей технологической подготовки производства. Использование нормализованной оснастки позволяет расширить область применения оснащения, сделать его более универсальным.

3) *Внедрение технологических процессов.* Эта работа осуществляется по мере получения цехами технологической документации и специального оснащения. Наладка и внедрение технологических процессов осуществляется технологами, которые разрабатывали эти процессы, при непосредственном участии цехового персонала. Технологический процесс считается внедренным, когда достигнуты изготовление и сборка изделия в соответствии с требованиями чертежа.

На этапе технологической подготовки производства принцип *типизации* технологических процессов имеет большое значение. Все детали, проходящие механообработку, делятся на определенные типы. На типы деталей составляются карты-трафареты типового технологического процесса. Это позволяет обрабатывать типовые детали по одному и тому же маршруту, используя то же самое оборудование, оснастку, обеспечивать одинаковую точность и чистоту поверхности. Типизация позволяет снизить трудозатраты на составление документации в среднем на 60 %.

Сравнение двух различных технологий производства. При освоении новой продукции на предприятии могут применяться уже известные технологии. Например, для изготовления новой детали можно использовать либо сварную, либо литую заготовки. Необходимое сварочное и литейное оборудование на предприятии имеется. Поэтому капитальные вложения в это оборудование нет необходимости принимать во внимание при выборе того или иного варианта производства деталей. Выбор технологии производства в этом случае осуществляется только по изменяющимся статьям текущих затрат. Все изменяющиеся затраты разделяют на переменные и постоянные:

$$Z = Xn + W, \quad (5.1)$$

где X и W – переменные затраты на единицу продукции и постоянные затраты на произведенный объем продукции, соответственно; n – произведенные объемы продукции.

Та технология будет более эффективной, которой будет соответствовать минимум затрат Z .

Технологическая себестоимость продукции – это суммарная величина текущих затрат, которая зависит от метода обработки; при сравнении методов обработки во внимание принимаются только те затраты, которые имеют различное значение для этих двух методов.

На рис. 4.3 показаны графики зависимости технологической себестоимости Z от объемов производства n для двух технологий – A и B .

Критический объем производства n_k – это такой объем производства продукции при котором $Z_A = Z_B$. Из последнего равенства вытекает, что

$$n_k = (W_B - W_A) / (X_A - X_B). \quad (5.2)$$

При $n < n_k$ более эффективной будет технология A , а при $n > n_k$ – технология B , так как затраты Z на производство продукции в этих диапазонах объемов будут минимальны. При $n = n_k$ обе технологии будут эквивалентны.

Технология A характеризуется высокими переменными затратами, а B – высокими постоянными. Для технологий с высокими переменными затратами характерно следующее: высокая материалоемкость, трудоемкость и энергоемкость производства; слабая автоматизация; относительно небольшая стоимость оборудования. Такие технологии конкурентоспособны при небольших объемах производства.

Особенность технологий с высокими постоянными затратами: большая стоимость оборудования; высокий уровень автоматизации; значительная доля заемного капитала. Окупаются эти технологии при

относительно больших объемах производства. Применение дорогостоящего оборудования и средств автоматизации позволяет снизить переменные затраты – на материалы и заработную плату производственных рабочих.

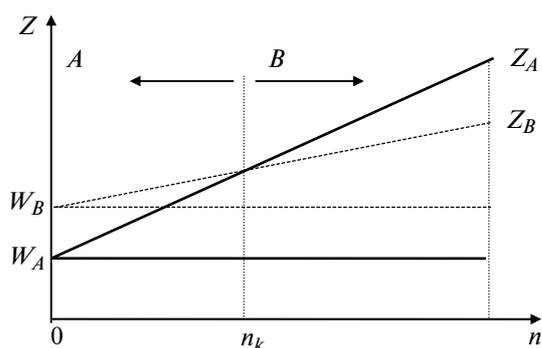


Рис. 4.3 Определение критического объема производства n_k для двух технологий A и B

Пример. Для производства продукции можно выбрать либо технологию A , либо B . Исходные данные приведены в таблице.

| Технология A | | Технология B | |
|----------------|------------|----------------|------------|
| X_A , р./ед. | W_A , р. | X_B , р./ед. | W_B , р. |
| 34 | 80 000 | 20 | 185 000 |

Производственные мощности по обеим технологиям одинаковы и составляют 10 000 ед./г. Выбрать наиболее эффективную технологию при объемах производства 6000 и 9000 ед./г.

Решение. Критический объем производства

$$n_k = (W_B - W_A) / (X_A - X_B) = (185\,000 - 80\,000) / (34 - 20) = 7500 \text{ ед./г.}$$

Следовательно, при 6000 ед. продукции более выгодной будет технология A , с более высокими переменными затратами; при 9000 ед. продукции – B , с более высокими постоянными затратами.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1 В результате унификации вместо трех различных узлов A , B , C создан один унифицированный узел. Затраты на создание унифицированного узла, равные 10 000 р. должны быть списаны в течение первого года выпуска унифицированного узла. Исходные данные:

| Показатели | Узлы | | | |
|-----------------------------------|------|-----|-----|-----------------|
| | A | B | C | Унифицированный |
| Затраты на материал, р./ед. | 849 | 864 | 896 | 896 |
| Зарплата основных рабочих, р./ед. | 106 | 108 | 112 | 85 |

| | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Прочие переменные затраты, р./ед. | 106 | 108 | 112 | 81 |
| Постоянные затраты, р./г. | 19 000 | 22 300 | 25 000 | 28 000 |
| Годовой выпуск узлов, ед. | 120 | 150 | 200 | 470 |

Определить экономию от унификации узлов.

За д а н и е 2 Имеется технология производства со следующими характеристиками:

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Производственная мощность, ед./г. | 20 000 |
| Переменные затраты, р./ед. | 100 |
| Постоянные затраты, тыс. р./г. | 750 |

После усовершенствования технологии, производственная мощность не изменяется. Постоянные затраты составляют 825 тыс. р. Каковы должны быть переменные затраты на ед. продукции, чтобы обеспечить эффективность усовершенствованной технологии при загрузке производственных мощностей в диапазоне 70 – 100 %.

За д а н и е 3. Определить при какой месячной программе изготовления деталей становится экономичным применение многшпиндельной сверлильной головки вместо одноинструментальной обработки. Исходные данные:

| Затраты | Одноинструментальная | Головка |
|---|----------------------|---------|
| Расценка, р./ед. | 20 | 5 |
| Зарплата наладчиков, р./мес. | 2800 | 3500 |
| Расходы на ремонт и эксплуатацию станка, р./ед. | 12 | 16 |
| Амортизация станка, р./ед. | 200 | 180 |
| Износ головки, р./мес. | – | 50 |

РЕШЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАДАНИЙ

Решение задания 1 Рассчитаем суммарную технологическую себестоимость узлов *A*, *B* и *C* по (5.1)

$$Z = Xn + W = (849 + 106 + 106) 120 + (864 + 108 + 108) 150 + (896 + 112 + 112) 200 + 19\,000 + 22\,300 + 25\,000 = 579\,620 \text{ р.}$$

Технологическая себестоимость изготовления унифицированного узла

$$Z = Xn + W = (896 + 85 + 81) 470 + 28\,000 = 527\,140 \text{ р.}$$

Экономия на унификации узлов с учетом того, что на разработку унифицированного узла потребовалось 10 000 р. затрат

$$\Xi = 579\,620 - 527\,140 - 10\,000 = 42\,480 \text{ р.}$$

Решение задания 2 Объемы производства, соответствующие минимальной 70 % загрузке производственных мощностей

$$20\,000 \cdot 0,7 = 14\,000 \text{ ед./г.}$$

При этой минимальной загрузке, технологическая себестоимость производства продукции по модернизированной технологии должна быть меньше технологической себестоимости производства по старой технологии

$$100 \cdot 14\,000 + 750\,000 > X \cdot 14\,000 + 825\,000.$$

Отсюда имеем

$$X < (100 \cdot 14\,000 + 750\,000 - 825\,000) / 14\,000 = 94,6 \text{ р./ед.}$$

Решение задания 3 Рассчитаем технологическую себестоимость продукции при одноинструментальной обработке по (5.1)

$$Z = Xn + W = (20 + 12 + 200)n + 2800 = 232n + 2800 \text{ р./мес.}$$

При использовании многошпиндельной сверлильной головки

$$Z = Xn + W = (5 + 16 + 180)n + 3500 + 50 = 201n + 3550 \text{ р./мес.}$$

По (5.2) определяем критический объем производства

$$n_k = (W_B - W_A) / (X_A - X_B) = (3550 - 2800) / (232 - 201) = 24 \text{ ед./мес.}$$

Отсюда следует, что при объемах производства меньших, чем 24 ед./мес. следует применять одноинструментальную обработку, а при больших объемах – многошпиндельную головку.

ТЕСТ

1 Новая продукция в процессе создания проходит следующие этапы:

- а) научное исследование, технологическую подготовку, производственное освоение;
- б) научное исследование, технологическую подготовку, конструкторскую подготовку, производственное освоение;
- в) научное исследование, проектно-техническую разработку, организационную подготовку, производственное освоение;
- г) научное исследование, организационную подготовку, проектно-технологическую подготовку, производственное освоение.

2 Отработка изделия на технологичность производится:

- а) после конструкторской подготовки производства;
- б) в процессе конструкторской подготовки производства;
- в) во время технологической подготовки производства;
- г) после технологической подготовки производства.

3 Начальным этапом проектирования изделия является разработка:

- а) технического задания;
- б) эскизного проекта;
- в) технического проекта;
- г) технического предложения.
- д) нет однозначного ответа.

- 4 Минимальную себестоимость имеет изделие при:
- а) массовом производстве;
 - б) серийном производстве;
 - в) единичном производстве;
 - г) массовом и серийном производстве;
 - д) нет однозначного ответа.
- 5 Затраты, зависящие от метода обработки, называются:
- а) производственной себестоимостью;
 - б) плановой себестоимостью;
 - в) нормативной себестоимостью;
 - г) технологической себестоимостью.
- 6 Назначение изделия, область применения, эксплуатационные, технические и экономические требования определяет:
- а) рабочий проект;
 - б) технический проект;
 - в) эскизный проект;
 - г) техническое задание;
- 7 Расчет геометрических форм и размеров деталей, выбор материалов и заготовок определяются при составлении:
- а) технического задания;
 - б) технического проекта;
 - в) эскизного проекта;
 - г) рабочего проекта.
- 8 Основная цель техники работы «точно к сроку»:
- а) освоение новой продукции в кратчайшие сроки;
 - б) максимальная загрузка производственных мощностей;
 - в) минимизация запасов материалов и готовой продукции;
 - г) оптимальная загрузка рабочей силы.
- 9 Сборка изделий на рабочих постах преследует главную цель:
- а) максимальная производительность сборочных работ;
 - б) снижение монотонности и однообразности сборочных работ;
 - в) повышение точности сборки;
 - г) оптимальная компоновка в пространстве сборочной линии.
- 10 Основной целью производства продукции на смешанных поточных линиях является:
- а) максимальная производительность линии;
 - б) высокое качество продукции;
 - в) снижение монотонности и однообразности работ;
 - г) улучшение условий труда рабочих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Организация производства и управления предприятием: Учебник для вузов / Под ред. О.Г. Тузова. М.: Инфра-М, 2002. 527 с.
- 2 Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник для вузов. М.: Инфра-М, 2001. 669 с.
- 3 Серебренников Г.Г. Экономические аспекты организации производства: Учеб. пособие для вузов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 78 с.
- 4 Тюленев Л.В. Организация машиностроительного производства: Учебник для вузов. М.: Бизнес-пресса ИД, 2001. 304 с.

- 5 Золотогоров В.Г. Организация и планирование производства: Учебник для вузов. М.: ФУАин-форм, 2001. 528 с.
- 6 Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учеб. пособие для вузов. М.: Финансы и статистика, 2001. 392 с.
- 7 Экономика предприятия: Учебник для вузов / Под ред. Н.А. Сафронова. М.: Юристъ, 1998. 581 с.