

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

Г. Г. Серебрянников

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия

Издательство ТГТУ
Тамбов 2002

УДК 338.2(075.8)
ББК 65.050.9(2Р)2я7
С32

Рецензенты:

Кандидат технических наук, зам. директора по научной работе Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
А. Н. Зазуля

Кандидат технических наук, зав. лабораторией ВИИТиН
С. А. Нагорнов

Серебренников Г. Г.

С32 Экономические аспекты организации производства: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 80 с.

ISBN 5-8265-0178-2

Представлен основной теоретический материал к курсу "Организация машиностроительного производства". Особое внимание уделено экономическим проблемам организации производства в современных условиях. Теоретические положения проиллюстрированы примерами решения задач. Учебное пособие предназначено для студентов специальности 060800 "Экономика и управление на предприятии".

УДК 338.2(075.8)
ББК 65.050.9(2Р)2я7

ISBN 5-8265-0178-2

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2002

© Серебренников Г. Г., 2002



Г. Г. Серебренников

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

• Издательство ТГТУ •

Учебное издание

СЕРЕБРЕННИКОВ Геннадий Григорьевич

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Редактор В. Н. Митрофанова

Подписано к печати 5.03.2002.

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

Объем: 4,6 усл. печ. л.; 4,5 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 154.

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

СОДЕРЖАНИЕ

1	ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	3
2	ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА	10
2.1	Характеристика внутренних функций производственной системы	10
2.2	Принципы организации производства в пространстве	11
2.3	Особенности отнесения затрат основных и вспомогательных цехов на себестоимость продукции	15
2.4	Родовые функции производственной системы	18
2.5	Принципы организации производственного процесса во времени	23
3	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ	32
3.1	Общие сведения об организации производственного процесса	32
3.2	Определение объемов производства, соответствующих различным видам движения предметов труда	37
3.3	Оценка динамики затрат в зависимости от объема производства и вида движения предметов труда	40
3.4	Пути сокращения продолжительности	

	производственного цикла	47
	
4	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО	53
	
	4.1 Современные методы организации производственных процессов	53
	
	4.2 Подготовка производства новой продукции	61
	
	4.3 Оценка экономической эффективности капитальных вложений	69
	
	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	77
	

1 ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Объектом изучения учебной дисциплины "Организация производства" является промышленное предприятие, которое выпускает либо уже освоенные виды продукции, либо находится в состоянии разработки и вывода на рынок новых товаров или услуг. Установившийся процесс производства известных 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.

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 восемь часов 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).

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 необходимыми 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, перестраиваться с одной операции на другую и т.д. Поэтому за смену будет изготавливаться не 4 ед. продукции, а больше.

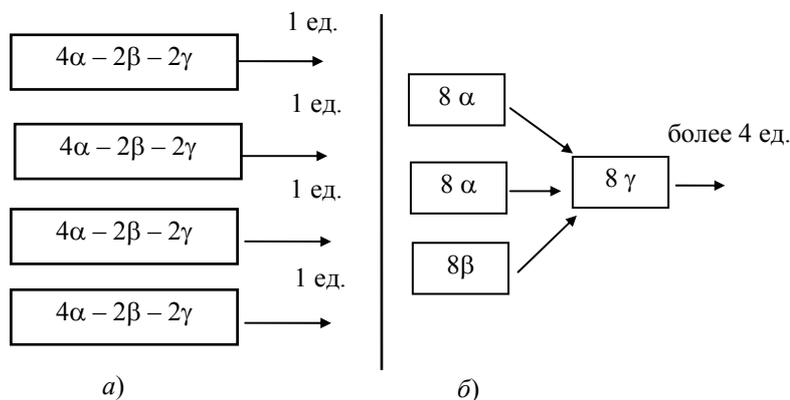


Рис. 1 Преобразование нейтральной системы а) в организованную систему б)

Производительность нейтральной системы получается простым суммированием продуктивности составляющих ее элементов: (четыре рабочих) \times (1 ед.) = (4 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).

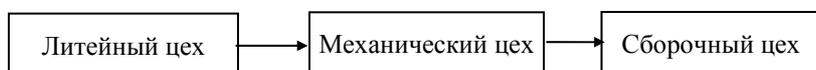


Рис. 2 Пример простейшей производственной структуры из трех цехов и двух пространственно-временных связей между ними

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.

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 %, то есть 4 ч. на операции β и 4 ч. на операции γ при 8-часовой 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.

Ситуация для самостоятельного решения "Одинаковые разности"¹.

Исходные данные: Для анализа конкурентоспособности были взяты две фирмы: голландская (Brugman) и российская (НПО Система), имеющие три главных сходства:

1) обе выпускают одинаковую продукцию и годовые объемы производства также одинаковы и составляют 20 млн. долл. в год;

2) обе основаны в одно и то же время – в 1950 г., следовательно прошли одинаковый путь развития;

3) фирма Brugman (табл. 1) расположена на востоке Голландии, где отличные автомобильные и железные дороги, рядом расположены два аэропорта – в Амстердаме и Дюссельдорфе. В России НПО Система расположена в 10 км от Москвы, имеется обширная транспортная сеть и рядом четыре аэропорта.

Продукция: обе фирмы выпускают оборудование для финишной обработки деталей текстильных машин. Brugman поставляет это оборудование как на внутренний рынок, так и экспортирует в другие страны мира. НПО Система помимо российского рынка поставляет продукцию в страны СНГ. Обе фирмы производят по 200 ед. оборудования в год и реализует его по средней цене 100 тыс. долл. за единицу.

Задание: 1 Описать существующие показатели измерения производительности, перечислить эти показатели, привести расчетные формулы; какие из них наиболее объективны?

2 Можно ли сравнить уровень производительности в НПО Система и Brugman, если можно, то дайте количественные сравнительные оценки, если нет, то каких данных не хватает для получения объективной картины.

3 Какова была бы производительность на НПО Система, если бы в НПО все вспомогательные работы выполнялись сторонними фирмами по контракту с общим объемом работ 50 тыс. долл. в месяц.

4 По соотношению "результаты / затраты" сравнить производительность инженеров-проектировщиков на двух фирмах, если известно, что на Brugman имеются пять компьютеризированных рабочих места – стоимостью по 50 тыс. долл. каждое; работа 10 инженеров-проектировщиков организована в две смены с зарплатой каждого инженера четыре тысячи долларов в месяц.

1 Состав фирм

Brugman	НПО Система
1 Одна бригада на механообработке – 20 чел.	1 Три цеха механической обработки (по 80 чел. каждый)
2 Две бригады на сборке – 40 чел.	2 Цех пластмасс – 40 чел.

¹Кремнев Г. Р. Управление производительностью и качеством / Модульная программа для менеджеров. М.: ИНФРА-М, 1999.

3 Инженеры-проектировщики – 10 чел.	3 Цех гальванообработки – 20 чел.
4 Группа маркетинга – 5 чел.	4 Литейный цех – 20 чел.
5 Финансовый менеджмент – 4 чел.	5 Сборочный цех – 50 чел.
6 Операционный менеджмент – 4 чел.	Итого производственный персонал – 370 чел.
7 Группа снабжения – 3 чел.	6 Технологический отдел. Специалисты по:
8 Группа сбыта – 5 чел.	– мех. обработке – 30 чел.
9 Коммерческая группа (включ. 2-х бухгалтеров) – 4 чел.	– пластмассам – 20 чел.
10 Топ-менеджеры (по маркетингу, финансам и производству) – 3 чел.	– средствам контроля – 30 чел.
11 Секретарь директора, она же специалист по связям с общественностью – 1 чел.	– литью – 20 чел.
12 Директор, он же топ-менеджер по кадрам – 1 чел.	– инструментам – 20 чел.
	– гальванообработке – 10 чел.
	Итого инженеров-проектировщиков – 130 чел.
	7 РМЦ – 20 чел.
	8 Котельная – 20 чел.
	9 Строительный цех – 30 чел.
	10 Инструментальный цех – 30 чел.
	11 ПЭО – 20 чел.
	12 Коммерческий отдел (включая бухгалтерию) – 20 чел.
	13 Транспортный отдел – 20 чел.
	14 ОТК – 40 чел.
	15 Отдел снабжения – 10 чел.
	16 Отдел сбыта – 10 чел.

Продолжение табл. 1

Brugman	НПО Система
	17 Цех питания – 15 чел.
	18 Аппарат управления (включая директора, секретаря и замов) –

	10 чел.
	19 Отдел кадров – 5 чел.
	20 Итого – 250 чел.
	21 Социальная сфера:
	22 ясли – 12 чел.
	23 детский сад – 14 чел.
	24 профилакторий – 10 чел.
	25 стадион – 4 чел.
	26 ЖКО – 4 чел.
	27 мед. пункт – 2 чел.
	28 клуб – 4 чел.
	29 Итого – 50 чел.
Всего: 100 чел.	Всего: 800 чел.

В НПО Система имеется 30 инженеров с зарплатой каждого 100 долл. в месяц. Имеется 130 рабочих мест (стол, кульман) стоимостью 150 долл. каждое; инженеры работают в одну смену.

5 На Brugman осуществляются только сборочные работы, преобладает предметная специализация производства. В НПО Система производство осуществляется по полному циклу (заготовка, обработка, сборочные стадии); имеется полный набор всех вспомогательных производств. Специализация преимущественно технологическая.

Охарактеризовать преимущества и недостатки предметной и технологической специализации. Дать предложения по разукрупнению НПО Система; как при этом изменится производительность, какие проблемы придется решить?

2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

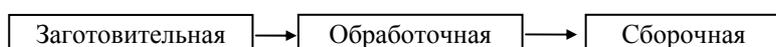
2.1 Характеристика внутренних функций производственной системы

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. 3).



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 механосборочных 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, центрлит – 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 реализуется 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, то есть устранение отклонений от разработанных планов и графиков и другие специальные функции.

2.2 Принципы организации производства в пространстве

Основные, вспомогательные и специальные функции управления производством взаимосвязаны (рис. 3). 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):

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 пожарно-технической 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, стелды); 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 и смешанной 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 прямолинейность 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 прямолинейность, 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 оборудования 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: уменьшения затрат на перемещение материала в процессе производства на участке; изменения 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-замкнутой 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 $\sum_{i=1}^m L_{ij}$, а суммарный грузооборот участка $Q_i = \sum_{i=1}^m n_i g_i L_{ij}$, зависит от

плана расположения рабочих мест на участке. Здесь m – количество закрепленных за участком деталей; n_i – программное задание по i -му наименованию детали; g_i – вес i -ой 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.

2.3 Особенности отнесения затрат основных и вспомогательных цехов на себестоимость продукции

Затраты основных цехов, по отношению к продукции, производимой в этих цехах, можно разделить на прямые и косвенные. К прямым относят затраты на материалы, сырье, покупные комплектующие изделия; расходы на основную заработную плату производственных рабочих с единым социальным налогом. Эти затраты непосредственно, напрямую включают в себестоимость единицы произведенной продукции. Косвенные затраты связаны с производством нескольких видов продукции в данном цехе и поэтому их необходимо распределять по видам продукции используя различные показатели, называемые базами распределения косвенных расходов. К косвенным расходам основных цехов обычно относят затраты по содержанию и эксплуатации оборудования и цеховые расходы. Эти расходы можно назвать накладными, хотя некоторые экономисты относят расходы по содержанию и эксплуатации оборудования не к накладным, а к основным затратам.

Затраты вспомогательных цехов, по отношению к основным цехам, также являются косвенными и подлежат распределению между теми основными цехами, которые они обслуживают. Как правило, косвенные затраты основных и вспомогательных цехов являются общепроизводственными расходами (ОПР). Схема отнесения общепроизводственных расходов на продукцию, производимую основными цехами, показана на рис. 4.

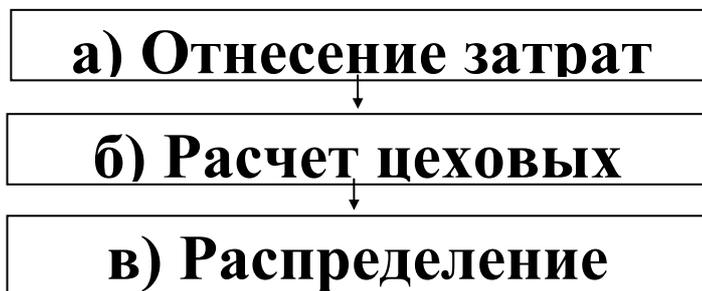


Рис. 4 Схема распределения общепроизводственных расходов по видам продукции

На этапе а) затраты вспомогательных цехов включают в затраты соответствующих основных. Например, затраты РМЦ будут распределены между механическим и сборочным цехом пропорционально времени, отработанному ремонтными рабочими в этих цехах. Затраты заводской котельной, подающей тепло в цехи, будут распределяться пропорционально площади этих цехов и т.д.

На этапе б) в сметах затрат основных цехов будут присутствовать расходы всех вспомогательных цехов и служб предприятия. Далее рассчитываются цеховые ставки распределения ОПР. Цеховая ставка показывает величину ОПР приходящуюся на 1 ед. измерения показателя, выбранного за базу распределения ОПР. Например, базами распределения ОПР в основных цехах могут являться: заработная плата основных рабочих цеха; время работы оборудования; время работы основных рабочих; затраты на основные материалы; прямые затраты. База распределения – это тот показатель деятельности цеха,

который является непосредственной причиной формирования ОПР в цехе. Например, в механическом цехе время работы оборудования может непосредственно влиять на величину косвенных затрат этого цеха. Следовательно, ставка распределения будет измеряться в рублях ОПР, приходящихся на один машино.-час работы оборудования. В сборочном цехе цеховая ставка может быть определена в рублях ОПР на 1 чел.-ч работы основных рабочих и т.д.

На этапе в) ОПР данного цеха распределяют по видам продукции, производимой в данном цехе с помощью той ставки, которая была предварительно выбрана.

Пример. Распределить общепроизводственные расходы (ОПР) между продукцией *A* и *B*, производимой в механическом цехе. Определить величину ОПР, приходящуюся на 1 ед. продукции *A* и *B*.

Продукция	Работа станков, машино.-час	Работа основных рабочих, чел.-ч	ОПР, р.
<i>A</i> = 2000 ед.	40 000	1000	50 000
<i>B</i> = 4 000 ед.	10 000	1500	

Решение. Объем станочных работ в цехе, как по продукции *A*, так и по продукции *B*, существенно больше величины ручных работ. Следовательно, именно наличие оборудования в цехе является причиной формирования общепроизводственных расходов (ОПР) – амортизации и ремонта оборудования, затрат на силовую энергию и т.д. Следовательно, для расчета ставки распределения этих расходов следует взять показатель времени работы оборудования – 50 000 машино.-час, приходящихся на продукцию *A* и *B*. На 1 ед. продукции *A* будет приходиться $(50\ 000\ \text{р.} / 50\ 000\ \text{машино.-час}) \times (40\ 000\ \text{машино.-час} / 2000\ \text{ед.}) = 20\ \text{р.}$ общепроизводственных расходов. Аналогично для 1 ед. *B* имеем: $(50\ 000\ \text{р.} / 50\ 000\ \text{машино.-час}) (10\ 000\ \text{машино.-час} / 4000\ \text{ед.}) = 2,5\ \text{р.}$ ОПР.

Общепроизводственные расходы подлежат распределению не только по видам продукции, работ и услуг, но их также распределяют между незавершенным производством, готовой продукцией находящейся на складе предприятия и продукцией, реализованной в данном отчетном периоде времени.

Затраты служб заводоуправления делят на общехозяйственные и коммерческие расходы. Эти расходы называют периодическими и списывают на результаты финансовой деятельности того периода времени, в котором они возникли. Международные стандарты бухгалтерского учета не требуют распределения этих расходов по видам продукции, работ и услуг. Таким образом, общехозяйственные и коммерческие расходы включают только в себестоимость реализованной продукции; на себестоимость незавершенного производства и себестоимость остатков готовой продукции на складе они никакого влияния не оказывают (рис. 5).

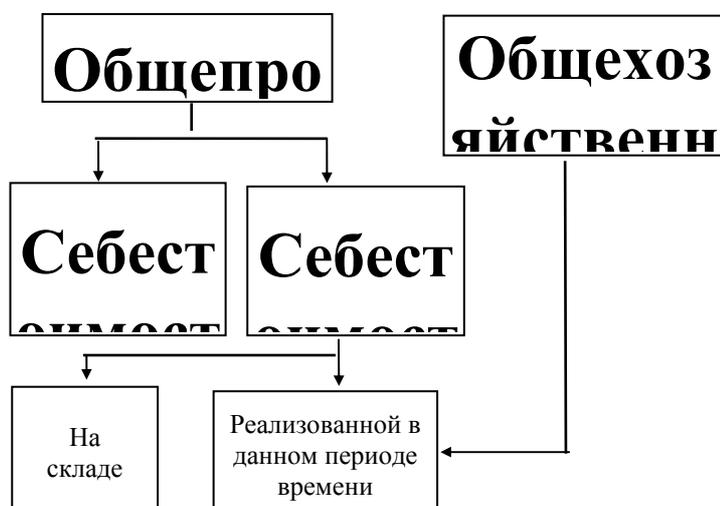


Рис. 5 Схема распределения косвенных расходов

в данном отчетном периоде времени

Итак, внутренним функциям производственной системы можно дать определенную стоимостную оценку. Функциональные затраты списываются на себестоимость продукции в установленной последовательности, т.е. на предприятии учет затрат также организован определенным образом.

2.4 Родовые функции производственной системы

В разделе 2.1 были охарактеризованы внутренние специальные функции производственной системы. Специальные функции являются следствием специализации работников подразделений предприятия на том или ином виде работы, виде деятельности. Закрытый перечень специальных внутренних 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. 6).

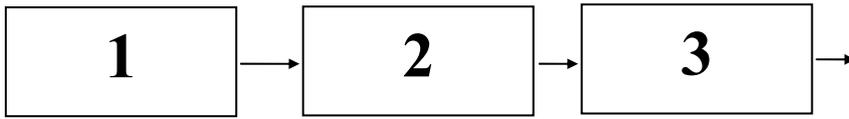


Рис. 6 Родовые функции производственной системы

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. 6. 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.

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 так же – 8 т деталей в день. В этом случае на складе будет поддерживаться средняя величина запаса 40 т (рис. 7).

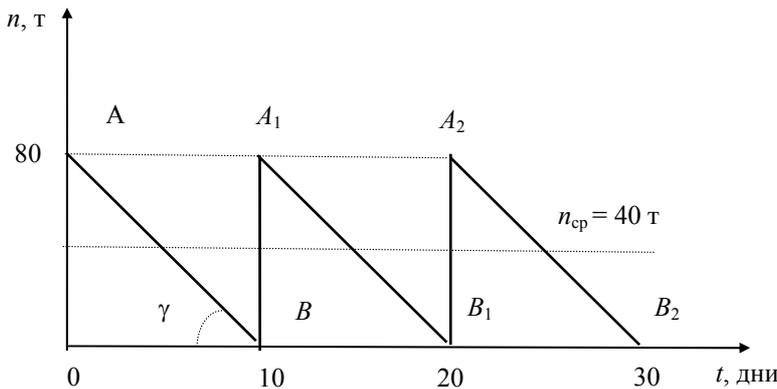


Рис. 7 Изменение величины текущего запаса n на складе между интервалами поставок в 10 дней

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 8-тонным грузовиком. Запаса материала на предприятии вообще бы не было, однако, существенно выросли бы транспортные расходы, при отсутствии расходов на хранение материала.

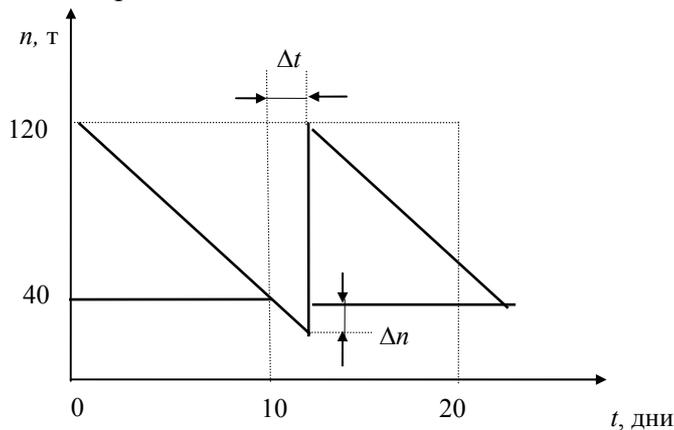


Рис. 8 Ситуация запаздывания поставки материалов на Δt дней, приводящая к использованию части Δn страхового запаса. Страховой запас – 40 т

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. 8 показана ситуация, когда первая 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. 9. Из рисунка видно, что с ростом количества материала в партии поставки, количество этих поставок N/n в течение года уменьшится. 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

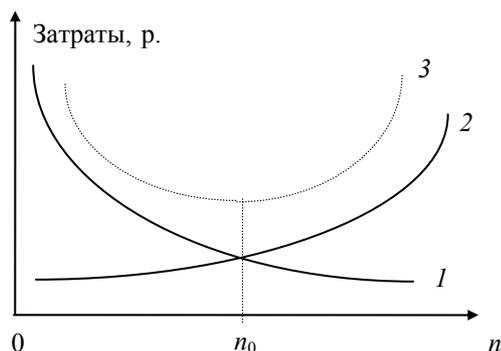


Рис. 9 Графический способ расчета оптимальной величины n_0 поставки материала на предприятие:

1 – затраты на обслуживание поставок материалов в течение года;

2 – затраты на хранение партии материалов; 3 – суммарные затраты

рис. 9 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 внутризаводские 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.

Родовые функции – это удобная абстракция, позволяющая формально описать любой производственный процесс. Однако, эти функции выполняют вполне определенные транспортные средства, станки и рабочие. Далее рассмотрим основные принципы рациональной организации производственного процесса во времени.

2.5 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 $(10 / 15) \cdot 100 \% = 67 \%$ и на $(10/30) \cdot 100 \% = 33 \%$, 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 переделов. Перевооружение определенных 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 промеров, 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 отношение 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 $t_{11} = 5$ и $t_{12} = 1$ 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:

	Первая декада, %	Вторая декада, %	Третья декада, %
План. n	33	33	34
Факт. 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 переменного-поточных 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 оснащённостью 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.

Задачи для самопроверки

2.1 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 следующими видами оборудования: ТК-2 и РВ-1; ТК-2 и ТК-3; РВ-1 и РВ-2; РВ-2 и РВ-3. "Узкие" и "широкие" места определяются с точностью 5 %.

Группа оборудования	ТК-1	ТК-2	ТК-3	РВ-1	РВ-2	РВ-3	ФР
Производственная программа, ч	900 0	12 800	8600	322 0	560 0	180 0	120 0
Пропускная способность группы, ч	870 0	9200	11 600	460 0	510 0	240 0	130 0

По технологии допустимо перераспределять до 2800 ч. между станками группы ТК-2 и ТК-3; до 1200 ч. между группами ТК-2 и РВ-1; до 400 ч. между РВ-2 и РВ-1 и до 600 ч. между РВ-2 и РВ-3.

2.2 Определить "узкие места" на участке, производящем детали пресс-фильтра. Расширить "узкие места", если по технологии производства допустимо перераспределять работы между токарными и револьверными станками, а также между фрезерными и строгальными. Рассчитать годовую производительность участка при условии, что ведущей группой оборудования являются шлифовальные станки. Режим работы участка – две смены по 8 ч. Эффективный годовой фонд времени работы станка в этом режиме – 4015 ч.

Группы оборудования	Количество станков	Норма времени, мин / ед.	Коэффициент выполнения норм
Токарные	10	270	1,05
Револьверные	10	180	1,08
Фрезерные	7	140	1,1
Сверлильные	4	70	1,15
Строгальные	5	120	1,03
Шлифовальные	7	160	1,07

2.3 Определить возможную месячную производственную программу на обработку детали при следующем технологическом процессе:

Операция	Штучное время, мин	Число станков	Операция	Штучное время, мин	Число станков
Центровка	1,85	2	Расточка	2,2	2
Обдирка	5	5	Подрезка	1,8	3
Обточка	2	2	Проточка	3,8	4

Работа производится в две смены, при 20 рабочих днях в месяц. Потери времени на ремонт станков составляют 5 %. Найти коэффициент загрузки станков на каждой операции. Какая операция является "узким местом" в технологическом процессе?

2.4 Рассчитать коэффициент ритмичности работы предприятия по суточным и декадным данным. Сделать выводы.

Числ. месяца	По плану, ед.	Факт. вып., ед.	Числ. месяца	По плану, ед.	Факт. вып., ед.	Числ. месяца	По плану, ед.	Факт. вып., ед.
1	150	140	11	200	200	21	200	200
2	150	120	12	–	–	22	200	200
3	150	180	13	–	–	23	200	200
4	150	150	14	200	180	24	200	200
5	–	–	15	200	240	25	200	190
6	–	–	16	200	210	26	–	–
7	200	150	17	200	190	27	–	–
8	200	180	18	200	220	28	200	200
9	200	180	19	–	–	29	200	200
10	200	200	20	–	–	30	200	200

2.5 На участке необходимо осуществить ручную сборку изделия. Технологический процесс состоит из семи операций. Требуемая часовая производительность участка 12 изделий (такт выпуска изделия 5 мин). Объединить смежные операции таким образом,

чтобы они были приблизительно равны или кратны такту выпуска изделия. Определить количество параллельных рабочих мест на объединенных операциях. Рассчитать среднюю загрузку рабочих мест на этих операциях.

№ операции	1	2	3	4	5	6	7
Штучное время, мин	3,2	1,8	1,1	2,5	1,4	6,3	3,7

2.6 Рассчитать величину грузооборота на производственном участке для каждого варианта размещения станков на этом участке. Какой вариант размещения станков на участке будет оптимальным?

Варианты размещения					
первый		второй		третий	
вес деталей, кг	расстояние, м	вес деталей, кг	расстояние, м	вес деталей, кг	расстояние, м
260	12	260	15	260	9
160	18	160	21	160	15
80	12	80	13	80	14
50	16	50	20	50	14
210	11	210	17	210	20
100	18	100	15	100	15

2.7 Предприятие производит мебель. Оно имеет три основных A , B , C и два вспомогательных участка X и Y . Общепроизводственные расходы (ОПР), подлежащие распределению по участкам, даны в таблице в тыс. р. /год.

Арендная плата за помещения	128
Страхование оборудования	60
Охрана труда работников	32
Амортизация оборудования по участкам A , B , C , X , Y	144
Заработная плата контролеров участков A , B и C с единым социальным налогом	66
Отопление и освещение участков A , B , C , X , Y	64
Итого	494

Дополнительная информация по участкам дана в следующей таблице:

Показатель	A	B	C	X	Y
Площадь, м ²	3000	1800	600	600	400
Балансовая стоимость оборудования, тыс. р.	240	100	80	40	20

Время, отработанное основными рабочими, ч /год	32 000	18 000	10 000	–	–
Часовые тарифные ставки работников, р.	3,8	3,5	3,4	–	–

Продолжение табл.

Показатель	A	B	C	X	Y
Численность работников, чел.	25	15	10	6	5
Распределенные по участкам ОПР, тыс. р./год	28	17	12	8	6
Коэффициент отнесения затрат вспомогательного участка X на участки A, B, C.	0,5	0,25	0,25	–	–
Коэффициент отнесения затрат вспомогательного участка Y на участки A, B, C.	0,2	0,3	0,5	–	–

Задание. 1) Составить сметы затрат по участкам A, B, C и X, Y. 2) Отнести затраты вспомогательных участков X, Y на основные участки A, B, C, выбрав для этого необходимые базы распределения косвенных затрат. 3) Рассчитать ставки распределения ОПР в основных цехах A, B, C, приняв за базу распределения время отработанное основными рабочими.

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ

3.1 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: рабочего периода, т.е. периода, в течение которого предмет труда находится непосредственно в процессе изготовления и времени перерывов в этом процессе.

Рабочий период состоит из времени выполнения технологических и нетехнологических операций; 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) 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.

Осуществление производственных процессов тесно связано с методами их выполнения. Различают три основных вида организации производственных процессов во времени.

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

2 Параллельно-последовательный, используемый в условиях прямоточной обработки или сборки изделий.

3 Параллельный, 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.

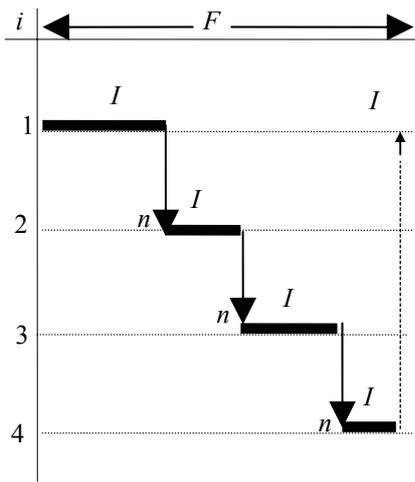


Рис. 10 Последовательный технологический цикл, состоящий из четырех технологических операций с номерами $i = 1, 2, 3, 4$, обслуживаемых рабочим I в течение промежутка времени F

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. 10 показана диаграмма технологического процесса, состоящего из четырех операций различной продолжительности. Каждая операция выполняется на одном станке. Все эти станки может обслуживать один рабочий, который после окончания операции на четвертом станке возвращается к первому станку.

Такая организация работ получила название многостаночного обслуживания. Отличительная особенность последовательного вида движения предметов труда в том, что только в этом случае для обслуживания всех станков можно использовать только одного рабочего. Целесообразность многостаночного обслуживания следует обосновать экономически. Из рис. 10 видно, что в отсутствии рабочего станки простаивают и коэффициент их загрузки будет невысоким. Если станки дорогостоящие, то их простои невыгодны и целесообразно за каждым станком закрепить по рабочему, которые после окончания операции передавали бы партию деталей величиной n на

следующий станок.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда характеризуется тем, что процесс обработки деталей (сборки машин) данной партии (серии) на каждой последующей операции начинается раньше, чем полностью заканчивается обработка всей партии деталей (сборки машин) на каждой предыдущей операции. Детали передаются с одной операции на другую частями, *транспортными (передаточными) партиями 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. 11, а) представлен график параллельно-последовательного технологического цикла изготовления партии деталей величиной n , разбитой на две транспортные (передаточные) партии, каждая из которых содержит k единиц деталей.

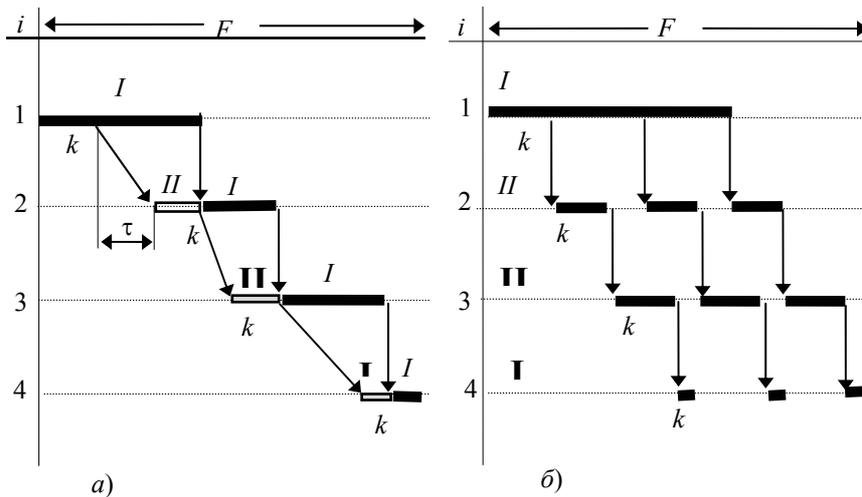


Рис. 11 Графики технологических циклов:
а – параллельно-последовательный, τ – время пролеживания передаточной партии до момента ее запуска на вторую операцию;
б – параллельный, партия деталей состоит из трех передаточных партий k

Из этого рисунка видно, что рабочий *I* полностью занят обслуживанием всех четырех станков. Рабочий *II* обслуживает операции с номерами 2, 3 и 4. Все операции в течение некоторого времени выполняются одновременно, за счет чего этот цикл будет короче последовательного.

При параллельном виде движения обработка (сборка) каждой передаточной партии 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. 11, б). Партия деталей величиной n , разбита на три транспортные (передаточные) партии, каждая из которых содержит k единиц деталей. Рабочие с номерами *I* - *IV* закреплены за станками 1 – 4 соответственно. Рабочие специализируются только на одной технологической операции и от станка к станку не переходят.

Каждый вид движения предметов труда характеризуется своей динамикой (темпом роста) затрат с изменением объемов производства продукции. В экономической теории существует модель, описывающая изменение совокупных затрат с ростом объемов производства. Предполагается, что кривая совокупных затрат $B_1 B_2 B_3 B$ имеет три интервала с различными темпами изменения затрат (рис. 12).

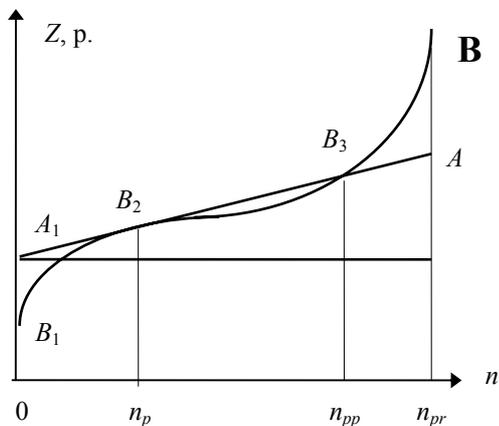


Рис. 12 Зависимость совокупных затрат на производство продукции Z от объемов производства n

Отрезок кривой B_1B_2 соответствует последовательному виду движения предметов труда, высоким темпам роста затрат и небольшим объемам производства; на среднем интервале B_2B_3 организация производственного цикла – параллельно-последовательная и темп роста затрат снижается; на участке больших объемов производства B_3B – реализуется параллельный производственный цикл, а темп роста затрат вновь увеличивается. При проведении практических расчетов (например, при определении безубыточных объемов производства) принимается, что темп изменения совокупных затрат постоянный и описывается отрезком прямой A_1A . В этом случае величина постоянных затрат OA_1 в совокупных

производственных расходах остается неизменной. Очевидно, что в интервале объемов производства $n_p n_{pp}$ линейная зависимость дает хорошее приближение к теоретической модели. В этом интервале переменные затраты на единицу продукции остаются практически неизменными, что широко используется в бухгалтерском, финансовом и инвестиционном анализе.

3.2 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 цикл

$$T_p = n \sum_{i=1}^m t_i + m T_{mo}, \quad (3.1)$$

параллельно-последовательный

$$T_{pp} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - k) \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} + m T_{mo}, \quad (3.2)$$

параллельный

$$T_{pr} = k \sum_{i=1}^m t_i + (n - k) t_g + m T_{mo}. \quad (3.3)$$

Здесь k – передаточная (транспортная) партия, шт; 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.

Как известно, при прочих равных условиях, самый короткий по продолжительности и, следовательно, самый производительный – это параллельный цикл. Наиболее продолжительный и наименее производительный – это последовательный цикл. С другой стороны, параллельные работы требуют большей численности работников, а последовательный – наименьшей. Увеличения объема производства до величины n_p , затем до n_{pp} и n_{pr} (рис. 12) можно достигнуть только за счет увеличения численности работников и коэффициентов загрузки оборудования. Следовательно, естественно предположить, что при небольших объемах производства, в интервале $0n_p$, наиболее экономичным будет последовательный цикл; в интервале наибольших объемов производства $n_{pp}n_{pr}$ – параллельный. Параллельно-последовательный цикл займет промежуточное положение B_2B_3 на кривой затрат.

Если производство продукции предполагается осуществлять в течение периода времени F , то объем производственной деятельности 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

$$n_p = (F - mT_{mo}) / \sum_{i=1}^m t_i. \quad (3.4)$$

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

$$n_{pp} = \left(F - mT_{mo} - k \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} \right) / \left(\sum_{i=1}^m t_i - \sum_{i=1}^{m-1} t_{si} \right). \quad (3.5)$$

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

$$n_{pr} = \left(F - mT_{mo} - k \sum_{i=1}^{m-1} t_i + k t_g \right) / t_g. \quad (3.6)$$

Как следует из формул (3.5) и (3.6) объемы производства n_{pp} и n_{pr} зависят от величины передаточной партии k . Максимальные объемы производства будут достигаться при $k = 1$ шт. С ростом k объемы производственной деятельности n_{pp} и n_{pr} будут уменьшаться. Задаваясь определенной последовательностью $k = 2, 3, 4$ шт. и т.д. следует рассчитать соответствующие значения n_{pp} или n_{pr} . В качестве приемлемых значений последних следует выбирать только те, для которых n_{pp} / k или n_{pr} / k – приблизительно целые числа. То есть объем производства в количестве n изделий можно разбить на целое число передаточных партий $l = n / k$. Очевидно и обратное, с уменьшением k увеличивается как количество транспортных партий l , так и объемы производства n . Следовательно, объемы производства n целесообразно увеличивать до тех пор, пока дополнительный доход, полученный от реализации продукции будет не меньше дополнительных расходов, связанных с соответствующим приростом транспортных работ Δl в процессе обслуживания технологических операций. Таким образом, сопоставляя величину предельного дохода с

величиной предельных расходов можно установить оптимальные границы интервала производства ($n_{pp} n_{pr}$).

Предположим, что 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. Необходимо определить интервалы объемов производства на которых организация производственного цикла будет последовательной ($0, n_p$), параллельно-последовательной (n_p, n_{pp}) и параллельной (n_{pp}, n_{pr}).

Сначала исследуем возможности параллельного производственного цикла. В табл. 2 приведена зависимость объема производства n_{pr} от величины передаточной партии k и количества этих передаточных партий l . Расчеты проведены по формуле (3.6).

Расходы на проведение транспортных работ прямо пропорциональны количеству передаточных (транспортных) партий $l = n / k$.

2 Зависимость объема производства n_{pr} от величины транспортных работ l

n_{pr} , шт	30	36	42	48	54	56
Δn_{pr} , шт		6	6	6	6	2
l	2	3	6	8	27	56
Δl		1	3	2	19	29
k , шт	15	12	7	6	2	1

Прироста объема производства Δn_{pr} можно добиться за счет соответствующего прироста транспортных работ Δl . Максимуму транспортных работ $l = 56$ соответствует максимально возможный объем производства $n_{pr} = 56$ шт. (предметы труда передаются с операцией на операцию поштучно, то есть $k = 1$). Если исходить из концепции сравнения предельного дохода (Δn_{pr}) и предельных расходов (Δl), то из табл. 2 видно, что начиная с объемов производства $n_{pr} \sim 48$ шт предельные расходы (Δl) скачкообразно возрастают с 2 до 19 натуральных единиц, а предельные доходы еще остаются неизменными ($\Delta n_{pr} = 6$). Отсюда можно сделать вывод, что объемы производства, максимизирующие прибыль предприятия, при прочих равных условиях, находятся в интервале $n_{pr} = 48 - 54$ шт. Примем за оптимальную величину $n_{pr} = 48$ шт. при $k = 6$ шт.

Исследуем возможности параллельно-последовательного цикла при $k = 6$ шт. По формуле (3.5) находим $n_{pp} = (480 - 4 \cdot 5 - 6 \cdot 13) / (23 - 13) = 38$ шт. Очевидно, что $\sum t_i = 23$; $\sum t_{si} = 13$ мин. Окончательно принимаем $n_{pp} = 36$ шт., как величину кратную $k = 6$ шт. Нижнюю границу при которой еще возможен параллельно-последовательный цикл находим из выражения (3.4): $n_p = (480 - 4 \cdot 5) / 23 = 20$ шт.

Если нормы времени t_i по ходу технологического процесса монотонно возрастают или убывают, или в наборе t_i имеется только одна операция, максимальная по продолжительности, то $T_{pp} = T_{pr}$. Следовательно, в этом случае на кривой $B_1 B_2 B_3 B$ (рис. 12) будет только два участка, соответствующие интервалам объемов производства $0 n_p$ (последовательный цикл) и $n_p n_{pr}$ параллельный цикл).

3.3. Оценка динамики затрат в зависимости от объема производства и вида движения предметов труда

Рассмотрим, каким образом будет изменяться динамика переменных и условно-постоянных затрат в зависимости от объемов производства при различных видах движения предметов труда.

Изменение совокупных затрат на интервалах, соответствующих различным видам движения предметов труда, (p – параллельный, pp – параллельно-последовательный, pr – параллельный) можно описать следующими линейными зависимостями:

$$Z_p = X_p n + Y_p + W, \quad (3.7)$$

$$Z_{pp} = X_{pp} n + Y_{pp} + W, \quad (3.8)$$

$$Z_{pr} = X_{pr} n + Y_{pr} + W, \quad (3.9)$$

где X – переменные затраты на единицу продукции; Y – условно-постоянные затраты за плановый период времени F , зависящие от вида движения предметов труда; W – постоянные затраты за период времени F , независящие от особенностей организации производственного цикла.

Переменные затраты X включают в себя оплату труда основных рабочих по тарифной ставке L и стоимость материала заготовки M . Условно-постоянные затраты Y остаются неизменными на соответствующем интервале роста объемов производства, а затем изменяются скачкообразно при переходе от одного вида движения предметов труда к другому. Скачкообразное изменение затрат связано с оплатой труда дополнительно принятых рабочих. Дело в том, что при заданном виде движения предметов труда, рост объемов производства обеспечивается увеличивающейся занятостью имеющихся рабочих. На границах n_p , n_{pp} и n_{pr} коэффициенты занятости имеющихся рабочих достигают 100 % и дальнейший рост объемов производства возможен только за счет дополнительно привлекаемых рабочих. Дополнительные рабочие, в свою очередь, изменяют организацию производственного цикла – вид движения предметов труда. Кроме того, условно-постоянные затраты учитывают оплату вынужденных простоев рабочих за период времени F по тарифной ставке L^b и степень параллельности технологического цикла. Вынужденные (не по вине рабочего) простои возникают из-за того, что при всех видах движения предметов труда невозможно добиться полной занятости рабочих в течение технологического цикла, кроме случая параллельного синхронизированного производственного цикла. Постоянные затраты W включают в себя амортизацию и прочие накладные расходы, поэтому они не зависят от особенностей организации производственного процесса.

Выведем расчетные формулы, позволяющие определять тангенсы углов наклона X_p , X_{pp} , X_{pr} прямых (3.7 – 3.9). Рассмотрим упрощенный вариант, когда оплатой вынужденного простоя рабочих можно пренебречь и стоимость материала заготовки M значительно меньше расценки R по которой оплачивается произведенная продукция ($M \ll R$). Следовательно, можно считать, что в уравнениях (3.7 – 3.9) $X \cong R$. В общем случае, в стоимость материала заготовки необходимо включить транспортно-заготовительные расходы, а расценку увеличить на величину отчислений во внебюджетные фонды – Пенсионный, Социального страхования и т.д.

На рис. 10 показан последовательный технологический цикл, состоящий из четырех технологических операций. Рабочий-многостаночник с номером I обслуживает все четыре операции; моменты перехода от станка к станку (моменты передачи партии деталей)

показаны стрелками. Очевидно, что в этом случае $X_p = L_p \sum t_i$ и уравнение (3.7) принимает вид:

$$Z_p = (L_p \sum t_i) n + W. \quad (3.10)$$

На рис. 11, а) изображен тот же технологический цикл, но с объемами производства $n > n_p$, то есть параллельно-последовательный. Рабочий I полностью занят обслуживанием всех четырех станков. Рабочий II обслуживает операции с номерами 2, 3 и 4. Для рабочего I оплата труда будет носить повременный характер $L_p F = \text{const}$ и не будет зависеть от n . Суммарная занятость рабочего II на трех операциях будет расти с увеличением объема производства и, как следствие, с увеличением времени перекрытия смежных операций: $(n - k) \sum t_{si}$. С учетом этого, оплата труда рабочего II за период времени F составит $L_{pp}(n - k) \sum t_{si}$. Если считать, что k – величина постоянная (оптимальная), то уравнение (3.8) принимает вид

$$Z_{pp} = (L_{pp} \sum t_{si})n + (L_p F - k L_{pp} \sum t_{si}) + W \quad n + W. \quad (3.11)$$

При выводе уравнения (3.11) принималось, что оплата труда рабочего I величиной $L_p F$ и рабочего II с оплатой $k L_{pp} \sum t_{si}$ остается неизменной в интервале (n_p, n_{pp}) и включается в условно-постоянные затраты Y_{pp} . Если с ростом объема производства передаточная партия k также изменяется, то уравнение (3.8) видоизменяется

$$Z_{pp} = (L_{pp} \sum t_{si})(n - k) + L_p F + W$$

и в условно-постоянные затраты Y_{pp} входит только оплата труда рабочего I величиной $L_p F$.

При объемах производства $n \geq n_{pp}$ занятость рабочих на некоторых операциях становится существенной, а многостаночное обслуживание – нецелесообразным. Действительно, из рис. 11, б) видно, что если бы рабочий попытался обработать детали входящие в одну передаточную партию на всех четырех станках, то после окончания работы на четвертом станке, он вернулся бы к первому станку и обработка второй передаточной партии началась бы гораздо позже. Это привело бы к существенной потере производительности, по сравнению с тем вариантом, когда на каждом станке занято по одному рабочему. Таким образом, при параллельной организации технологического цикла каждый рабочий обслуживает только свой станок, то есть возникает узкая специализация рабочих на одной операции. Очевидно, что в этом случае уравнение (3.9) может быть преобразовано к виду

$$Z_{pr} = (L_{pr} \sum t_i) n + W. \quad (3.12)$$

Сравним динамику изменения переменных затрат, включенных в уравнения (3.10 – 3.12). Из сопоставления уравнений (3.10) и (3.12) следует, что тангенс угла наклона $(L_p \sum t_i)$ прямой Z_p всегда больше тангенса угла наклона $(L_{pr} \sum t_i)$ прямой Z_{pr} , так как всегда тарифная ставка рабочего-многостаночника L_p , больше тарифной ставки L_{pr} рабочего, выполняющего одну технологическую операцию. Из сравнения уравнений (3.10) и (3.11) вытекает, что $L_p \sum t_i > L_{pp} \sum t_{si}$, так как $L_p > L_{pp}$ (L_p – соответствует четырем обслуживаемым станкам, L_{pp} – трем станкам) и $\sum t_i > \sum t_{si}$. Сопоставляя тангенсы углов наклона прямых Z_{pp} и Z_{pr} (уравнения (3.11) и (3.12)) нельзя сделать однозначный вывод. Действительно, $L_{pp} > L_{pr}$, а $\sum t_{si} < \sum t_i$. В зависимости от соотношения L_{pp} и L_{pr} , а также $\sum t_{si}$ и $\sum t_i$ темп роста переменных затрат при переходе от параллельно-последовательного цикла к параллельному

может либо увеличиваться, либо уменьшаться. На рис. 13, а) показан случай, когда темп роста перемен-

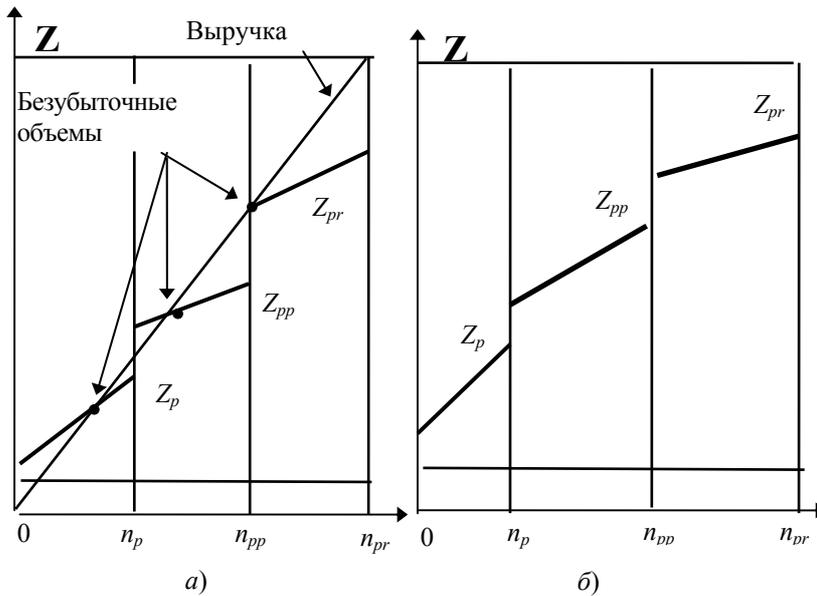


Рис. 13 Серийный тип производства. В переменных расходах велик удельный вес затрат на заработную плату производственных рабочих ($R \gg M$):

а – изменяющийся темп роста переменных затрат;
 б – уменьшающийся темп роста переменных затрат Z_p , Z_{pp} и Z_{pr} при переходе от последовательного цикла к параллельно-последовательному убывает,

а затем при смене параллельно-последовательного цикла параллельным – растет. На рис. 13 б), представлен случай, когда темп роста переменных затрат уменьшается с ростом объема производства, независимо от способа организации технологического цикла.

При рассмотрении уравнений (3.7 – 3.9) было сделано предположение, что расценка R , по которой оплачивается произведенная продукция, значительно больше стоимости заготовки M . Очевидно, что если допустить обратное, то есть если $M \gg R$, то вид движения предметов труда не будет оказывать существенного влияния на динамику изменения переменных затрат и она полностью будет определяться стоимостью материала заготовки. Этот случай представлен на рис. 14, а). Рис. 14, б) иллюстрирует вариант, когда последовательный технологический цикл сразу же переходит в параллельный, то есть $T_{pp} = T_{pr}$. Условия выполнения этого равенства были рассмотрены выше. Здесь следует сделать следующее дополнение. В массовом производстве всегда реализуется параллельный синхронизированный технологический цикл, поэтому обязательно выполняется равенство $T_{pp} = T_{pr}$, т.е. для массового производства характерным является наличие только двух интервалов с различной динамикой затрат (рис. 14, б).

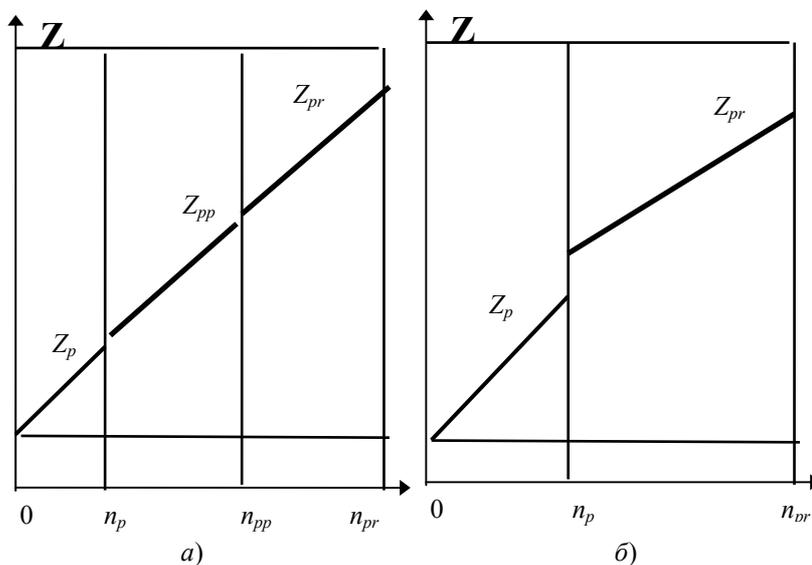


Рис. 14 Типы производства:

а – серийный; в переменных расходах велик удельный вес расходов на материалы: $M \gg R$; б – массовый с различной динамикой переменных затрат Z_p и Z_{pr}

В серийном производстве не удастся добиться синхронизации смежных технологических операций для всей номенклатуры производимой продукции. Поэтому, в общем случае, на всем диапазоне изменения объема производства будут присутствовать три интервала с различной динамикой затрат (рис. 13).

Уравнения (3.7 – 3.9) можно записать в самом общем виде, с учетом целого ряда факторов. Во-первых, можно предположить, что вынужденные простои рабочих за период времени F будут оплачиваться по тарифной ставке L^b . Во-вторых, необходимо ввести в рассмотрение время межоперационных перерывов T_{mo} . С учетом этого были рассчитаны тангенсы углов наклона отрезков прямых Z_p , Z_{pp} и Z_{pr} , а также свободные члены уравнений (3.7 – 3.9). Результаты расчета сведены в табл. 3.

3 Параметры уравнений (3.7 – 3.9), описывающие динамику изменения переменных X и условно-постоянных затрат Y в зависимости от вида движения предметов труда

Индекс цикла	X	Y
p	$M + (L_p - L_p^b) \sum t_i$	$L_p^b(F - mT_{mo}) + mL_pT_{mo}$
pp	$M + (L_{pp} - L_{pp}^b) \sum t_{si}$	$F(L_p + L_{pp}^b) - k(L_{pp} - L_{pp}^b) \sum t_{si} + (m - 1)T_{mo} (L_{pp} - L_{pp}^b)$
pr	$M + (L_{pr} - L_{pr}^b) \sum t_i$	$mFL_{pr}^b + kmL_cT_{mo}$

Выражение kmL_cT_{mo} , используемое при расчете Y_{pr} (табл. 3), учитывает оплату труда транспортных рабочих по тарифной ставке L_c . При выводе этого выражения было сделано два предположения. Первое – время перемещения предметов труда в количестве k единиц с одной операции на другую, равно времени межоперационных перерывов T_{mo} . Второе – при последовательной и параллельно-последовательной организации технологического цикла рабочие-многостаночники самостоятельно осуществляют транспортные работы и эта работа оплачивается по тарифной ставке L_p или L_{pp} .

Аналитические выражения, приведенные в табл. 3, позволяют рассчитать величину безубыточных объемов производства, если известна цена реализации товара. Теоретически можно обосновать существование не более трех значений безубыточного объема производства при заданной цене товара. Действительно, прямая выходящая из начала системы координат и характеризующая изменение денежной выручки, может пересекать каждый отрезок прямых Z_p , Z_{pp} , и Z_{pr} только в одной точке. Этот случай проиллюстрирован на рис. 13, а).

Отсюда следует, что наименее чувствительным к изменению объема продаж будет производство серийного типа, со значительным удельным весом затрат живого труда в переменных расходах. Действительно, в этом случае при обвальном падении объема продаж производство пройдет через три точки безубыточного объема производства. Перестраивая организацию производственного цикла можно найти интервалы на которых производство будет рентабельным. Если же в переменных расходах велика доля материальных затрат, то будет присутствовать только одна точка безубыточного производства, ниже которой производственная деятельность будет только убыточной. В этом последнем случае

организационные аспекты производственного цикла не будут иметь существенного значения.

В заключение сделаем выводы.

1 Если производственный процесс состоит из нескольких технологических операций известной продолжительности, то совокупные производственные затраты можно аппроксимировать тремя отрезками прямых Z_p , Z_{pp} , и Z_{pr} на интервалах объемов производства $(0, n_p)$; (n_p, n_{pp}) и (n_{pp}, n_{pr}) , соответственно.

2 Интервалы изменения объемов производства $(0, n_p)$; (n_p, n_{pp}) и (n_{pp}, n_{pr}) соответствуют последовательному, параллельно-последовательному и параллельному видам движения предметов труда, соответственно.

3 Оптимальные объемы производства n_{pp} и n_{pr} определяются путем сопоставления дополнительного дохода, полученного от увеличения объема производства, с дополнительными расходами, связанными с соответствующим приростом транспортных работ в процессе обслуживания технологических операций.

4 Динамика изменения совокупных затрат зависит от структуры переменных расходов. Если в переменных расходах велика доля затрат на оплату труда основных рабочих ($R \gg M$), то вид движения предметов труда оказывает существенное влияние на динамику затрат – рис. 13. Если в переменных расходах велика доля затрат на материалы ($M \gg R$), то динамика затрат остается практически неизменной на всем диапазоне роста объемов производства (рис. 14, а).

5 При заданной цене товара, в теоретическом плане, возможно существование не более трех значений безубыточных объемов производства для данного товара (рис. 13, а).

6 Для массового производства характерно наличие двух интервалов изменения динамики затрат (рис. 14, б). В серийном производстве могут присутствовать либо два, либо три диапазона с различными темпами изменения переменных затрат, что объясняется особенностями технологии производства продукции.

7 Наименее чувствительны к изменению объема продаж технологии, используемые в серийном производстве, которые имеют значительный удельный вес затрат живого труда в переменных расходах.

3.4 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.

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 формулами (3.2 – 3.3). Для последовательно-параллельного цикла имеем

$$T_{pp} = n \sum t_i - (n - k) \sum t_{si} + m T_{mo} = 10 \cdot (8 + 7 + 5 + 3) - (10 - 2) (7 + 5 + 3) + 4 \cdot 3 = 10 \cdot 23 - 8 \cdot 15 + 12 = 122 \text{ мин.}$$

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

$$T_{pr} = k \sum_{i=1}^m t_i + (n - k) t_g + m T_{mo} = 2 (8 + 7 + 5 + 3) + (10 - 2) \cdot 8 + 4 \cdot 3 = 2 \cdot 23 + 8 \cdot 8 + 12 = 122 \text{ мин.}$$

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. 4 и 5 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. 4) или 10 мин (табл. 5) 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).

4 Исходная последовательность обработки деталей

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

5 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. 6.

6 Исходные данные по обработке деталей

Станок	Норма времени на обработку детали, мин/ед.				
	деталь 1	деталь 2	деталь 3	деталь 4	деталь 5
Первый станок	3	2	5	4	1
Второй станок	3	1	4	2	3

Определить продолжительность производственного цикла обработки пяти деталей в той последовательности, которая указана в табл. 6. 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. 15). Из этого рисунка видно, что продолжительность цикла равна 19 мин.

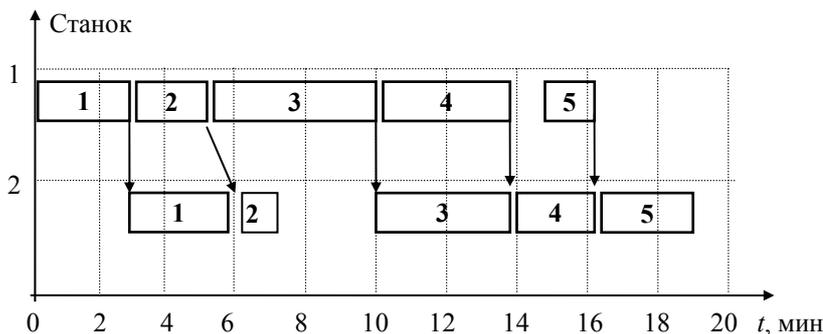
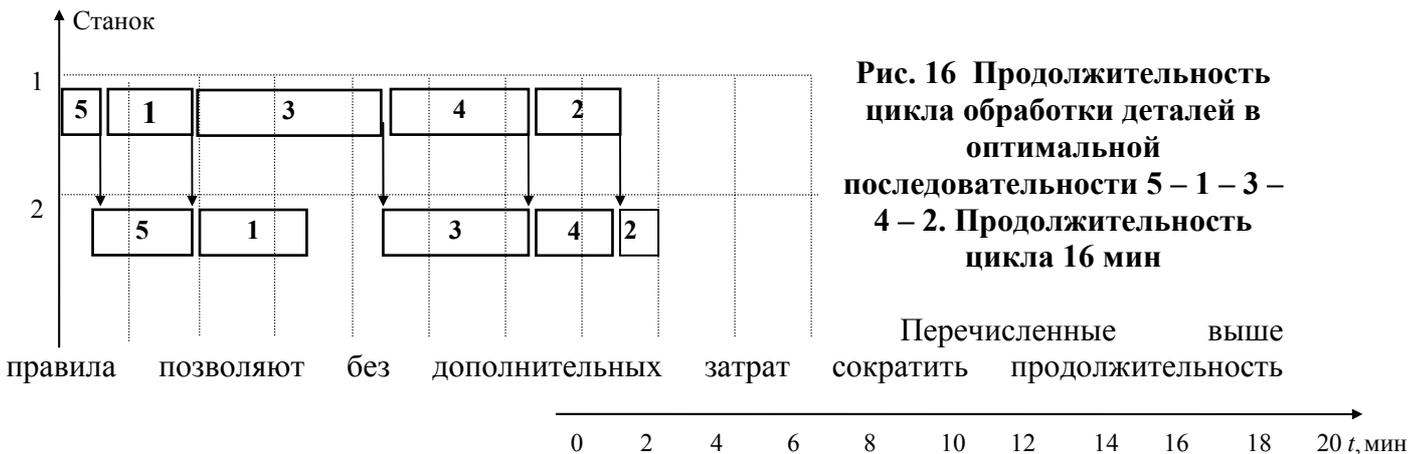


Рис. 15 Продолжительность цикла обработки деталей в последовательности 1 – 2 – 3 – 4 – 5. Продолжительность цикла 19 мин

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. 6). 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: 5 – 1 – – 3 – 4 – 2. График производственного цикла обработки деталей в этой последовательности изображен на рис.

16. Продолжительность цикла получилась более короткой – 16 мин вместо 19 мин на рис. 15.



производственного цикла и повысить производительность производственной системы.

Задачи для самопроверки

3.1 Определите длительность производственного цикла обработки партии деталей, состоящей из 10 шт., при последовательном, параллельном и параллельно-последовательном видах движения, если трудоемкость обработки по операциям составляет: $t_1 = 4$ мин, $t_2 = 2$ мин, $t_3 = 5$ мин, $t_4 = 3$ мин. Передача деталей поштучная. Постройте графики для всех видов движения и сделайте выводы об эффективности этих видов движения предметов труда.

3.2 Найти оптимальную последовательность работ в двух рабочих центрах. Время обработки в каждом центре дано в часах. Определить суммарное время простоя во втором центре при оптимальной очередности работ.

Работа	Центр 1	Центр 2
A	6	12
B	3	7
C	18	9
D	15	14
E	16	8
F	10	15

3.3 Определить длительность технологического цикла обработки партии деталей 50 шт. при последовательном виде движения ее в производстве. Построить график цикла обработки партии. Технологический процесс состоит из следующих операций

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8
Норма времени, мин	12	3	2	5	8	10	3	6
Число станков на операции	2	1	1	1	1	2	1	1

3.4 Исследовать, какое влияние на длительность технологического цикла оказывает последовательность операций технологического процесса при параллельно-

последовательном и параллельном виде движения партий. Величина обрабатываемой партии 10 шт.; передаточной партии 1 шт. Нормы времени по операциям следующие

№ операции	1	2	3	4	5
Норма времени, ч.	0,5	3	0,8	1	2

Варианты последовательности выполнения операций: 1-й вариант приведен выше; 2-й вариант – поменять местами операции 1 и 2; 3-й вариант – по возрастающей продолжительности операций; 4-й вариант – по убывающей продолжительности операций. Рассчитать продолжительность параллельно-последовательного и параллельного циклов для первого и второго вариантов; построить графики циклов для третьего и четвертого вариантов организации производственных процессов. Сформулировать выводы по результатам исследования.

3.5 Составить оптимальную очередность обработки партий деталей на двух станках. Рассчитать на какую величину сократится технологический цикл при переходе от очередности, указанной в таблице, к оптимальной очередности обработки.

№ партии	1	2	3	4	5	6
Количество шт. в партии	20	20	10	30	10	15
Норма времени для 1-го станка, мин / шт.	8	5	2	5	8	4
Норма времени для 2-го станка, мин / шт.	1	7	6	2	8	4

3.6 На участке серийного производства предстоит изготовить 100 шт. деталей. Нормы времени на операции технологического процесса даны в таблице.

№ операции	1	2	3	4	5
Норма времени, мин / шт.	4	3	2	5	1

Каждая операция выполняется на одном станке. Ранее партии деталей изготавливались на участке всегда в последовательном цикле. Мастер участка решил для сокращения продолжительности технологического цикла изготовить партию деталей в параллельно-последовательном цикле с передаточной партией 25 шт. Правильное ли он принял решение, если время на организацию параллельно-последовательного цикла (инструктаж рабочих, подготовка тары и т.д.) займет 3, 5 часа? Обосновать ответ расчетами.

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 70-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 70 – 80-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 века. 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;

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

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.

В системе ТКС направление распространения информации о заказе и направление движения материалопотока, связанного с выполнением этого заказа, – прямо противоположны (рис. 17).



Рис. 17 Поток

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 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) удается 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 – и 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 века³. Основные характеристики фордовского конвейера

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

следующие: дифференциация процесса сборки на простейшие операции, в результате чего труд рабочего становится монотонным 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 , где i – количество комплексов операций, необходимых для сборки изделия. Время выполнения операций на рабочих постах синхронизировано: $\tau_i / c_i = r$, где 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. 18.

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. 18 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 2.2; 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 таким же, то есть промежуток времени между поступлениями изделий 1 и 3 на пост 2.1 будет 2 ч. Так как время сборки изделия на посту 2.1 равно так же 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. 18 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.

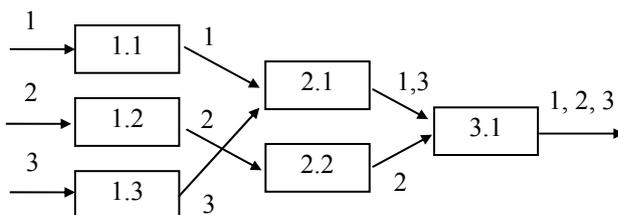


Рис. 18 Схема поточной линии, организованной по методу рабочих постов; 1.1, 1.2, 1.3 – рабочие посты, выполняющие первый комплекс операций; 2.1 и 2.2 – посты, выполняющие второй комплекс; 3.1 – третий комплекс операций; цифры, стоящие над стрелками, обозначают номер изделия

На каждом рабочем посту изделие собирается на специальной платформе, снабженной электроприводом. После окончания всех операций, закрепленных за этим постом, рабочие включают электропривод 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 нежесткая, 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 переменнo-поточных линиях, должны иметь одинаковые или сходные технологические маршруты. Оборудование на переменнo-поточной линии переналаживается три-четыре 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 переменнo-поточной линии требуется достаточно большое время, иногда на это уходит целая рабочая смена, т.е. восемь часов. Используются переменнo-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 переменнo-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 часов.

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 переменнo-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 переменнo-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 – 48 переналадок. 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 переменнo-поточной линии: сборщик тратит дополнительное время на поиск детали для очередной модели изделия; требуется большой запас деталей на рабочих местах, чем на переменнo-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 трех лет до девяти 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-час.

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 триллиона долларов, 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 часа). 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

$$Z = Xn + W,$$

где X и W – переменные затраты на ед. продукции и постоянные затраты на произведенный объем продукции, соответственно; n – произведенные объемы продукции. Та технология будет более эффективной, которой будет соответствовать минимум затрат Z . На рис. 19 показаны графики зависимости затрат Z от объемов производства n для двух технологий – A и B .

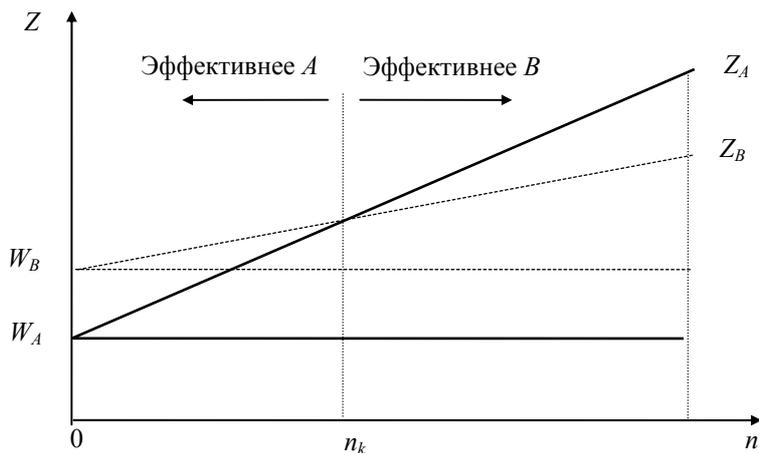


Рис. 19 Определение критического объема производства n_k для двух технологий A и B

Критический объем производства n_k — это такой объем производства продукции при котором $Z_A = Z_B$. Из последнего равенства вытекает, что $n_k = (W_B - W_A) / (X_A - X_B)$. 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.

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. / год. Выбрать наиболее эффективную технологию при объемах производства 6000 и 9000 ед. / год.

Решение. Критический объем производства: $n_k = (W_B - W_A) / (X_A - X_B) = (18\,5000 - 80\,000) / (34 - 20) = 7500$ ед. / год. 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.

4.3 Оценка экономической эффективности капитальных вложений

Реализация нововведений требует значительных инвестиций, большую часть которых составляют капитальные вложения. Эффективность капитальных вложений оценивают двумя основными методами – *простейшим* и *дисконтирования*. Крупные инвестиционные проекты требуют проведения всестороннего анализа экономических, технических и экологических показателей полезности проекта, который затруднительно осуществить посредством ручных расчетов. Поэтому для отбора нужных проектов на конкурентоспособных предприятиях применяют профессионально-ориентированные программные продукты, позволяющие управлять реализацией нововведения на всех фазах жизненного цикла новшества. Непременным блоком этих программных продуктов являются программы, позволяющие рассчитывать простейшие и дисконтированные показатели эффективности капитальных вложений.

1) **Статические, или простейшие, методы** основаны на расчете двух показателей: срока окупаемости (ликвидности) капитальных вложений T_n и прибыли на вложенный капитал E . Срок окупаемости (ликвидности) капитальных вложений рассчитывается по формуле

$$T_n = K / D_t,$$

где K – капитальные вложения; $D_t = \Pi + A$ – чистые денежные поступления года, t ; A – годовая сумма амортизационных отчислений по проекту; Π – чистая годовая прибыль.

Если проект финансируется из Бюджета развития РФ, то его срок окупаемости не должен превышать двух лет с начала реализации проекта по данному бизнес плану.

Прибыль на вложенный капитал рассчитывается по формуле

$$E = \Pi_{cp} / K,$$

где Π_{cp} – среднегодовая прибыль по проекту. Для высокоэффективных проектов, финансируемых из Бюджета развития РФ, устанавливается норма прибыли: $E > 0,5$ рубля прибыли в год на рубль капитальных вложений. В противном случае проект отвергается.

Статические оценки, основанные на расчете среднегодовых величин, достаточно просты, но они не учитывают фактора времени. В случае неравномерного распределения чистых денежных поступлений по годам проекта, или если проекты имеют различные по продолжительности жизненные циклы, простейшие оценки могут привести к ложному решению, в результате которого наиболее эффективный проект будет отвергнут.

Пример. Имеются четыре проекта *A*, *B*, *C* и *F*. Установить каждому проекту ранг – наилучшему первый, наихудшему четвертый, используя простейшие показатели эффективности капитальных вложений. Исходные данные по проектам приведены в табл. 7.

7 Исходные данные по проектам, тыс. р.

Проект	К	D_1	D_2	Итого $\sum D_i$
A	-20 000	20 000	-	20 000
B	-20 000	20 000	2 200	22 200
C	-20 000	7 524	15 524	23 048
F	-20 000	11 524	11 524	23 048

Решение. Сначала проведем *логическое* ранжирование проектов. Наилучшим будет тот проект, у которого суммарная величина чистых денежных поступлений за два года будет наибольшей, поскольку капитальные вложения К во все проекты одинаковы. Таких проектов – два, это – F и C. Из этих проектов лучшим будет F, так как у него величина чистых денежных поступлений первого года, составляющая 11 524 тыс. р, больше, чем у C – 7524 тыс. р. Итак, F – 1 ранг, C – 2 ранг, B – 3 ранг и A – 4 ранг, поскольку у этого последнего проекта суммарная величина чистых денежных поступлений минимальная. Далее проведем ранжирование проектов с помощью срока ликвидности капитальных вложений $T_{л}$ и посмотрим, насколько полученные результаты будут совпадать с логическим ранжированием проектов.

Очевидно, что у проектов A и B – будут одинаковые сроки ликвидности, равные одному году. У проектов F и C сроки ликвидности будут больше одного года. Действительно, проект F: $T_{л} = 1 + (20\,000 - 11\,524) / 11\,524 = 1,74$ года; проект C: $T_{л} = 1 + (20\,000 - 7524) / 15\,524 = 1,8$ года. Итак, F – 2 ранг, C – 3 ранг; B и A – 1 ранг, так как у них сроки ликвидности наименьшие. Результаты ранжирования в парах F и C совпадают с логикой – F лучше C. В парах B и A – нет, поскольку показатель срока ликвидности капитальных вложений не учитывает чистые денежные поступления, которые получает инвестор уже после того, как он возвратил первоначальный капитал – в данном случае это 2200 тыс. р. по проекту B. Проведем ранжирование проектов с помощью показателя прибыли на вложенный капитал E и посмотрим, насколько полученные результаты будут совпадать с логическим ранжированием проектов.

Проект A вообще не приносит прибыли инвесторам, поэтому для этого проекта $E = 0$, и у него самый низкий ранг. Проекты F и C дают инвесторам в течение двух лет одинаковую прибыль – по 3048 тыс. р. Среднегодовая прибыль по этим проектам также одинакова – $3048/2 = 1524$ тыс. р., следовательно будут одинаковыми и показатели E: $1524/20\,000 = 0,076$. Проект B принесет за два года инвесторам 2200 тыс. р, а в среднем за год – $2200/2 = 1100$ тыс. р. Следовательно, для этого проекта $E = 1100 / 20\,000 = 0,055$. Итак, присваиваем F и C – 1 ранг; B – 2, тогда как A – 3 ранг. Результаты ранжирования в парах A и B совпадают с логикой – B лучше A. В парах F и C – нет, поскольку показатель прибыли на вложенный капитал E не учитывает того, что чистые денежные поступления D_i распределены в проектах F и C неодинаково.

Окончательно можно сделать следующий вывод: *срок ликвидности* капитальных вложений и *показатель прибыли на вложенный капитал* дают верную оценку эффективности капитальных вложений только в том случае, когда проекты имеют *одинаковые по продолжительности жизненные циклы*, а чистые денежные поступления по годам жизненного цикла распределены *одинаково*.

2) Метод дисконтирования. Различают два способа оценки экономической эффективности капитальных вложений. Первый базируется на расчете *чистого дисконтированного дохода* проекта (ЧДД), а второй способ основан на определении *внутренней нормы доходности капитальных вложений* (r). Оба метода могут быть дополнены расчетом *дисконтированного срока окупаемости (ликвидности) капитальных вложений* ($T_{л}$).

Чистый дисконтированный доход проекта – это разность между приведенными (к моменту начала эксплуатации проекта) чистыми денежными поступлениями $\sum D_t / (1 + i)^t$ и величиной первоначальных капитальных вложений K в данный проект:

$$\text{ЧДД} = \left(\sum_t^T D_t / (1+i)^t \right) - K,$$

где i – ставка дисконта в долях единицы; T – продолжительность фазы эксплуатации проекта, годы.

Эффективными считаются только те проекты, для которых $\text{ЧДД} \geq 0$. Чем надежнее проект, тем ЧДД проекта больше. Относительную устойчивость проекта к действию внешних факторов (к изменению цен, объемов реализации продукции, к изменению величины капитальных вложений) определяют по индексу рентабельности капитальных вложений (индексу рентабельности инвестиций)

$$\text{ИД} = \left(\sum_t^T (D_t / (1+i)^t) \right) / K.$$

Для ИД должно выполняться условие $\text{ИД} \geq 1$. В противном случае проект будет неэффективным, поскольку его ЧДД будет отрицательным. Чем больше разность $(\text{ИД} - 1)$, тем проект надежнее.

Внутренняя норма доходности капитальных вложений (инвестиций) r – это такая ставка дисконтирования i , при которой $\text{ЧДД} = 0$. Зависимость ЧДД от i показана на графике рис. 20.

Величина r определяется методом последовательных приближений. Задаются произвольной последовательностью значений i и для этих значений рассчитывают величину ЧДД до тех пор, пока ЧДД не достигнет нулевого значения. Проект будет эффективен только при условии $i \leq r$, поскольку в этом случае $\text{ЧДД} \geq 0$.

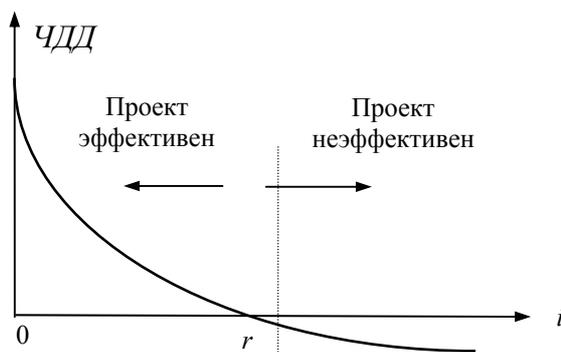


Рис. 20 Зависимость ЧДД от ставки дисконта i

Внутренняя норма доходности r показывает максимальную относительную эффективность выбранной технологии производства продукции. Если, например, $r = 0,5$ (50 %), то это означает, что данная технология производства не в состоянии обеспечить более 50 коп. годового дохода на один рубль капитальных вложений. Следовательно, под эту технологию можно привлекать только те инвестиции, стоимость которых $i \leq r$. Предположим, что акционеры готовы вложить в проект средства под $i = 30\%$ годовых. Если для проекта $r = 50\%$, то проект будет привлекательным, а надежность проекта будет оцениваться по разности $r - i = 0,2$. То есть, после выплаты дивидендов инвесторам годовой нераспределенный доход составит 20 коп. на каждый рубль акционерного капитала.

Дисконтированный период окупаемости капитальных вложений T_d – это такой срок, начиная с которого ЧДД проекта имеет уже положительное значение (рис. 21).

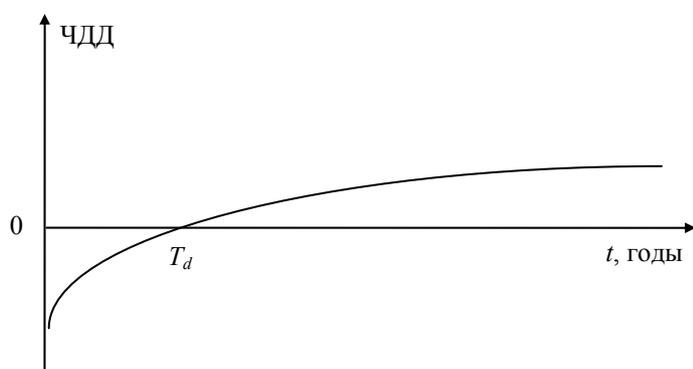


Рис. 21 График, позволяющий определить дисконтированный срок окупаемости капитальных вложений T_d

Задаваясь последовательностью значений $t = 1, 2, 3$ года и т.д., рассчитывают соответствующие значения ЧДД и затем строят график зависимости $\text{ЧДД} = f(t)$. То значение t , при котором $\text{ЧДД} = 0$ и будет являться дисконтированным сроком окупаемости капитальных вложений T_d .

Разберем примеры на расчет ЧДД, r и T_d .

Пример на определение ЧДД проекта. Рассчитать ЧДД проектов, сведения о которых приведены в табл. 7. Установить каждому проекту ранг при ставке дисконтирования $i = 0,06$.

Решение. Решение задачи представлено в табл. 9.

9 Расчет ЧДД проектов, тыс. р.

Проект	Расчет ЧДД при ставке дисконтирования $i = 0,06$	Ранг
A	$\text{ЧДД} = (20\,000 / 1,06) - 20\,000 = -1132$	4

<i>B</i>	$\text{ЧДД} = (20\ 000 / 1,06 + 2200 / 1,06^2) - 20\ 000 = 826$	3
<i>C</i>	$\text{ЧДД} = (7524 / 1,06 + 15\ 524 / 1,06^2) - 20\ 000 = 914$	2
<i>F</i>	$\text{ЧДД} = (11\ 524 / 1,06 + 11\ 524 / 1,06^2) - 20\ 000 = 1128$	1

Чем больше значение ЧДД, тем проект эффективнее, тем более высокий ранг ему присваивается. Только в этом случае логическая оценка эффективности капитальных вложений совпадает с количественной, сделанной посредством расчета ЧДД. Очевидно, что если бы величина первоначальных капитальных вложений в проекты была бы различной, то посредством логического анализа выбрать лучший проект было бы невозможно, так как значения K и D_t влияли бы по-разному на величину дохода, который приносит данный проект. Поэтому из всех методов оценки экономической эффективности проектов метод ЧДД считается самым надежным.

Пример на расчет внутренней нормы доходности капитальных вложений. Первоначальные капитальные вложения в проект составили 12 337 тыс. р. Чистые денежные поступления: $D_1 = 10\ 000$ тыс. р, $D_2 = 5000$ тыс. р. Определить внутреннюю норму доходности капитальных вложений и индекс доходности инвестиций при ставке дисконта 0,1.

Решение. Задаемся тремя значениями ставки дисконта: $i = 0,1; 0,16$ и $0,2$. Для этих значений рассчитываем ЧДД проекта:

$$\text{ЧДД} = 10\ 000 / (1 + 0,1) + 5000 / (1 + 0,1)^2 - 12\ 337 = 886 \text{ тыс. р.}$$

$$\text{ЧДД} = 10\ 000 / (1 + 0,16) + 5000 / (1 + 0,16)^2 - 12\ 337 = 0 \text{ тыс. р.}$$

$$\text{ЧДД} = 10\ 000 / (1 + 0,2) + 5000 / (1 + 0,2)^2 - 12\ 337 = -532 \text{ тыс. р.}$$

При ставке дисконтирования $i = 0,16$ ЧДД = 0. Следовательно, внутренняя норма доходности капитальных вложений $r = 0,16$. При $i \leq 0,16$ проект считается эффективным, так как он либо будет приносить положительный доход, либо позволит инвестору просто вернуть вложенный капитал; при $i > 0,16$ имеем ЧДД < 0 и проект будет убыточным и инвестор потеряет часть первоначально вложенного капитала. Из сказанного следует, что при $i = 0,1$ проект – эффективен и индекс доходности инвестиций будет больше 1

$$\text{ИД} = ((10\ 000 / (1+0,1)+5000 / (1+0,1)^2)) / 12\ 337 = 1,07.$$

Следовательно, если в ходе реализации проекта первоначальные капитальные вложения будут превышены на 7 %, то проект еще останется эффективным.

Пример на определение дисконтированного срока окупаемости капитальных вложений. Имеется пятилетний проект со следующими исходными данными (тыс. р.):

<i>K</i>	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
-2487	1000	1000	1000	1000	1000

Определить простой срок окупаемости капитальных вложений T_n и дисконтированный T_d при ставке дисконтирования $i = 0,1$.

Решение. Простой срок окупаемости капитальных вложений: $T_n = 2 + 2487/1000 = 2,5$ года. Для расчета дисконтированного срока зададимся различными значениями времени $t = 1, 2, 3$ и 4 года и рассчитаем соответствующие значения ЧДД:

$$1 \text{ г.: ЧДД} = (1000 / 1,1) - 2487 = -1578 \text{ тыс. р.};$$

$$2 \text{ г.: ЧДД} = (1000 / 1,1 + 1000 / 1,1^2) - 2487 = -752 \text{ тыс. р.};$$

$$3 \text{ г.: ЧДД} = (1000 / 1,1 + 1000 / 1,1^2 + 1000 / 1,1^3) - 2487 = 0;$$

$$4 \text{ г.: ЧДД} = (1000 / 1,1 + 1000 / 1,1^2 + 1000 / 1,1^3 + 1000 / 1,1^4) - 2487 = 683 \text{ тыс. р.}$$

Дисконтированный срок окупаемости капитальных вложений $T_d = 3$ годам, поскольку именно в этот момент времени ЧДД проекта превращается в ноль. $T_d = 3$ годам – это более точный результат, чем $T_n = 2,5$ года. При жизненном цикле проекта пять лет, срок окупаемости капитальных вложений – три года. Это означает, что даже если жизненный цикл проекта сократится на два года, а в относительном выражении на 40 % ($2 / 5 \cdot 100 \% = 40 \%$), то проект все еще будет эффективным.

Задачи для самопроверки

4.1 Рассчитайте ЧДД каждого проекта, а также индекс рентабельности инвестиций каждого проекта при ставке дисконтирования 10 %. Выберите наиболее эффективный проект. Исходные данные приведены в тыс. р.

Проект	Первоначальные инвестиции	Годы				
		1	2	3	4	5
A	-1000	100	100	100	100	1100
B	-1000	264	264	264	264	264
C	-1000	-	-	-	-	1611

4.2 Рассчитайте внутреннюю норму доходности инвестиций для каждого проекта по данным задачи 4.1. Выберите наиболее эффективный проект.

4.3 Рассчитайте срок окупаемости капитальных вложений для каждого проекта по данным задачи 4.1. Если максимальный приемлемый срок окупаемости четыре года, то какие проекты будут эффективными?

4.4 Рассчитайте ЧДД каждого проекта при ставке дисконтирования 0,15. Определите внутреннюю норму доходности инвестиций для этих проектов. Выберите наиболее эффективный проект. Исходные данные приведены в тыс. р.

Проект	Первоначальн	Годы
--------	--------------	------

	ые инвестиции	1	2
<i>A</i>	-1000	-	1322
<i>B</i>	-1000	615	615
<i>C</i>	-1000	1150	-

4.5 Определите внутреннюю норму доходности инвестиционных проектов и выберите лучший проект. Исходные данные приведены в тыс. р.

Проект	Первоначальн ые инвестиции	1 год	2 год	3 год
<i>A</i>	-10 000	4747	4747	4747
<i>B</i>	-10 000	-	-	17 280

4.6 Для изготовления детали разработаны два варианта технологического процесса: обработка резанием и штамповка. Определите, какой вариант экономически целесообразнее при годовой программе в 90 ед. на основе следующих данных:

Исходные данные	Резание	Штамповка
Стоимость материала, р. / ед.	320	220
Основная зарплата производственных рабочих, р. / ед.	8,8	2,4
Единый социальный налог, %	35,8	35,8
Расходы на оснастку и наладку, р. / год	2800	10 300

4.7 Определите критическую программу и установите, при каком количестве деталей в год целесообразно их обрабатывать на четырехшпиндельном автомате вместо револьверного станка при следующих данных:

Затраты	Револьверный	Четырехшпиндельны й
Заработная плата станочника, р. / ед.	13	4,0
Стоимость эксплуатации (р. / ед.):	20	25
– станка	20	10
– инструмента		
Амортизация станка, р. / ед.	30	40

Стоимость наладки и эксплуатации оснастки, р. / год	1000	2300
---	------	------

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Организация производства / Общ. ред. О. Г. Туровца. Воронеж: ВГТУ, 1993.
- 2 Производственный менеджмент / Под ред. С. Д. Ильенковой. М.: ЮНИТИ, 2000.
- 3 Козловский В. А., Маркина Т. В., Макаров В. М. Производственный и операционный менеджмент. Практикум. СПб.: Специальная литература, 1998.
- 4 Экономика предприятия / Под ред. Н. А. Сафронова. М.: ЮРИСТЪ, 1998.