

ФГБОУ ВПО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, НАДЕЖНОСТИ, РЕМОНТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Козарез И.В., Тюрева А.А.

# **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

**Курс лекций по дисциплине  
для студентов, обучающихся по направлению  
«Агроинженерия»**

Брянск 2014

**УДК 631.173.4 (076)**

**ББК 40.72**

**К59**

**Козарез, И.В.** Организация производства на предприятиях технического сервиса: методические указания / И.В.Козарез. , А.А.Тюрева – Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2014.-с.207

Методические указания разработаны Козарез И.В. , к.т.н., доцентом Тюреваой А.А. И предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия»

Рецензенты к.т.н., доцент кафедры механики и основ конструирования Романеев Н.А.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию Методическим советом инженерно-технологического факультета Протокол № 20 от 11.12. 2014

© И.В.Козарез, 2014

© И.В.Козарез, 2014

© Брянский ГАУ, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Теоретические основы организации производства - научная дисциплина об организации производства на предприятиях технического сервиса, углубляющая и развивающая применительно к предприятию рациональное сочетание во времени и пространстве всех основных (технологических), вспомогательных и обслуживающих процессов. Хотя особенности и метод этого сочетания различны в разных производственных условиях, при всем их разнообразии организация производственных процессов, как правило, подчинена некоторым общим принципам: специализации, пропорциональности, параллельности, прямоточное<sup>TM</sup>, непрерывности, ритмичности, автоматичности, профилактики, конструктивной и технологической стандартизации, гибкости, оптимальности и др. Соблюдение этих принципов лежит в основе рациональной организации производственных процессов и является необходимой предпосылкой выполнения предприятием плановых заданий с наиболее благоприятными технико-экономическими показателями: высокой производительностью труда, минимальной себестоимостью продукции, заданным качеством и конкурентоспособностью продукции, максимальной прибыльностью и рентабельностью производства, кратчайшей продолжительностью производственного цикла, минимальной оборачиваемостью оборотных средств и т. д.

Современное машиностроительное предприятие представляет собой сложный производственно-хозяйственный комплекс, в распоряжении которого находятся здания и сооружения, машины и оборудование, сырье и материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия, топливо и другие средства производства, а также людские ресурсы, необходимые для выполнения производственных процессов, т. е. процессов превращения предметов труда в продукты труда.

В ходе производства продуктов труда необходимо организовать четкое взаимодействие коллективов отдельных подразделений предприятия, координировать их взаимодействие и взаимосвязи. Прежде всего рационально должен быть организован производственный процесс изготовления продукта труда, выбраны оптимальные формы организации движения материала, обеспечивающие минимальное время пребывания его в процессе производства, должна быть отработана производственная структура предприятия, выбрана рациональная система управления на основе широкого использования средств механизации и автоматизации управленческого труда.

В процессе производства на предприятиях технического сервиса особенно потребляется большое количество разнообразных материалов и комплектующих изделий. В этом случае необходима рациональная организация обеспечения производства всеми видами материальных ценностей, хранения, учета и выдачи их в цехи и на рабочие места. При производстве изделий технического сервиса, как правило, используется множество различных видов режущих, абразивных и мерительных инструментов и приспособлений. Для

того чтобы процесс производства основной продукции предприятия протекал непрерывно, необходима организация своевременного и качественного изготовления оснащения.

На предприятиях технического сервиса, как правило, установлено много самого разного оборудования. Исключительно важное значение имеет задача организации правильной эксплуатации оборудования и поддержания его в работоспособном состоянии.

Для современных предприятий, работающих в условиях рыночной экономики, характерен процесс модернизации и обновления выпускаемой продукции, что требует соответствующей организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, конструкторской и технологической подготовки производства, организационной подготовки и освоения выпуска новых или усовершенствованных изделий. При этом необходимо обеспечивать максимальное сокращение продолжительности цикла создания и освоения нового изделия на всех стадиях и этапах внедрения его в серийное или массовое производство. Одновременно следует снижать затраты как на техническую подготовку, так и на освоение и промышленное изготовление.

Эти вопросы наиболее актуальны для производства радиоэлектронной техники, где темпы ускорения технического прогресса наиболее высоки. Обновление продукции данного профиля происходит в среднем через 5-6 лет. Поэтому сокращение цикла "наука - разработка - производство" является одной из основных задач, которая может быть решена лишь с помощью наиболее современных методов организации научно-исследовательских разработок, технической подготовки производства, промышленного освоения и производства новой техники и управления им.

Конкретные методы организации производства в значительной степени определяются конструктивными особенностями выпускаемой продукции, спецификой технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий. Соответственно решение вопросов организации производства и управления им на предприятиях должно базироваться на всестороннем и глубоком изучении конструкций изделий, технологических процессов их изготовления, организации труда работников предприятия.

Руководитель современного предприятия или его подразделения должен знать теоретические основы организации производства, владеть методами внутризаводского планирования и экономического анализа, а также методами обоснования принимаемых им технических и хозяйственных решений. •

Инженер, кем бы он ни был, - конструктором, технологом, мастером участка или хозяйственным руководителем, должен обеспечивать на своем участке работы наибольшую эффективность при минимальных затратах общественного труда. Создавая новую технику, инженер-конструктор обязан учитывать экономические показатели, связанные с ее производством и эксплуатацией. Инженер-технолог должен уметь выбрать экономически выгодные технологические процессы изготовления новой техники. Инженер-

экономист должен уметь определять экономическую эффективность создания и освоения новой техники как на стадии ее производства, так и на стадии эксплуатации, выбирать ресурсосберегающие технологические процессы и наиболее рациональные формы их организации, планировать работу по изготовлению техники, осуществлять учет и анализ производственно-хозяйственной деятельности.

Наука об организации производства имеет активный характер. Она не только учит, но и воспитывает у руководителей производства независимо от того, на каком участке они работают, нетерпимое отношение к недостаткам, проявлениям бесхозяйственности и расточительства. Эта наука помогает бороться за режим экономии, внедрять наиболее совершенные методы ведения производственно-хозяйственной деятельности, получать максимальную прибыль и рентабельность производства.

## Лекция 1

# ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

### *1.1 Сущность организации производства*

Историю формирования и развития науки "Организация производства на промышленном предприятии" можно проследить начиная с первой половины XVIII в., когда английский предприниматель в области текстильной промышленности, механик по образованию Р. Аркрайт (1732-1792) создал "Фабричный кодекс", предусматривавший систему штрафов за нарушение трудовой дисциплины в процессе производства и казарменный режим для рабочих. В этом кодексе записано: "Рабочие должны работать строго по расписанию, ...должны есть, жить и спать по команде. За каждое отклонение от расписания штраф». Размер штрафа зависел от того, насколько рабочий отклонялся от расписания.

К. Маркс назвал этот кодекс капиталистической карикатурой "...общественного регулирования процесса труда, которое становится необходимым при кооперации в крупном масштабе и при совместном применении средств труда, особенно машин".

Однако, несмотря на примитивность, "Фабричный кодекс" Аркрайта положил начало формированию науки об организации производства, явился первым теоретическим документом для регулирования общественного труда на предприятии и более сотни лет использовался на предприятиях разных стран мира.

В конце XIX столетия, когда капитализм вступил в монополистическую стадию, ему понадобились более тонкие методы регулирования общественного труда, чем примитивные "законы" Аркрайта. Эти методы разрабатывались в последующем многими учеными мира. Основоположником разработки принципов научной организации труда считается американский инженер Ф. У. Тейлор (1856-1915). Основные положения его теории изложены в работах "Управление фабрикой" (1903 г.) и "Принципы научного управления" (1911 г.).

К числу предложенных Тейлором принципов организации труда относятся: замена традиционных, рутинных приемов

выполнения работы методами и правилами, выработанными на основе обобщения опыта и специального изучения времени, необходимого для выполнения работы; отбор рабочих и систематическое обучение их новым приемам работы; отделение подготовки от исполнения, в частности освобождение основного рабочего от выполнения функций, связанных с расчетом и подготовкой работ, и передача их специальным исполнителям; введение так называемой дифференцированной оплаты труда, при которой лишь выполняющим "урок" сохраняется установленный размер оплаты, а при

недовыполнении его, что естественно для большинства работающих, размер оплаты за каждую выполненную единицу работы снижается (как правило, на 20-30% установленной ставки). Эта система содержала скрытую форму штрафа для большинства рабочих.

Совокупность перечисленных выше принципов образует систему организации труда и управления производством, получившую название по имени автора. Система Тейлора использует достижения науки и техники с целью извлечения максимума прибавочной стоимости. Структурно она представляет собой совокупность методов организации и нормирования труда и управления производственными процессами, подбора, расстановки и оплаты рабочей силы, направленных на существенное повышение производительности и интенсивности труда.

Разработанный Тейлором аналитический метод нормирования труда основан на непосредственном измерении затрат времени на выполнение определенных операций и видов работе помощью хронометражных наблюдений. Этот метод сводится к расчленению всех трудовых операций на простые трудовые действия и приемы, к устранению излишних и бесполезных операций, к изучению способов выполнения высококвалифицированными рабочими отдельных элементов работ и отбору из них наиболее быстрых и удачных.

Современные американские исследователи подвергают критике систему Тейлора за то, что в ней переоцениваются те пределы, до каких заработная плата могла составлять единственный мотив поднятия производительности труда рабочих, и недооцениваются творческие ресурсы рабочих - наиболее перспективные резервы роста производительности труда. Несмотря на это, система Тейлора послужила основой для современных систем организации труда на многих промышленных предприятиях разных стран мира и широко используется при становлении школ "научной организации труда" и "научного менеджмента".

Ф. Тейлор не был одинок в своей новаторской деятельности. Целая плеяда его последователей внесла свой вклад в развитие науки об организации производства. Среди них следует выделить Г. Ганта (1861-1919), наиболее близкого ученика Ф. Тейлора, занимавшегося разработками в области методики премиальной оплаты труда, впервые составившего карты-схемы для производственного планирования и контроля, а также внесшего вклад в разработку теории лидерства.

Ф. Тейлор и его соратники занимались рационализацией труда отдельного рабочего, не пытаясь установить взаимосвязи и кооперацию труда между рабочими на отдельных участках и предприятия в целом. Эту проблему решил видный американский ученый Г. Эмерсон (1853-1931), который в своей книге "Двенадцать принципов производительности" (1911 г.) впервые изложил систему научной организации и управления коллективным трудом. При этом он отметил необходимость комплексного подхода к решению сложных задач организации и управления производством с учетом их эффективности (понятие,

введенное им впервые). Под эффективностью Г. Эмерсон понимал максимально выгодное соотношение между затратами и результатами. Кроме того, он предложил идею создания компетентной комиссии по проведению практической работы в области организации производства в промышленности. Основная задача этой комиссии (консультативной фирмы) сводилась к оказанию практической помощи отдельным предприятиям и фирмам в организации производства и управления, а также к подготовке и переподготовке кадров управления. В настоящее время таких консультативных фирм во всех развитых странах мира насчитывается десятки и даже сотни, например в США их свыше 500, в Англии - около 270 и т. д.

Почти одновременно с Г. Эмерсоном значительный вклад в развитие науки об организации производства осуществил французский исследователь А. Файоль (1841-1925), создавший систему управления производством, основанную на выделении следующих групп функций: технических, коммерческих, финансовых, охраны, счетных, административных и задач управления - предвидение, планирование, организация, координация и контроль.

"Управлять производством, - утверждал А. Файоль, - значит вести предприятие к поставленной цели, извлекая максимальные возможности из всех имеющихся в распоряжении ресурсов".

Принципы организации любой администрации, по мнению А. Файоля, таковы: "Разделение труда, власть (авторитет и ответственность), дисциплина, единство командования, подчинение индивидуальных интересов общему интересу, вознаграждение, централизация, скользящая цепь (линия власти), порядок, равенство, устойчивость должностей кадрового состава, инициатива, корпоративный дух".

В 1913 г. американский капиталист Г. Форд-старший (1863-1947) на принадлежащих ему автомобильных заводах внедрил новую систему организации производства (поточные методы), основанную на развитии систем Ф. Тейлора и Г. Эмерсона. Эта система получила название по имени ее создателя "фордизм".

Система Г. Форда характеризуется следующими основными положениями: максимальным разделением труда, в результате которого почти все операции производственного процесса становятся простыми и могут выполняться рабочими низкой квалификации при исключительно напряженном темпе работы, задаваемом скоростью движения конвейера и других механических регуляторов ритма труда; механизацией и автоматизацией многих процессов производства на основе разделения их на простейшие операции; последовательной стандартизацией всех факторов производства, включая сырье, оборудование, инструмент, технологические режимы, трудовые приемы и формы организации.

В основу этой системы был положен сборочный конвейер, который привнес в производство технические, технологические и особенно организационные новшества, а именно: разработку вопросов организации

массового поточного производства, в частности, организацию предметных участков и линий с прямоточным характером производства (обеспечивающих в дальнейшем возможность автоматизации процессов производства), высокий уровень стандартизации элементов производства, организацию системы внутризаводского транспорта и др. Внедрение конвейерной сборки изделий наряду с техническими новшествами привело к резкому повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции, положило начало массовому производству. В частности, время сборки автомобиля сократилось с 12 до 1,5 ч, цикл изготовления - с 21 до 3 дней, затраты на изготовление автомобиля снизились с 750 до 300 долл.

Заметный вклад в разработку теории и практики организации производства внесли также: К. Адамецки (1866-1933), создатель теории построения производственных процессов во времени, разработавший графики движения деталей по операциям и формулы для расчета производственного цикла;

Э. Мейо, сделавший вывод о примате психологических и социальных факторов в производительности труда и необходимости глубокого исследования "человеческих отношений";

Г. Б. Мейнард и его сотрудники (40-е годы), разработавшие систему микроэлементного нормирования труда, основы которой были заложены в начале XX в. Ф. Б. Гильбретом (1868-1924); М. Уолкер, Д. Келли, Д. Малькольм (50-е годы), создавшие систему сетевого планирования и управления (СРМ и PERT) исследованиями и разработками новой техники;

У. Одчи, в 70-80-е годы разработавший систему "теория зет", в которой предусматриваются возможности переноса японских методов организации производства в другие страны. Среди наших соотечественников можно назвать: А. К. Гастева (1882-1941), автора таких известных работ, как "Трудовые установки" и "Как надо работать", в которых, в частности, были заложены принципы программированного обучения трудовым движениям; в дальнейшем он сыграл видную роль в развитии стандартизации, возглавив в 1932 г. Всесоюзный комитет стандартизации при Совете труда и обороны; П. М. Керженцева (1881-1940), разработавшего основные принципы производства и научной организации труда; О. А. Ерманского (1866-1941), автора таких книг, как "Научная организация труда и система Тейлора", "Легенда о Форде", "Теория и практика рационализации", получивших большую известность в 20-30-е годы; В. И. Иоффе (1886-1947), создавшего систему микроэлементных нормативов времени для технического нормирования труда; О. И. Непорента (1886-1966), разработавшего научную теорию организации производственного процесса во времени, в том числе видов движения партии деталей по операциям; Л. В. Канторовича (1912-1986), заложившего основы линейного программирования и применившего их в планировании производства; Б. Я. Каценбогена (1897-1956), разработавшего теорию и методику использования поточных методов производства на серийных заводах, успешно примененных на оборонных заводах страны в

период Великой Отечественной войны; Э. А. Сателя (1885-1968), первым указавшего на необходимость комплексного решения конструкционных, технологических, организационных, эксплуатационных и экономических проблем современного производства.

Кроме того, значительный вклад в развитие науки об организации производства внес проф. С. П. Митрофанов, разработавший научные принципы групповых методов обработки деталей, за которые ему была присуждена Ленинская премия. Эти принципы получили; распространение во всем мире, открыли широкие возможности не только для автоматизации производственных процессов, но и для распространения высокоэффективных групповых поточных линий в серийном и мелкосерийном производствах. При этом сократились сроки технологической подготовки производства.

В современных условиях вопросы совершенствования организации производства и управления им стали специальной отраслью знаний, сферой деятельности десятков и сотен научно-исследовательских организаций, государственных и частных, а также консультативных фирм. Круг решаемых этими организациями вопросов очень широк и охватывает как организационно-технические и технико-экономические, так и психофизиологические и социально-психологические аспекты организации производства и управления им. Это свидетельствует о небывалом расширении арсенала средств и методов повышения эффективности производства.

## *1.2 Предмет, содержание дисциплины*

Организация производства - учебный курс, нацеленный на изучение: теоретических и методических вопросов организации производства на предприятиях технического сервиса условий и факторов рационального согласования действий работников предприятий при использовании предметов и орудий труда в производственном процессе на основе применения знаний в области техники, экономики и социологии аналитических приемов и передового опыта, направленных на достижение поставленных целей по выпуску определенных продуктов труда соответствующего качества и количества.

Предприятия технического сервиса и радиоэлектронного приборостроения характеризуются весьма значительной расчлененностью производства в пространстве. Они, как правило, имеют сравнительно небольшое число крупных агрегатов одновременного действия, но зато много агрегатов, станков и оборудования других видов для изготовления и обработки большого числа деталей различных видов, массы и размеров. При этом по отношению к разным деталям в зависимости от технических требований применяются различные технологические процессы: для изготовления заготовок применяются методы литья, давления (холодная или горячая штамповка), резания; для обработки детали - резание, термическая,

электрофизическая и электрохимическая обработка, литье и прессование пластмасс, литье и обработка керамических масс; для изготовления сборочных единиц - методы свинчивания, сочленения, сварки, пайки, склеивания; жгутовой и печатный монтаж; гравировка и столярные работы; регулировка, настройка и др.

Расчлененность производства в пространстве, многоагрегатность, многономенклатурность, многооперационность и большое разнообразие технологических процессов, применяемых при изготовлении деталей и сборочных единиц, отличают машиностроительные (радиоэлектронные) предприятия от предприятий других отраслей производства. Этими особенностями обусловлена сложность потоков движущихся и обрабатываемых заготовок и деталей на предприятиях, поэтому весьма важна организация производства, в частности согласование и регулирование движения всех многообразных производственных потоков во времени и пространстве.

Кроме того, организация производства предполагает координацию движения трудовых элементов по операциям и рабочим местам, благодаря которым достигаются равномерная, ритмичная работа и высокие технико-экономические показатели.

Объектами организации производства на предприятии являются производственные системы различных уровней, в которые входят люди и подчиненные им средства труда. Организация производства призвана обеспечивать: во-первых, формирование наиболее рационального состава работников и средств труда производственной системы для выпуска необходимой обществу продукции требуемого качества (конкурентоспособной) в установленные сроки и в заданном объеме; во-вторых, установление наиболее рациональных взаимосвязей между всеми элементами производственной системы;

в-третьих, непрерывное развитие производственной системы в направлении повышения ее эффективности и наибольшего соответствия изменяющимся условиям ее взаимодействия со своей внешней средой.

Организация производства охватывает все составляющие производственной системы и все аспекты ее производственно-хозяйственной деятельности. Поэтому в качестве важнейших составных частей она включает:

- организацию труда работников предприятия как процесс установления и совершенствования способов выполнения и условий протекания процессов труда;

- организацию производственных процессов во времени и пространстве как процесс функционального, пространственного и временного сочетания и связи вещественных и личных факторов производства;

- организацию поточных методов производства как процесс предметного сочетания рабочих мест на участке, объединяющий различные группы оборудования для законченного цикла обработки деталей или сборки изделий;

- организацию автоматического и гибкого автоматизированного производства как процесс комплексной механизации и автоматизации не

только технологических операций, но и вспомогательных приемов работы (установочных, контрольных, обслуживающих, транспортных, командных, т. е. управляющих);

- организацию вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств предприятия как процесс комплексного обслуживания основных цехов предприятия по всем функциям, выходящим за пределы их основной специализации;

- организацию технического контроля качества продукции как процесс установления качества, выпускаемой продукции на предприятии, обеспечения конкурентоспособности изделий и экономии общественного труда;

- организацию технического нормирования труда как процесс установления меры затрат труда на изготовление единицы продукции или выполнение заданного объема работы за определенный период времени;

- организацию и планирование создания и освоения новой техники и новой технологии как процесс создания новой и улучшения действующей техники и технологии с учетом технических, организационных, экономических и социальных мероприятий;

- организацию управления как процесс создания и совершенствования систем управления и способов их функционирования.

Рациональная организация производства состоит в том, чтобы интегрировать всю совокупность разнородных компонентов, реализующих процесс производства, в целостную и высокоэффективную производственную систему, все элементы которой тщательно "пригнаны" друг к другу по всем аспектам их функционирования.

Организация производства и оптимальное управление им являются важнейшими факторами ускорения научно-технического прогресса. Они обеспечивают наиболее полное и эффективное использование трудовых, материальных и финансовых ресурсов предприятия, снижение себестоимости и повышение качества продукции, рост производительности труда и эффективности производства, существенное сокращение длительности цикла "исследование - проектирование - производство - реализация" и повышение темпов обновления продукции и технического развития производства.

Теоретической основой этой дисциплины являются: "Основы экономической теории", изучающие экономические законы развития производства, и "Экономика предприятия", в которой раскрываются действия объективных экономических законов на предприятии, пути и тенденции развития, формы специализации и кооперирования предприятия.

Главной целью данной дисциплины является создание условий, при которых обеспечивается успешное выполнение плановых заданий каждым производственным подразделением предприятия и предприятием в целом по всем показателям и с высокой эффективностью производства.

Поставленная перед предприятием и его подразделениями цель достигается путем повседневного решения множества частных задач, направленных на изыскание и использование возможностей:

- повышения эффективности производства, его интенсификации на основе научно-технического прогресса и наиболее полного использования резервов производства;

- увеличения производительности труда и объема выпуска продукции на основе научно-технического прогресса, повышения организации труда, применения прогрессивных систем заработной платы, подъема общеобразовательного уровня работников, повышения качества продукции и дисциплины труда;

- повышения эффективности использования основных производственных фондов и оборотных средств предприятия на основе равномерной загрузки оборудования, рациональной организации эксплуатации и ремонта оборудования, обслуживания рабочих мест;

- организации работы предприятия с минимальными запасами материалов, полуфабрикатов, топлива, остатков готовой продукции на складах; повышения квалификации и культурно-технического уровня кадров и улучшения условий труда и быта на основе систематической подготовки кадров, оздоровления условий труда и социально-психологического климата, механизации и автоматизации трудоемких и тяжелых работ, улучшения бытового обслуживания, экономического стимулирования;

- создания личной заинтересованности каждого работника в хозяйском использовании материальных ценностей предприятия.

Кроме того, важной задачей курса организации производства является изучение принципов, методов и форм организации производства и управления им. Современный инженер-экономист должен хорошо знать новую технику и технологию производства, уметь создавать системы управления производством, организовывать быстрое освоение производства новой техники и новой технологии с наименьшими затратами, обеспечивать достижение максимальной прибыльности и рентабельности.

## *1.2. Методы изучения дисциплины*

Предметом курса организации производства является изучение на основе достижений науки, техники и передового опыта количественных и качественных зависимостей в производстве продукции, определяющих оптимальное сочетание трудовых и вещественных элементов совокупного производственного процесса и путей его бесперебойного и ритмичного протекания в условиях конкретного предприятия исходя из поставленных перед ним целей и задач.

Оптимальные количественные и качественные зависимости производственных процессов, параметру и показатели производства продукции являются исходной информацией для разработки планов работы предприятий и их подразделений. Поэтому вопросы организации производства рассматриваются в непосредственной связи с внутризаводским планированием, а решения, зафиксированные в плановых заданиях, проводятся в жизнь с

помощью управления.

Данный курс формируется на основе опыта организации производства на отечественных и зарубежных предприятиях, анализа достижений передовых, а также причин и недостатков отстающих предприятий, цехов и участков.

Изучение курса организации производства осуществляется методом диалектического и исторического материализма, рассматривающего все явления в производственно-хозяйственной деятельности предприятия как естественно-исторический процесс, подчиняющийся определенным законам развития.

Все зависимости производственных процессов на предприятии рассматриваются в их взаимной связи, в непрерывном развитии, движении, что дает возможность понять неизбежность причин и закономерностей возникновения новых и совершенствования существующих решений, приемов и методов организации производства.

Диалектический подход к вопросам организации производства означает, что любое инженерное и организационное решение или способ изготовления продукции, выполнения операций, какими бы они ни были удачными сегодня, могут быть улучшены или заменены новыми, более совершенными, более эффективными завтра под воздействием технических достижений, изменившихся условий производства или в связи с постановкой новых задач. Поэтому курс организации производства не дает и не может дать готовых точных решений независимо от времени, пространства, предприятия, участка, характера и масштаба выпуска продукции и других условий. Приводится лишь метод подхода к решению задач, исследуются условия, при которых обеспечивается наибольшая эффективность производства, и указываются направления, по которым следует искать решение вопроса.

Другими словами, метод диалектического материализма позволяет рассматривать организацию производства как непрерывную творческую работу по поиску путей повышения эффективности производственного процесса на предприятии, при непрерывном повышении уровня социального развития коллектива трудящихся.

Для обеспечения высокой действенности этой работы необходимо: вопросы организации производства на предприятии рассматривать в непосредственной связи с вопросами развития промышленности страны; овладеть закономерностями возникновения, развития, совершенствования различных форм и методов организации производства и анализировать причины их отмирания; изучать научные и технические тенденции в развитии производства и их влияние на формы и методы организации; обобщать и внедрять передовой опыт работы отечественных и зарубежных предприятий.

Содержанием курса является изучение основных сторон производственной деятельности предприятия, т. е. труда, орудий труда, предметов труда, продукта труда, в частности: условий и факторов наиболее эффективной организации производственных процессов во времени и в пространстве, включая проблемы рационального построения производственных

структур и планировок заводов, цехов и участков; вопросов рациональной организации трудовых процессов, в том числе техническое нормирование, организация заработной платы и управление производственными процессами; путей наиболее эффективной реализации достижений в области создания и освоения новой техники и новых технологий, т. е. конструкторских и технологических решений, включая стандартизацию, нормализацию и типизацию; способов перемещения предметов труда в производственном процессе, в том числе организацию внутрицехового и межцехового транспорта; организации рационального обслуживания основного производства во вспомогательных цехах (инструментальном, ремонтном, энергетическом, транспортном и др.) и складском хозяйстве; проблем повышения эффективности капитальных вложений на предприятии, замены старой техники новой и внедрение автоматизированных систем управления; проблем повышения качества выпускаемой продукции и ее конкурентоспособности, включая разработку систем управления качеством продукции; основных направлений снижения издержек производства и роста прибыльности предприятия.

### *1.3. Задачи науки*

Содержание и круг вопросов, изучаемых в данном курсе, особенно отчетливо вырисовываются при установлении связи его со смежными экономическими и техническими дисциплинами. Это показывает, что данный курс занимает промежуточное положение между экономическими и техническими дисциплинами. Разработки его решений базируются на знаниях экономических, а также технических и инженерных наук. Поэтому данный курс является инженерно-экономическим.

Основы экономической теории служат исходной базой, на которой строится изучение закономерностей развития производства, распределения, обмена и потребления материальных благ (система производственных отношений). Известно, что развитие общественного производства подчинено определенным экономическим законам. Основы экономической теории раскрывают содержание этих законов, механизм их действия и методы использования их людьми в практической деятельности.

Экономика отрасли (предприятия) позволяет изучать закономерности развития отрасли и предприятий данной отрасли, раскрывать действие экономических законов, определять пути и тенденции развития производства.

Главные положения этих наук служат теоретической основой для построения курса организации производства и определяют методы подхода к решению задач, стоящих перед предприятиями в условиях конкретного производства. Кроме названных дисциплин, тесно связаны с данным курсом и другие экономические дисциплины, способствующие лучшему усвоению его, это внутризаводское планирование, научная организация труда и техническое

нормирование, статистика, программирование, история экономических учений, экономическая география, маркетинг, экономическая статистика, менеджмент, бухгалтерский учет и отчетность, аудит, финансы, кредит, анализ производственно-хозяйственной деятельности и другие, на основе которых разрабатываются мероприятия по улучшению организации производства и повышению его эффективности.

Технические дисциплины изучают закономерности развития и совершенствования свойств и конструкций предметов труда, орудий и продуктов труда и способов их изготовления, т. е. сырья, материалов, готовой продукции и производственного оборудования. Они непосредственно не связаны с организацией конкретного производства, т. е. с объемом производства, размерами завода, его планировкой и другими чисто организационными мероприятиями. Однако эти дисциплины и прежде всего "Технология технического сервиса", "Станки и инструмент", "Основы конструирования изделий", "Прикладная математика", "Применение ЭВМ в инженерных и экономических расчетах", "Основы моделирования и оптимизации управленческих решений" и другие, служат основой для инженерных вопросов организации производства.

Разработка вопросов организации производства нередко требует выполнения сложных математических анализов и расчетов, на основе которых выбираются наилучшие варианты решений в условиях данного предприятия, цеха или участка. Поэтому с помощью математических методов можно рассчитывать оптимальные количественные и качественные параметры производства.

Задача курса - эффективное использование достижений всей совокупности конкретных экономических наук и технических дисциплин в организации производства и управления им.

Организация производства предполагает широкое использование правовой науки, исследующей субъективные стороны управления предприятием, цехом, участком, а также имеет многосторонние связи с философией, социологией, психологией и педагогикой. Данная научная дисциплина не вторгается в область этих наук, ограничивая свою задачу исследованием возможностей их наилучшего использования в методологии и организации управления предприятием.

Рассмотренные выше положения о связи данного курса с другими дисциплинами определяют его роль в подготовке инженеров-экономистов как профилирующего предмета.

### *Лекция 3.*

## **ПРЕДПРИЯТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА - СЛОЖНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА**

### *3.1. Предприятие как объект организации производства*

Производственные предприятия (объединения) являются основными производителями промышленной продукции. Силами своих коллективов они осуществляют производственно-хозяйственную деятельность на основе полного хозяйственного расчета, самофинансирования и самоокупаемости (независимо от форм собственности на средства производства), имеют самостоятельный баланс и являются юридическими лицами. Таким образом, они представляют собой относительно обособленные производственно-хозяйственные образования (заводы).

Из сказанного следует, что предприятие есть обособленный целостный производственно-хозяйственный организм, в котором предполагаются социальное единство, производственно-техническое единство, а также организационно-административное единство и финансово-экономическая самостоятельность.

*Социальное единство* предполагает формирование трудового коллектива, состоящего из разных социальных групп (управленческого персонала, инженерно-технических работников и служащих, рабочих (основных и вспомогательных), младшего обслуживающего персонала), для достижения поставленной цели перед предприятием.

*Производственно-техническое единство* предусматривает:

соответствие располагаемого технологического оборудования и имеющихся производственных площадей характеру производства определенной продукции; последовательную связку законченность всех технологических процессов; единство технического и производственного руководства в лице главного инженера, являющегося первым заместителем директора предприятия.

*Организационно-административное единство* предполагает единство трудового коллектива, занятого на предприятии производственно-хозяйственной деятельностью, наличие единого управленческого аппарата, а также наличие общих для всего предприятия плана, учета и отчетности, баланса предприятия (объединения). Во главе предприятия как совокупности составляющих его производственных единиц (цехов, участков, служб и т. д.) стоит директор (генеральный директор, управляющий), осуществляющий на

основе принципа единоначалия руководство всеми сторонами его деятельности.

*Финансово-экономическая самостоятельность* означает единство материальной базы предприятия в виде имущественных и денежных ресурсов, рентабельность работы на основе хозяйственного расчета, соблюдение режима экономии и получение максимальной прибыли.

В экономико-кибернетическом отношении предприятие -это сложная вероятностная система управления производством, основанная на использовании законов кибернетики, экономико-математических методов, теории информации, системно-комплексного подхода, организационной и электронно-вычислительной техники.

Главными задачами предприятия являются удовлетворение общественных потребностей (спроса) в его продукции, услугах и реализация на основе полученной прибыли социальных и экономических интересов членов трудового коллектива предприятия и интересов собственника имущества.

**Виды предприятий.** В соответствии с формами собственности могут быть созданы и действовать предприятия следующих видов: основанные на государственной собственности; основанные на коллективной собственности (кооперативные предприятия, акционерные предприятия, предприятия общественных организаций, предприятия религиозных организаций и др.); основанные на собственности граждан (индивидуальные, семейные и др.) частные предприятия; основанные на совместной собственности с иностранными юридическими и физическими лицами; арендные предприятия и т. д.

Предприятия на добровольных началах могут создавать различные объединения по отраслевому или территориальному признаку. Начиная с 1973 г. в СССР начали создавать производственные объединения (ПО), научно-производственные объединения (НПО) и комбинаты. Производственные и научно-производственные объединения представляют собой единый производственно-хозяйственный комплекс, в состав которого входят предприятия, научно-исследовательские, конструкторские, проектно-конструкторские и технологические организации.

При образовании ПО учитывают технологическую общность процессов и территориальное расположение предприятий и организаций, однородность выпускаемой продукции и наличие устойчивых кооперированных связей. При создании НПО в отрасли учитывают специализацию предприятий и организацию, их территориальное расположение, наличие научно-технических связей между ними, необходимость полной или частичной централизации выполнения научно-технических и производственно-хозяйственных функций в целях повышения эффективности производства. Производственные единицы, входящие в состав ПО и НПО, как правило, не являются юридическими лицами, и на них не распространяется действие закона о предприятиях и других организациях.

В объединениях имеются широкие возможности маневрировать

средствами производства и создаются условия их более эффективного использования; возникают предпосылки для уменьшения численности работников управления; появляются возможности для улучшения социально-бытовых условий, повышения профессионального и культурного уровня работников объединения.

Комбинат - объединение промышленных предприятий разных производственных отраслей, в котором продукты одного предприятия служат сырьем, полуфабрикатом или вспомогательным материалом для другого. Такие объединения, как правило, создаются в металлургической промышленности. За рубежом имеет место более широкий спектр различных видов предприятий и объединений. В последние годы они стали создаваться и в нашей стране. В частности, это фирмы, компании, корпорации, консорциумы, концерны, тресты, картели, синдикаты и др.

### *3.2. Создание промышленных предприятий и порядок их регистрации*

Предприятие может быть создано по решению правительства на основе выделенных государством средств для изготовления определенного вида продукции (государственное промышленное предприятие). Оно также может быть создано по решению собственника (собственников) имущества (частные, индивидуальные или коллективные предприятия). Кроме того, предприятие может быть образовано в результате выделения из состава действующего предприятия по инициативе коллектива работников указанного подразделения, если на это есть согласие собственника имущества предприятия и обеспечивается выполнение ранее принятых договорных обязательств (предприятие с коллективной собственностью). Предприятие организуется также на базе структурной единицы ПО или НПО по решению ее трудового коллектива с сохранением обязательств перед объединением данной структурной единицы. В случае, когда для создания предприятия потребуется участок земли, другие природные ресурсы, разрешение на их использование выдается соответствующим органом местной власти, а в предусмотренных законодательными актами случаях - также и первичным природопользователем при наличии положительного заключения соответствующей экологической экспертизы. Предприятие считается созданным со дня утверждения учредительных документов (учредительного договора, устава, паспорта) и приобретает права юридического лица со дня его государственной регистрации. Государственная регистрация предприятия (объединения) осуществляется соответствующим органом местной власти в городе по месту нахождения предприятия. Для государственной регистрации предприятия собственник имущества представляет: заявление учредителя предприятия, учредительный договор или решение правительства о создании предприятия и устав предприятия.

Негосударственные предприятия должны представлять приказ или

выписку собрания учредителей (кроме индивидуальных и семейных; гарантийное письмо на производственную площадь; анкетные данные на руководителя; платежное поручение о плате за регистрацию, другие документы по перечню, определяемому правительством.

Государственная регистрация предприятия должна быть произведена не позднее чем за 30 дней с момента подачи заявления с предоставлением необходимых документов. Отказ в государственной регистрации предприятия (объединения) может последовать по мотивам нарушения установленного законодательными актами порядка создания предприятия, а также несоответствия учредительных документов требованиям законодательства.

Если государственная регистрация предприятия в установленный срок не произведена либо в ней отказано по мотивам, которые учредитель считает необоснованными, то последний может обратиться в суд.

За государственную регистрацию с предприятия взимается плата в размерах, установленных законодательством. Полученные средства зачисляются в бюджет района, города, района города по месту регистрации предприятия.

Данные государственной регистрации предприятия в десятидневный срок передаются в государственную налоговую инспекцию района по месту регистрации.

Предприятие может создавать дочерние предприятия (юридического лица), а также филиалы, представительства и другие подразделения с правом открытия текущих и расчетных счетов и утверждает положение о них.

Для осуществления подлежащих лицензированию видов деятельности предприятие обязано получить необходимую лицензию в установленном порядке. Предприятие действует на основе учредительных документов (устава, учредительного договора и др.).

Имущество предприятия составляют основные фонды и оборотные средства, а также иные ценности, стоимость которых отражается в самостоятельном балансе предприятия. В соответствии с законодательством и уставом предприятия имущество этого предприятия может принадлежать ему на правах собственности либо полного хозяйственного ведения.

Источниками формирования имущества предприятия являются: денежные и материальные взносы учредителей; доходы, получаемые от реализации продукции, работ и услуг, а также от других видов хозяйственной деятельности; доходы от ценных бумаг; кредиты банков и других кредиторов; капитальные вложения и дотации из бюджета; безвозмездные или благотворительные взносы, пожертвования организаций, предприятий и граждан; иные источники, не запрещенные законодательными актами.

Предприятие имеет право продавать и передавать другим предприятиям, организациям и учреждениям, обменивать, сдавать в аренду, предоставлять бесплатно во временное пользование либо займы принадлежащие ему здания, сооружения, оборудование, транспортные средства, инвентарь и другие материальные ценности, а также списывать с баланса, если иное не

предусмотрено законодательством. Безвозмездная передача и предоставление предприятием материальных ценностей другим предприятиям и гражданам осуществляется с разрешения собственника или уполномоченного им органа. Владение землей, использование других природных ресурсов предприятие осуществляет в установленном порядке за плату. Предприятие обязано своевременно осуществлять природоохранные мероприятия, направленные на снижение и компенсацию отрицательного воздействия его производства на природную среду. Оно несет ответственность за соблюдения требований и норм по рациональному использованию, восстановлению и охране земель, вод, недр, лесов и других природных ресурсов, а также возмещает ущерб.

Государство гарантирует защиту имущественных прав предприятия. Изъятие государством у предприятия его основных и оборотных средств не допускается. Убытки, причиненные предприятию, возмещаются по решению суда.

### *3.3. Учредительный договор, устав и паспорт предприятия*

*Учредительный договор* составляется учредителями предприятия (если предприятие создается не по решению правительства) и состоит из следующих разделов:!) предмет договора; 2) права и обязанности учредителя; 3) порядок образования имущества и распределение доходов; 4) органы управления предприятием; 5) ответственность сторон;

б) срок действия договора; 7) порядок внесения изменений в договор и порядок расторжения его; 8) порядок прекращения договора.

*В первом разделе* договора отражается, как участники договариваются о создании предприятия; определяются обязательственные стороны взаимоотношений; устанавливаются цель создания предприятия и предмет его деятельности;

определяются размер имущества предприятия, в том числе величина уставного фонда, а также размер основных фондов и оборотных средств; приводятся название предприятия, печать и штамп с наименованием предприятия, а также местонахождение (почтовый адрес).

*Во втором разделе* перечисляются права и обязанности учредителей (участие в управлении делами предприятия и контроле за его производственно-хозяйственной деятельностью; получение части прибыли и т. д.), определяются порядок и условия приема новых учредителей; порядок выхода из состава учредителей.

*В третьем разделе* освещаются вопросы, связанные с порядком образования имущества предприятия и распределением доходов.

Источниками формирования имущества предприятия являются: денежные и материальные взносы учредителей предприятия; доходы, получаемые от реализации продукции, работ и услуг; доходы от приобретения ценных бумаг; кредиты банков и других кредиторов; безвозмездные или

благотворительные взносы; пожертвования организаций предприятий и граждан.

Чистая прибыль предприятия образуется после уплаты налогов в бюджет и во внебюджетные фонды, она распределяется в таком порядке: 1) выплата дивидендов учредителям (5-10% каждому учредителю от размера чистой прибыли);

2) формирование фондов по нормативам (фонд производственного развития, материального поощрения и резервный фонд).

В *четвертом разделе* приводятся органы управления предприятием. Высшим органом управления, как правило, является совет учредителей. Лица, входящие в совет учредителей, поочередно председательствуют на заседаниях. Для текущего руководства деятельностью предприятия по контракту нанимают директора предприятия сроком на 2-3 года и другой управленческий персонал. Директор предприятия наделяется большими правами: принимает решения по всем вопросам, не отнесенным уставом и учредительным договором к исключительной компетенции собрания учредителей; принимает и увольняет работников; без доверенности действует от имени предприятия, представляет его интересы в учреждениях и организациях; распоряжается имуществом, заключает договоры, выдает доверенности, открывает в банках расчетные счета, пользуется правом распоряжения средствами, утверждает штаты исполнительного аппарата, издает приказы и дает указания, обязательные для всех работников предприятия.

Контроль за деятельностью директора осуществляет ревизионная комиссия. Руководители предприятия не реже одного раза в год отчитываются перед учредителями по результатам производственно-хозяйственной деятельности.

*Пятый раздел* посвящен ответственности сторон. В случае невыполнения взятых на себя обязательств, стороны несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Директор предприятия несет персональную ответственность за качество выпускаемой продукции, рентабельность работы предприятия, своевременность отчисления налогов и отчетность перед налоговой инспекцией, своевременность отчисления дивидендов учредителям.

В *шестом разделе* приведены сроки, на которые составляется учредительный договор. Договор может быть составлен на определенный или неопределенный срок.

В *седьмом разделе* излагаются порядок внесения изменений в учредительные документы и порядок расторжения договора. Изменения вносятся в договор по согласованию сторон или в арбитражном порядке. Изменения к учредительному договору оформляются протоколом, являющимся неотъемлемой частью данного договора. Договор может быть расторгнут в случае реорганизации или ликвидации предприятия, а также при изменении формы собственности.

В *восьмом разделе* описывается порядок прекращения договора. Договор

прекращается, если в составе учредителей остается менее двух представителей. Порядок ликвидации регламентируется уставом.

Предприятие (объединение) приобретает связанные с его производственно-хозяйственной деятельностью права и обязанности со дня утверждения устава, а со дня регистрации оно становится юридическим лицом.

*Устав* - основной документ, определяющий задачи, права и область деятельности предприятия, положение его в отрасли и в системе финансовых и хозяйственных органов. Он утверждается учредителями предприятия. Устав включает следующие разделы: 1) общие положения; 2) учредители предприятия; 3) уставный фонд предприятия; 4) производственно-хозяйственная деятельность предприятия; 5) порядок образования имущества предприятия; 6) организация, оплата и дисциплина труда; 7) социальное обеспечение; 8) управление предприятием; 9) прекращение деятельности предприятия.

*В первом разделе* приводят точное наименование предприятия, его местонахождение (почтовый адрес), наименование органа, которому предприятие непосредственно подчинено, цель создания и вид деятельности, а также то, что имущество предприятия является собственностью учредителей и предприятие имеет право создавать дочерние предприятия в других городах, участвовать в акционерных обществах, ассоциациях и других организациях.

*Второй раздел* содержит указание на то, что предприятие учреждено решением правительства или в соответствии с учредительным договором. Если предприятие создано на основе учредительного договора, то перечисляются все учредители.

*В третьем разделе* указываются размер уставного фонда и доля каждого из учредителей. Размер, форма и порядок внесения вкладов учредителей в уставный фонд определяются так же, как и в третьем разделе учредительного договора. В этом разделе предусмотрены и дополнительные вклады, и величина взносов новых учредителей в уставный фонд предприятия в порядке, установленном вторым разделом учредительного договора.

*В четвертом разделе* содержатся сведения о том, что предприятие является юридическим лицом, имеет свой расчетный счет в банке, печать и штамп со своим наименованием. На основе полного хозяйственного расчета оно обеспечивает самокупаемость и самофинансирование и полностью отвечает за результаты своей производственно-хозяйственной деятельности; самостоятельно планирует свою производственно-хозяйственную деятельность и устанавливает договорные цены на свою продукцию и оказываемые услуги. Основными показателями производственно-хозяйственной деятельности предприятия являются прибыль и рентабельность.

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия после уплаты налогов в бюджет и внебюджетные фонды, а также уплаты дивидендов учредителям в соответствующем порядке, поступает в полное распоряжение предприятия и расходуется на формирование фондов экономического стимулирования, резервного и других фондов.

Далее в этом разделе указывается, что предприятие ведет бухгалтерский учет и отчетность в установленном порядке и несет ответственность за их достоверность; отчитывается о результатах своей производственно-хозяйственной деятельности перед налоговой инспекцией, внебюджетным фондом и фондом социальной защиты населения, а также перед статистической службой в сроки, установленные действующим законодательством.

*В пятом разделе* приводится порядок образования имущества предприятия, источники формирования имущества (см. учредительный договор). Кроме того, здесь находят отражение сведения о том, что предприятие имеет право: приобретать или арендовать основные фонды, приобретать оборотные средства и брать ссуду в банке на эти цели; иметь денежные средства для текущих расходов, постоянно находящихся в кассе; продавать или передавать другим предприятиям, учреждениям и организациям, обменивать, сдавать в аренду, передавать во временное пользование оборудование, инвентарь и другие материальные ценности.

Изъятие имущества у предприятия не допускается; исключения составляют случаи, предусмотренные законодательными актами.

*Шестой раздел* включает организацию, оплату и дисциплину труда на предприятии. В частности, трудовые взаимоотношения с работниками предприятия регулируются действующим трудовым законодательством. Предприятие обеспечивает своевременную выплату заработной платы не реже одного раза в месяц. Размеры заработной платы устанавливаются предприятием самостоятельно, но не ниже минимальной величины, предусмотренной законодательством. Трудовые доходы каждого работника предприятия определяются количеством и качеством его труда, а максимальные размеры не ограничиваются. Правила внутреннего распорядка, режим труда и трудовая дисциплина устанавливаются администрацией предприятия, а за нарушение дисциплины могут быть наложены административные взыскания.

*В седьмом разделе* рассматриваются социальные вопросы. В частности, работники предприятия подлежат социальному и медицинскому страхованию и социальному обеспечению в порядке, предусмотренном действующим законодательством. Предприятие ежемесячно вносит средства в фонд социальной защиты населения и другие отчисления от своих доходов в порядке и размерах, установленных законодательством. Предприятие возмещает ущерб пострадавшим работникам, а также проводит расследование причин несчастных случаев. Оно самостоятельно устанавливает для своих работников продолжительность отпусков, сокращенный рабочий день в предпраздничные дни, а также другие льготы в пределах заработанных средств.

*В восьмом разделе* излагается организация управления предприятием. В частности, управление предприятием осуществляют собрание учредителей, директор предприятия и его функциональные подразделения. Высшим органом управления является совет учредителей, к исключительной компетенции которого относятся; утверждение устава предприятия;

определение основных направлений производственно-хозяйственной

деятельности предприятия; избрание и отзыв членов исполнительного и ревизионного органов; вынесение решений о привлечении к ответственности должностных лиц предприятия; вступление предприятия в объединение, ассоциацию и другие формы организации; исключение учредителей и привлечение новых учредителей предприятия; принятие решения о ликвидации предприятия.

Кроме того, в этом разделе устава приводятся следующие положения:

- Совет учредителей считается правомочным, если на заседании присутствуют все учредители.

- Лица, входящие в совет учредителей предприятия, поочередно председательствуют на заседании совета или избирается председатель совета.

- Собрание учредителей с привлечением директора и других работников (главный бухгалтер) созывается не реже одного раза в квартал.

- Повестка дня составляется заранее и рассылается участникам не менее чем за 20 дней до начала собрания.

В этом разделе излагаются права и обязанности директора предприятия, в частности говорится, что директор осуществляет текущее руководство предприятием и имеет право:

а) принимать решения по всем вопросам производственно-хозяйственной деятельности, не отнесенным настоящим уставом и учредительным договором к исключительной компетенции собрания учредителей; б) принимать и увольнять работников; в) без доверенности действовать от имени предприятия, представлять его интересы в организациях и на предприятиях, распоряжаться имуществом, заключать договоры, в том числе трудовые, выдавать доверенности, открывать в банках расчетные счета, пользоваться правом распоряжаться имуществом, утверждать штаты исполнителей, издавать приказы и распоряжения и другие функции.

Контроль за деятельностью директора осуществляет ревизионная комиссия.

Главный бухгалтер предприятия несет ответственность и пользуется правами, установленными законодательством, и непосредственно подчиняется директору предприятия.

*В девятом разделе* излагаются вопросы, связанные с прекращением деятельности предприятия. В частности, предприятие прекращает свою деятельность по решению собрания учредителей, на основании решения суда, в случае признания предприятия банкротом, в других случаях, предусмотренных законодательством, а также предприятие прекращает свою деятельность в случае реорганизации.

При реорганизации предприятия вносятся необходимые изменения в учредительные документы и в реестр государственной регистрации, а при ликвидации делается соответствующая запись в реестре. Орган, принявший решение о ликвидации предприятия, назначает ликвидационную комиссию. После уплаты в установленном порядке всех долгов ликвидируемого предприятия, в первую очередь долгов перед бюджетом и внебюджетными

фондами, оставшиеся средства распределяются ликвидационной комиссией между учредителями пропорционально их вкладу в уставный фонд.

**Производственно-технический паспорт** - это документ, характеризующий предприятие как производственно-техническую единицу. Он содержит необходимые данные о предприятии и его составных частях и состоит из двух разделов.

*В первом разделе* приводят наименование, подробную материальную и техническую характеристику предприятия и технико-экономические показатели его работы.

*Второй раздел* включает объемные показатели, отражающие производственную деятельность предприятия: объем выпускаемой продукции; сведения о среднесписочной численности работников предприятия, о производительности труда, размере фонда заработной платы; данные о материальном обеспечении; сумму балансовой прибыли и уровень рентабельности предприятия.

Паспорт используется как справочный документ для решения вопросов по внутризаводскому планированию, дальнейшему развитию предприятия и для контроля со стороны государственных органов.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

## *Лекция 5*

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО ОРГАНИЗАЦИЯ

#### *5.1. Понятие о производственном процессе*

Производственный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов труда и орудий труда в целях создания потребительских стоимостей - полезных предметов труда, необходимых для производственного или личного потребления. В процессе производства рабочие воздействуют на предметы труда при помощи орудий труда и создают новые готовые продукты, например станки, ЭВМ, телевизоры, радиоэлектронные приборы и т. д. Предметы и орудия труда, будучи вещественными элементами производства, на предприятии находятся в определенной взаимосвязи друг с другом: конкретные предметы могут быть обработаны только определенными орудиями труда; уже сами по себе они обладают системными свойствами. Однако живой труд должен охватить эти вещи и тем самым начать процесс превращения их в продукт. Таким образом, производственный процесс - это прежде всего трудовой процесс, поскольку ресурсы, используемые человеком на его входе, как информация, так и материальные средства производства, являются продуктом предшествующих процессов труда. Различают основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы (рис. 4.1).

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

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

(электрической энергии, сжатого воздуха, азота и т. д.).



Рис.4.1. Структура производственного процесса.

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

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

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

в деталь и т. д.

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

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

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

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

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

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

*Операция* - часть производственного процесса, которая, как правило,

выполняется на одном рабочем месте без переналадки и одним или несколькими рабочими (бригадой).

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

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

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

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

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

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

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

#### *4.2. Основные принципы организации производственных процессов*

Организация производственного процесса на любом машиностроительном предприятии (в том числе радиоэлектронного приборостроения), в любом его цехе, на участке базируется на рациональном сочетании во времени и в пространстве всех основных, вспомогательных и обслуживающих процессов. Это позволяет выпускать продукцию при минимальных затратах живого и овеществленного труда. Особенности и методы такого сочетания различны в разных производственных условиях.

Однако при всем их многообразии организация производственных процессов подчинена некоторым общим принципам: дифференциации, концентрации и интеграции, специализации, пропорциональности, прямоточное™, непрерывности, параллельности, ритмичности, автоматичности, профилактики, гибкости, оптимальности, электронизации, стандартизации и др.

*Принцип дифференциации* предполагает разделение производственного процесса на отдельные технологические процессы, которые, в свою очередь, подразделяются на операции, переходы, приемы и движения. При этом анализ особенностей каждого элемента позволяет выбрать наилучшие условия для его осуществления, обеспечивающие минимизацию суммарных затрат всех видов ресурсов. Так, поточное производство многие годы развивалось за счет все более глубокой дифференциации технологических процессов. Выделение непродолжительных по времени выполнения операций позволяло упрощать организацию и технологическое оснащение производства, совершенствовать навыки рабочих, увеличивать производительность их труда.

Однако чрезмерная дифференциация повышает утомляемость рабочих на ручных операциях за счет монотонности и высокой интенсивности процессов производства. Большое число операций приводит к излишним затратам на перемещение предметов труда между рабочими местами, установку, закрепление и снятие их с рабочих мест после окончания операций.

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

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

Сокращение номенклатуры выпускаемой продукции, как правило, приводит к улучшению всех экономических показателей, в частности к повышению уровня использования основных фондов предприятия, снижению себестоимости продукции, улучшению качества продукции, механизации и автоматизации производственных процессов. Специализированное оборудование при всех прочих равных условиях работает производительнее.

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

$$K_{cпi} = \frac{1}{C_{пp}} \sum_{i=1}^{C_{пp}} m_{доi} \quad (4.1)$$

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

$m_{доi}$  - число деталиеопераций, выполняемых на  $i$ -м рабочем месте в течение единицы времени (месяца, года).

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

$$N_{з.j} \cdot t_{умi} = F_{эф} \quad (4.2)$$

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

$t_{умi}$  - трудоемкость операции на  $i$ -м рабочем месте, мин;

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

*Принцип пропорциональности*, предполагает равную пропускную способность всех производственных подразделений, выполняющих основные, вспомогательные и обслуживающие процессы. Нарушение этого принципа приводит к возникновению «узких» мест в производстве или, наоборот, к неполной загрузке отдельных рабочих мест, участков, цехов, к снижению эффективности функционирования всего предприятия. Поэтому для обеспечения пропорциональности проводятся расчеты производственной мощности как по стадиям производства, так и по группам оборудования и производственным площадям. Например, если известны объем выпуска деталей (Л/д) и норма штучного времени ((щ-г), можно определить загрузку определенной /-и группы оборудования по формуле

$$Q_i = N_{zi} \cdot t_{умi} \quad (4.3)$$

Далее определяют пропускную способность этой группы оборудования

$$P_i = C_{пp.i} \cdot F_з \cdot K_{cп} \quad (4.4)$$

после чего сопоставляют загрузку и пропускную способность /-и группы оборудования и определяют коэффициент его загрузки по формуле

$$K_{zi} = Q_i : P_i \quad (4.5)$$

Предпочтительным вариантом является тот, когда  $K_{zi} = 1$  и  $Q_i = P_i$ .

*Принцип прямоточности* означает такую организацию производственного процесса, при которой обеспечиваются кратчайшие пути прохождения деталей и сборочных единиц по всем стадиям и операциям от запуска в производство исходных материалов до выхода готовой продукции. Поток материалов, полуфабрикатов и сборочных единиц должен быть поступательным и кратчайшим, без встречных и возвратных движений. Это обеспечивается соответствующей планировкой расстановки оборудования по ходу технологического процесса. Классическим примером такой планировки является поточная линия.

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

*Принцип параллельности* предполагает одновременное выполнение частичных производственных процессов и отдельных операций над аналогичными деталями и частями изделия на различных рабочих местах, т. е. создание широкого фронта работы по изготовлению данного изделия. Параллельность в организации производственного процесса применяется в различных формах: в структуре технологической операции - многоинструментальная обработка (многошпиндельные многолезцовые полуавтоматы) или параллельное выполнение основных и вспомогательных элементов операций; в изготовлении заготовок и обработке деталей (в цехах заготовки и детали на разных стадиях готовности); в узловой и общей сборке. Принцип параллельности обеспечивает сокращение продолжительности производственного цикла и экономии рабочего времени.

*Принцип ритмичности* обеспечивает выпуск одинаковых или возрастающих объемов продукции за равные периоды времени и соответственно повторение через эти периоды производственного процесса на всех его стадиях и операциях. При узкой специализации производства и устойчивой номенклатуре изделий ритмичность может быть обеспечена непосредственно по отношению к отдельным изделиям и определяется количеством обрабатываемых или выпускаемых изделий за единицу времени. В условиях широкой и изменяющейся номенклатуры выпускаемых производственной системой изделий ритмичность работы и выпуска продукции может измеряться только с помощью трудовых или стоимостных показателей.

*Принцип автоматичности* предполагает максимальное выполнение

операций производственного процесса автоматически, т. е. без непосредственного участия в нем рабочего либо под его наблюдением и контролем. Автоматизация процессов приводит к увеличению объемов выпуска деталей, изделий, к повышению качества работ, сокращению затрат живого труда, замене непривлекательного ручного труда более интеллектуальным трудом высококвалифицированных рабочих (наладчиков, операторов), к исключению ручного труда на работах с вредными условиями, замене рабочих роботами. Особенно важна автоматизация обслуживающих процессов. Автоматизированные транспортные средства и склады выполняют функции не только по передаче и хранению объектов производства, но могут регламентировать ритм всего производства. Общий уровень автоматизации процессов производства определяется долей работ в основном, вспомогательном и обслуживающем производствах, в общем объеме работ предприятия. Уровень автоматизации (Удвт) определяется по формуле

$$U_{авт} = T_{авт} : T_{общ} \quad (4.6)$$

где  $T_{авт}$  - трудоемкость работ, выполняемых автоматическим или автоматизированным способом;

$T_{общ}$  - общая трудоемкость работ на предприятии (цехе) за определенный период времени.

Уровень автоматизации может быть рассчитан как суммарно по всему предприятию, так и по каждому подразделению отдельно.

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

*Принцип гибкости* обеспечивает эффективную организацию работ, дает возможность мобильно перейти на выпуск другой продукции, входящей в производственную программу предприятия, или на выпуск новой продукции при освоении ее производства. Он обеспечивает сокращение времени и затрат на переналадку оборудования при выпуске деталей и изделий широкой номенклатуры. Наибольшее развитие этот принцип получает в условиях высокоорганизованного производства, где используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры (ОЦ), переналаживаемые автоматические средства контроля, складирования и перемещения объектов производства.

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

*Принцип электронизации* предполагает широкое использование возможностей ЧПУ, основанных на применении микро-, процессорной

техники, что позволяет создавать принципиально новые системы машин, сочетающие высокую производительность с требованиями гибкости производственных процессов. ЭВМ и промышленные роботы, обладающие искусственным интеллектом, позволяют выполнять самые сложные функции в производстве вместо человека.

Использование мини- и микроЭВМ с развитым программным обеспечением и многоинструментальных станков с ЧПУ позволяет выполнять большую совокупность или даже все операции обработки деталей с одной их установки на станке за счет автоматической смены инструментов. Набор режущего инструмента для такого станка может достигать 100-120 единиц, которые устанавливаются в револьверной головке или инструментальном магазине и заменяются по специальной программе.

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

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

#### *4.3. Особенности организации производственных процессов на предприятиях радиоэлектронного приборостроения*

Виды, назначение и области применения радиоэлектронных устройств и приборов весьма разнообразны. На предприятиях изготавливаются средства вычислительной техники, техники связи, космическая, транспортная, промышленная и бытовая радиоаппаратура, телевизоры и другая продукция.

Многие изделия являются уникальными или производятся небольшими сериями. Все это приводит к широкой номенклатуре продукции на предприятиях и значительно усложняет организацию производства, процессы планирования и регулирования.

Современное радиоэлектронное изделие состоит из большого числа деталей, сборочных единиц, в производстве используется широкая номенклатура материалов. Иногда число наименований деталей в изделии достигает несколько десятков тысяч. Все это усложняет производство и требует особого подхода к его организации, которая могла бы обеспечивать выпуск продукции заданных объемов в нужном ритме и высокого качества.

Из сказанного выше следует, что производственные процессы на предприятиях радиоэлектронного приборостроения имеют сложный, комплексный характер, они состоят из большого числа взаимосвязанных простых и сложных процессов по изготовлению множества отдельных деталей

и по сборке их в подузлы, узлы, блоки и готовые изделия. Система укомплектования изделий в процессе их сборки и монтажа весьма сложна. Поставщиками деталей для сборочно-монтажных цехов являются многие цехи. Кроме того, значительное число комплектующих изделий (радиовакуумные и полупроводниковые приборы, источники питания, микромодули, интегральные схемы, резисторы, транзисторы и др.) поставляется другими предприятиями.

Характерной особенностью организации производственного процесса является также широкая применяемость одних и тех же деталей и сборочных единиц в различных изделиях. Это обусловлено тем, что разработка новых конструкций изделий, как правило, ведется на базе какой-либо одной конструкции, являющейся базовой. Все это упрощает организацию освоения новой продукции и сокращает затраты на ее производство. Одновременно с этим важной особенностью организации производства является то, что для изделий радиоэлектронной аппаратуры характерна широкая внутренняя унификация, т.е. применение одних и тех же деталей в различных сборочных соединениях одного и того же изделия, а также большая расчлененность производственного процесса на отдельные сборочные единицы, которые можно собирать независимо друг от друга на различных участках цехов или даже на других специализированных заводах (например, завод печатных плат). Эта расчлененность процесса создает возможности организовать параллельное выполнение сборочных работ, что позволяет значительно сократить продолжительность производственного цикла, организовать поточные методы производства некоторых изделий или их элементов.

Важной особенностью является и то, что технологические процессы заготовительной и обрабатывающей стадий, как правило, не отличаются ни особой сложностью, ни большой трудоемкостью. Сборочная и монтажная стадии значительно сложнее и более трудоемки. Особо сложной и трудоемкой является регулировочно-настроечная стадия производственного процесса изготовления радиоэлектронной аппаратуры. Значительной сложностью отличаются также межцеховые технологические маршруты прохождения деталей по стадиям их изготовления и процесс формирования изделий радиоаппаратуры. Обрабатываемые детали обычно проходят два-четыре цеха, а часто и больше, причем подавляющее их большинство перед сборкой попадает в цех покрытий.

К особенностям организации производственных процессов можно отнести большое разнообразие технологических процессов при изготовлении деталей и сборке подузлов, узлов, изделий, таких, как: литье (под давлением, в кокили, в землю, в оболочковые формы); нанесение гальванических и химических покрытий; литье и прессование пластмасс; литье и обработка керамических масс; обработка резанием; горячая и холодная штамповка; термическая, электрофизическая и электрохимическая обработка; свинчивание, сочленение, сварка, пайка, клепка, склеивание, узловая сборка; жгутовой монтаж, печатный монтаж, гравировка, общая сборка, регулировка и настройка, столярные и другие работы.

Многие из этих технологических процессов требуют сложного и дорогостоящего оборудования и соответствующих методов организации труда.

К особенностям, влияющим на организацию производственных процессов на предприятиях радиоэлектронного приборостроения, относятся количественный размер выпуска продукции и характер его повторяемости. В большинстве случаев количественный выпуск изделий одного наименования невелик. Как правило, одновременно с выпуском освоенного изделия налаживается выпуск нового или усовершенствованного изделия, что значительно усложняет организацию и планирование производства.

#### *4.4. Типы производства и их технико-экономические характеристики*

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

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

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

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

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

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

выпуска изделий, поскольку большой объем выпуска может быть равномерно распределен на последовательные плановые периоды.

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

В зависимости от указанных выше факторов различают три типа производственных процессов или три типа производства:

единичное, серийное и массовое (рис. 4.2).

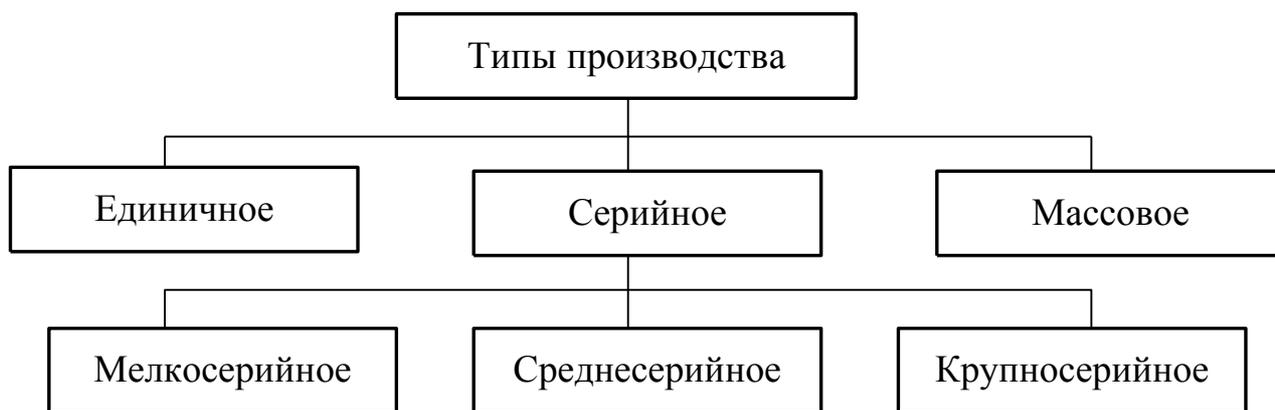


Рис.4.2. Классификация типов производства

Основными показателями для определения типа производства могут служить коэффициенты специализации рабочих мест ( $K_{cn}$ ), серийности ( $K_m$ ) и массовости ( $K_M$ )

Коэффициент специализации рабочих мест

$$K_{cn} = m_{д.о} : C_{np}, \quad (4,7)$$

где  $m_{до}$  - количество деталяеопераций по технологическому процессу, выполняемому в данном подразделении (на участке, в цехе);  
 $C_{np}$  - число рабочих мест (единиц оборудования) в данном подразделении.

Коэффициент серийности

$$K_{сер} = r : t_{ум}, \quad (4.8)$$

где  $r$  - такт выпуска изделий, мин/шт.;  $r = F \wedge N$ ;

$t'_{um}$  - среднее штучное время по операциям технологического процесса, мин;

$$t'_{um} = \sum_{i=1}^m t_{um.i} : m;$$

$t_{um.i}$  - штучное время на  $i$ -й операции технологического процесса, мин;

$m$  - число операций.

Коэффициент массовости определяется по формуле

$$K_m = \frac{\sum_{i=1}^m t_{um.i}}{m \cdot r}. \quad (4.9)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

В сочетании механизации и автоматизации производственных процессов, а также загрузки рабочих мест (оборудования) с видами движений предметов труда можно получить серийное производство в четырех и массовое производство в трех вариантах (рис. 4.3).

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

Тип производства оказывает решающее влияние на особенности его организации, управления и оперативно-производственного планирования, а

также на технико-экономические показатели.



Рис.4.3. Классификация типов производства

Если рассматривать всю совокупность типов производства как единое целое, начиная с единичного и кончая массовым, то по мере продвижения к массовому производству можно отметить; а) непрерывное расширение области применения высокопроизводительных технологических процессов, сопровождающихся механизацией и автоматизацией производства;

б) увеличение доли специального оборудования и специальной технологической оснастки в общем количестве орудий труда; в) общее повышение технической квалификации рабочих, а также внедрение передовых методов и приемов труда.

На основе этих прогрессивных изменений при переходе от единичного производства к серийному и далее к массовому обеспечивается значительная экономия общественного труда и как следствие: повышение производительности труда, улучшение использования основных фондов предприятия, сокращение затрат материалов на одно изделие, а также снижение себестоимости продукции, рост прибыли и рентабельности производства.

## *Лекция 6.*

# **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

### *6.1. Производственный цикл изготовления изделия*

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

*Продолжительность производственного цикла* изготовления продукции (независимо от числа одновременно изготавливаемых деталей или изделий) - это календарный период времени, в течение которого сырье, основные материалы, полуфабрикаты и готовые комплектующие изделия превращаются в готовую продукцию, или, другими словами, это - отрезок времени от момента начала производственного процесса до момента выпуска готового изделия или партии деталей, сборочных единиц. Например, производственный цикл простого процесса начинается с запуска в производство заготовки (партии заготовок) и заканчивается выпуском готовой детали (партии деталей). Производственный цикл сложного процесса состоит из совокупности простых процессов и начинается с запуска в производство первой заготовки детали, а заканчивается выпуском готового изделия или сборочной единицы.

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

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

Продолжительность производственного цикла зависит от времени трудовых и естественных процессов, а также от времени перерывов в производственном процессе (рис. 5.1). В течение трудовых процессов выполняются технологические и нетехнологические операции.



Рис. 5. 1. Структура производственного цикла

К технологическим относятся операции, в результате которых изменяются внешний вид и внутреннее содержание предметов труда, а также подготовительно-заключительные работы. Их продолжительность зависит от типа производства, его технической оснащенности, прогрессивности технологии, приемов и методов труда и других факторов.

Время выполнения технологических операций в производственном цикле составляет технологический цикл ( $T_{ц}$ ). Время выполнения одной операции, в течение которого изготавливается одна деталь, партия одинаковых деталей или несколько различных деталей, называется операционным циклом ( $T_{оп}$ ).

К нетехнологическим относятся операции по транспортировке предметов труда и контролю качества продукции.

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

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

Межоперационные перерывы обусловлены временем партионности и ожидания и зависят от характера обработки партии деталей на операциях. Перерывы партионности происходят потому, что каждая деталь, поступающая на

рабочее место в составе партии аналогичных деталей, пролеживает дважды: один раз до начала обработки, а второй раз по окончании обработки, пока вся партия не пройдет через данную операцию.

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

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

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

Структура и продолжительность производственного цикла зависят от типа производства, уровня организации производственного процесса и других факторов. Для изделий технического сервиса характерна высокая доля технологических операций в общей продолжительности производственного цикла. Сокращение последней имеет большое экономическое значение. Как правило, продолжительность производственного цикла определяется для одной детали, партии деталей, одной сборочной единицы или партии единиц, одного изделия. При этом следует учитывать, что изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии или в его подразделениях.

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

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

В заводской практике производственный цикл сокращается одновременно по трем направлениям: уменьшается время трудовых процессов, сокращается время естественных процессов и полностью ликвидируются или

сводятся к минимуму различные перерывы.

Практические мероприятия по сокращению производственного цикла вытекают из принципов построения производственного процесса и в первую очередь из принципов пропорциональности, параллельности и непрерывности.

Сокращение времени трудовых процессов в части операционных циклов достигается путем совершенствования технологических процессов, а также повышения технологичности конструкции изделия.

Под совершенствованием технологических процессов понимают их комплексную механизацию и автоматизацию, внедрение скоростных режимов (например, скоростного и силового резания, скоростного нагрева под ковку и штамповку), | штамповку вместо свободнойковки, литье в кокиль и литье! под давлением вместо литья в песчаные формы, а также концентрацию операций. Последняя может заключаться в многоинструментальной и многопредметной обработке либо в совмещении в одном рабочем цикле нескольких различных технологических операций (например, при объединении скоростного индукционного нагрева со штамповкой заготовки в одном рабочем цикле ковочной машины).

Повышение технологичности конструкций изделий заключается в максимальном приближении последних к требованиям технологического процесса. В частности, рациональное расчленение конструкции изделия на узлы и мелкие сборочные единицы является важным условием для параллельной их сборки, а следовательно, и для сокращения продолжительности производственного цикла сборочных работ.

Продолжительность транспортных операций может быть значительно уменьшена в результате перепланировки оборудования на основе принципа прямооточности, механизации и| автоматизации подъема и перемещения продукции с помощью различных подъемно-транспортных средств.

Сокращение времени контрольных операций достигается путем их механизации и автоматизации, внедрения передовых методов контроля, совмещения времени выполнения технологических и контрольных операций. Входящее в этот период цикла время подготовительно-заключительной работы, особенно время наладки оборудования также подлежит уменьшению. Наладку оборудования, как правило, необходимо выполнять в нерабочие смены, в обеденные и другие перерывы. В заводской практике успешно применяют мероприятия по сокращению периода выполнения этой работы, например внедрение групповой обработки деталей, типовых и универсальных наладок. Продолжительность естественных процессов уменьшается за счет замены их соответствующими технологическими операциями. Например, естественная сушка некоторых окрашенных деталей может быть заменена индукционной сушкой в поле токов высокой частоты со значительным (в 5-7 раз) ускорением процесса. Вместо естественного старения отливок ответственных деталей, длящегося 10-15 суток и более, во многих случаях может быть применено искусственное старение в термических печах в течение нескольких часов.

Время межоперационных перерывов может быть значительно уменьшено в результате перехода от последовательного к последовательно-параллельному и далее к параллельному виду движений предметов труда (см. пар. 5.2). Оно также может быть сокращено за счет организации цехов и участков предметной специализации. Обеспечивая территориальное сближение различных стадий производства, предметное строение цехов и участков позволяет значительно упростить внутризаводские и внутрицеховые маршруты движения и тем самым уменьшить время, затрачиваемое на межцеховые и внутрицеховые передачи.

Наконец, величина междусменных перерывов может быть снижена даже в рамках принятого режима работ предприятия, цеха, участка. Например, организация круглосуточной (трехсменной) работы по выпуску ведущих деталей к изделиям, имеющих длительный цикл обработки и определяющих продолжительность цикла изделия. Для вскрытия резервов сокращения производственного цикла (как трудовых процессов, так и перерывов) в практике прибегают к фотографии производственного цикла. Анализируя данные фотографии, можно выявить резервы сокращения продолжительности производственного цикла по каждому его элементу.

## *6.2. Расчет и анализ продолжительности производственного цикла простого процесса*

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

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

Существуют три вида движения партии деталей по операциям технологического процесса: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный. Сущность последовательного вида движения заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания изготовления всей партии деталей на предыдущей

операции. При этом передача с одной операции на другую осуществляется целыми партиями. Продолжительность операционного технологического Цикла обработки партии деталей определяется по формуле на основе графика рис. (5.2)

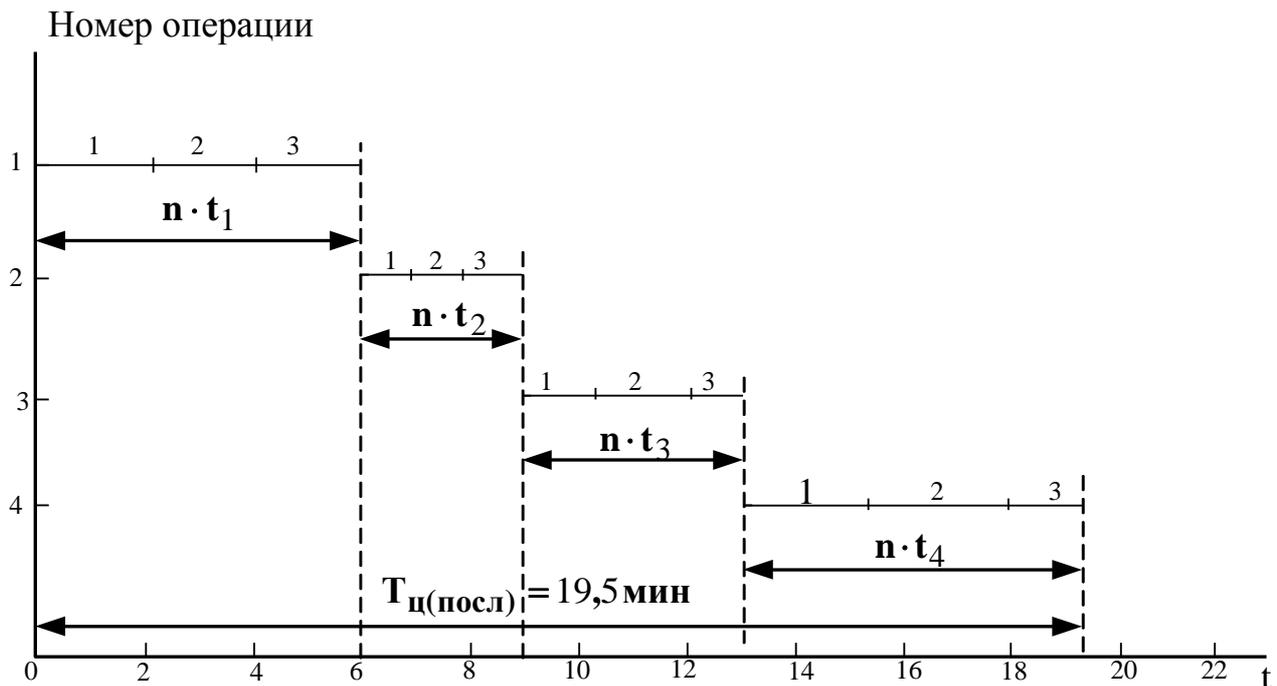


Рис. 5.2. График технологического цикла при последовательном движении деталей по операциям

$$T_{\text{ц(посл)}} = n \cdot t_1 + n \cdot t_2 + \dots + n \cdot t_m = n \sum_{i=1}^m t_i, \quad 5.1$$

- где  $n$  - число деталей в обрабатываемой партии, шт.;
- $t_i$  - штучное время на  $i$ -й операции, мин;
- $m$  - число операций в технологическом процессе. •

Если на одной или нескольких операциях обработка деталей ведется одновременно на нескольких рабочих местах (Спр), то продолжительность технологического цикла рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ц(посл)}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{сп}i}}. \quad (5.2)$$

**Пример.** Пусть имеем партию деталей  $n = 3$ , технологический процесс состоит из  $m = 4$  операций, продолжительность выполнения которых составляет  $t_1 = 2$ ;  $t_2 = 1$ ;  $t_3 = 1,5$ ;  $t_4 = 2$  мин. Все операции выполняются соответственно на одном рабочем месте.

Продолжительность цикла обработки партии деталей составляет

$$T_{\text{ц(посл)}} = 3 \cdot (2 + 1 + 1,5 + 2) = 19,5 \text{ мин}$$

Из рис. 5.2 следует, что технологический цикл обработки партии деталей при последовательном виде движений равен сумме операционных циклов ( $n \cdot t$ ).

Как видно из рисунка и приведенных выше формул, продолжительность технологического цикла пропорциональна размеру партии и времени выполнения операций. При этом имеют место существенные перерывы партионности. Это связано с тем, что каждая деталь партии, за исключением первой и последней, пролеживает на каждой операции дважды: перед началом обработки и после нее до окончания обработки последней детали в партии.

Общее время внутрипартионного пролеживания одной детали на всех операциях определяется по формуле

$$t_{\text{пр}} = (n - 1) \sum_{i=1}^m t_i = T_{\text{ц(посл)}} - t_{\text{обр}} \quad (5.3)$$

где  $t_{\text{обр}}$  - суммарное время обработки одной детали на всех операциях технологического процесса ( $2 + 1 + 1,5 + 2 = 6,5$  мин).

В данном примере

$$t_{\text{пр}} = 19,5 - 6,5 = 13 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии (для определения величины незавершенного производства) рассчитывается по формуле

$$T_{\text{пр}} = n \cdot t_{\text{пр}} = 3 \cdot 13 = 39 \text{ мин}$$

Производственный цикл всегда продолжительнее технологического цикла, так как кроме выполнения технологических операций в него включается время на выполнение контрольных и транспортных операций, время, затрачиваемое на естественные процессы, и время различных перерывов.

Однако на практике не все виды затрат времени из-за их незначительной величины учитываются при расчете продолжительности производственного цикла. Как правило, учитывают три основные его составляющие: продолжительность технологического цикла (с учетом перерывов партионности), время естественных процессов и время перерывов, не

перекрываемых технологическим циклом, т. е.

$$T_{\text{ц(посл)}}^{\text{пр}} = (n \sum_{i=1}^m t_1 + m \cdot t_{\text{МО}} + T_e) \frac{1}{R \cdot t_{\text{см}} \cdot S} \quad (5.4)$$

где  $t_{\text{МО}}$  - средняя продолжительность одного межоперационного перерыва (кроме перерывов партионности), мин;

$R$  - коэффициент перевода рабочих дней в календарные, равный отношению числа рабочих дней к числу календарных дней в году;

$t_{\text{см}}$  - продолжительность одной смены, мин;

$S$  - число смен в сутках.

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

Сущность последовательно-параллельного движения заключается в том, что на каждом рабочем месте работа ведется без перерывов, как при последовательном движении, но вместе с тем имеет место параллельная обработка одной и той же партии деталей на смежных операциях. Передача деталей с предыдущей операции на последующую производится не целыми партиями ( $л$ ), а поштучно или транспортными партиями ( $р$ ). Пусть имеется такая же партия деталей, что и при последовательном виде движения, а величина транспортной партии  $р = 1$ .

При построении графика данного вида движений деталей по операциям технологического Процесса (рис. 5.3) необходимо учитывать следующие виды сочетаний периодов выполнения смежных операций.

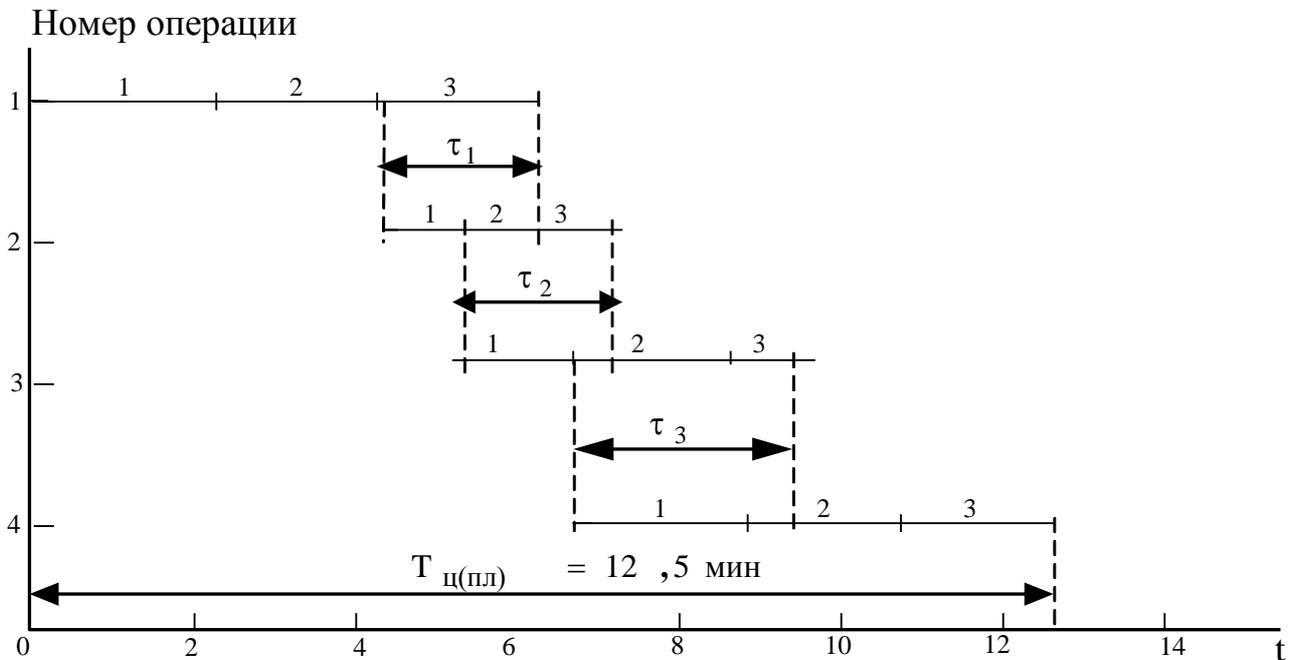


Рис. 5.3. График технологического цикла при последовательно-параллельном движении деталей по операциям.

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

2. Если продолжительность последующей операции меньше, чем предыдущей, то отсутствие простоев оборудования на последующей операции может быть обеспечено только после накопления перед ней известного запаса деталей, позволяющего эту операцию выполнять непрерывно (в примере  $t_2 < t_1$ ). Для того чтобы определить момент начала последующей операции, необходимо от точки, соответствующей окончанию предыдущей операции над всей партией ( $n$ ), отложить вправо отрезок, равный в принятом масштабе времени выполнения последующей операции ( $t_2$ ) над одной транспортной партией ( $p$ ), а влево - отрезок, равный продолжительности последующей операции над всеми предшествующими транспортными партиями.

3. Если продолжительность последующей операции больше, чем предыдущей (в нашем примере  $t_3 > t_2$  и  $t_4 > t_3$ ), то в этом случае транспортную партию ( $p$ ) можно передавать с предыдущей операции на последующую сразу же по окончании ее обработки.

Из рис. 5.3 видно, что продолжительность цикла изготовления партии деталей ( $n = 3$ ) на  $m = 4$  операциях технологического процесса при последовательно-параллельном движении меньше, чем при последовательном движении из-за наличия параллельности протекания каждой пары смежных операций на суммарное время совмещений  $t$ . Таких совмещений столько,

сколько операций в технологическом процессе за минусом единицы,

Время совмещения (параллельности) выполнения каждой пары смежных операций.

$$\tau = (n - p)t_{кр}, \quad (5.5)$$

где индекс при  $t_{кр}$  соответствует операциям с наименьшим временем их выполнения. Например, между первой и второй операциями  $t_{кр} = t_2$ , между второй и третьей операциями  $t_{кр} = t_2$ , между третьей и четвертой операциями  $t_{кр} = t_3$ .

Суммарное время совмещений по всему технологическому процессу рассчитывается по формуле

$$\sum_{i=1}^{m-1} (n - p) \cdot t_{кр} \quad \text{или} \quad (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{кр i}. \quad (5.6)$$

Тогда продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей при последовательно-параллельном движении можно определить по формуле

$$T_{ц(пл)} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{кр i} \quad (5.7)$$

Если на отдельных операциях обработка деталей ведется одновременно на нескольких рабочих местах ( $C, p$ ), то

$$T_{ц(пл)} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр i}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_{кр i}}{C_{пр i}}. \quad (5.8)$$

Подставив данные рассматриваемого примера, получим! продолжительность цикла обработки партии деталей при последовательно-параллельном виде движения

$$T_{ц(пл)} = 3(2 + 1 + 1,5 + 2) - (3 - 1)(1 + 1 + 1,5) = 12,5 \text{ мин.}$$

При такой организации производственный цикл изготовления партии деталей характеризуется тем, что, во-первых,! его, продолжительность меньше, чем при последовательном! виде движения; во-вторых, в нем отсутствуют перерывы в работе оборудования и рабочих; в-третьих, при этом виде |

движений общее время пролеживания деталей на операциях намного меньше, чем при последовательном виде движения

Время пролеживания одной детали на всех операциях технологического процесса определяется по формуле

$$t_{\text{пр}} = T_{\text{ц(пш)}} - t_{\text{обр}} \quad (5.9)$$

Для рассматриваемого примера

$$T_{\text{пр}} = 12,5 - 6,5 = 6 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии на всех операциях составляет

$$T_{\text{пр}} = n \cdot t_{\text{пр}} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ мин}$$

Продолжительность производственного цикла при последовательно-параллельном движении деталей по операциям рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ц(пш)}}^{\text{пр}} = \left[ n \sum_{i=1}^m t_i - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{кор}i} + m \cdot t_{\text{мо}} + T_e \right] \frac{1}{R \cdot t_{\text{см}} \cdot S} \quad (5.10)$$

Достоинством этого вида движения является отсутствие перерывов в работе рабочих и оборудования и значительное сокращение продолжительности технологического (производственного) цикла по сравнению с последовательным видом движения. Данный вид движения позволяет вести работу большими партиями и при большой трудоемкости изготовления деталей, благодаря чему он широко используется в серийном и крупносерийном производстве.

Сущность параллельного вида движений заключается в том, что детали с одной операции на другую передаются поштучно или транспортными партиями (р) немедленно после завершения обработки (независимо от времени выполнения смежных операций). При этом обработка деталей по всем операциям осуществляется непрерывно и пролеживание деталей исключено. Это значительно сокращает продолжительность технологического цикла и, следовательно, производственного.

Пусть имеется такая же партия деталей, что и при последовательном и последовательно-параллельном видах движения, и величина транспортной партии  $p = 1$ .

При построении графика параллельного движения партии деталей по операциям (рис. 5.4) необходимо учитывать следующие правила:

1. Сначала строится технологический цикл для первой транспортной

партии по всем операциям без пролеживания между ними.

2. На операции с самой большой продолжительностью строится операционный цикл обработки деталей по всей партии (п) без перерывов в работе оборудования.

3. Для всех остальных транспортных партий достраиваются операционные циклы.

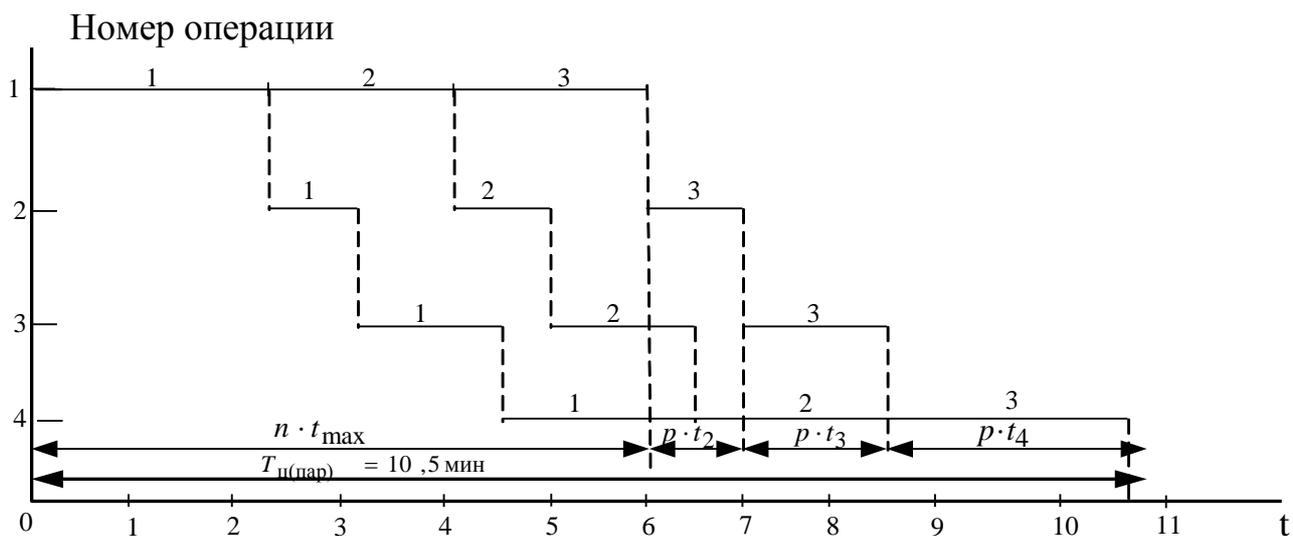


Рис. 5.4. График технологического цикла при параллельном движении деталей по операциям

Из рис. 5.4 видно, что продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей ( $n = 3$ ) на  $m = 4$  операциях и при передаче их транспортными партиями ( $p = 1$ ) определяется по формуле

$$T_{ц(пар)} = n \cdot t_{\max} + \sum_{i=1}^m p \cdot t_i - p \cdot t_{\max} \cdot \quad (5.11)$$

или

$$T_{ц(пар)} = (n - p) \cdot t_{\max} + p \sum_{i=1}^m t_i. \quad (5.12)$$

Если на отдельных операциях работа выполняется одновременно на нескольких рабочих местах ( $C_{пр}$ ), то формула принимает следующий вид:

$$T_{ц(пар)} = (n - p) \cdot \frac{t_{max}}{C_{пр}} + p \sum \frac{t_i}{C_{пр i}}. \quad (5.13)$$

Подставив данные из приведенного выше примера ( $n = 3, m = 4, p = 1$ ) в полученную формулу, определим продолжительность технологического процесса:

$$T_{ц(пар)} = (3 - 1) \cdot 2 + 1 \cdot (2 + 1 + 1,5 + 2) = 10,5 \text{ мин.}$$

Из графика и расчета видно, что технологический цикл изготовления партии деталей при данном виде движения является самым коротким по сравнению с другими видами движения. Вместе с тем на всех операциях, кроме операции максимальной по продолжительности, работа осуществляется с перерывами в работе оборудования. Исключение составляет случай, когда периоды выполнения операций технологического процесса равны либо кратны, т. е. синхронны. Этот вариант называется поточным видом движения, который применяется при организации непрерывно-поточных линий.

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

$$t_{пр} = T_{ц(пар)} - t_{обр}. \quad (5.14)$$

Для рассматриваемого примера

$$t_{пр} = 10,5 - 6,5 = 4 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии

$$T_{пр} = n \cdot t_{пр} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мин.}$$

Продолжительность производственного цикла при параллельном виде движения деталей по операциям технологического процесса определяется по формуле

$$T_{ц(пар)}^{пр} = \left[ (n-p) \cdot t_{max} + p \sum_{i=1}^m t_i + m \cdot t_{мо} + T_e \right] \frac{1}{R \cdot t_{см} \cdot S}. \quad (5.15)$$

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

### 5.3. Расчет и анализ продолжительности производственного цикла сложного процесса

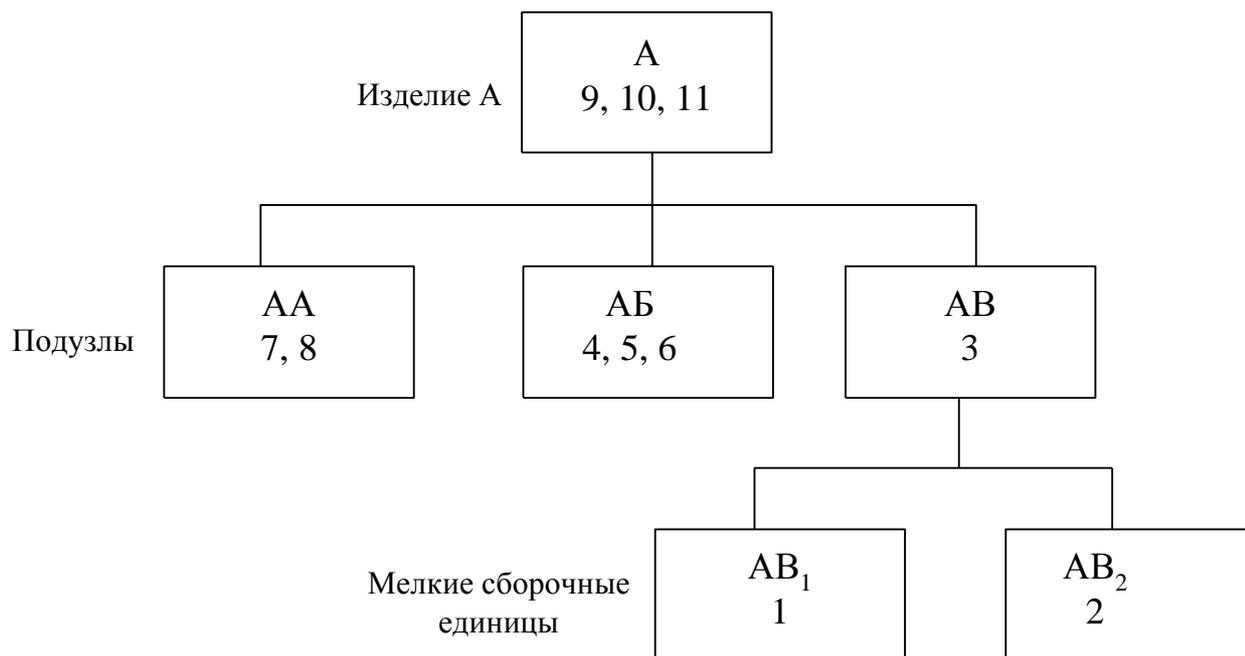
Производственный цикл сложного (сборочного) процесса! представляет собой общую продолжительность комплекса координированных во времени простых процессов, входящие в сложный процесс изготовления изделия или его партий. 'J

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

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

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

Структура производственного цикла сложного процесса определяется составом операций и связей между ними. Состав операций зависит от номенклатуры деталей, сборочных единиц и технологических процессов их изготовления. Взаимосвязь операций и процессов обуславливается верной схемой сборки изделия и технологией его изготовления. Предположим, что необходимо рассчитать продолжительность производственного цикла сборки изделия "А" (рис. 5.5).



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

Нормы времени выполнения операций по сборке изделия "А" приведены в табл. 5.1 (графы 6-8 заполняются по ходу расчета).

Месячная программа выпуска  $N_B = 700$  шт. Число рабочих дней в месяце  $D_p = 21$ , режим работы участка  $K_{CM} = 2$  смены. Потери рабочего времени на плановые ремонты  $A_p = 2\%$  номинального фонда времени.

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

Таблица 5.1

## Технологический процесс сборки изделия "А"

Условные обозначения сборочных единиц	Номер операции (i)	Штучное время на операцию ( $t_i$ ), мин	Подготовительно-заключительное время (т.з.з.) мин	Подача сборочной единицы к операции	Размер партии изделий (Nн), шт.	Длительность операционного цикла партии изделий, ч	Длительность операционного цикла партии по сборочной единице, ч
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
AB <sub>1</sub> ,	1	7,0	20	3	100	12	12
AB <sub>2</sub>	2	16,5	30	3	100	28	28
AB	3	4,7	10	11	100	8	8
AB	4	15,9	30	5	100	27	
	5	12,4	20	6	100	21	56
	6	4,7	10	10	100	8	
AA	7	7,0	20	8	100	12	40
	8	16,6	20	9	100	28	
A	9	11,3	10	11	100	19	
	10	7,6	20	11	100	13	48
	11	9,5	10	-	100	16	
ИТОГО		113,2	200	-	-	192	192

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

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

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

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

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

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

Определение оптимального размера партии изделий является одним из важнейших календарно-плановых нормативов при организации серийного производства, так как все остальные календарно-плановые нормативы устанавливаются на партию предметов труда.

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

$$N_{\min} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \sum_{i=1}^m t_{n.zi}}{\alpha_{об} \sum_{i=1}^m t_i}. \quad (5.16)$$

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

Применительно к рассматриваемому примеру получим

$$N_{\min} = \frac{(100 - 2) \cdot 200}{2 \cdot 113,2} = 86 \text{ шт}, \quad N_{\max} = N_B = 700 \text{ шт}$$

Таким образом, в результате проведенных расчетов устанавливаем пределы нормального размера партии изделий:

$$N_{\min} \leq N_H \leq N_{\max}.$$

Предельные размеры партии изделий корректируются исходя из минимального размера. Корректировка начинается с установления удобопланируемого ритма ( $R_p$ ) - периода чередования партий изделий. Если в месяце 20 рабочих дней, то удобопланируемыми ритмами будут 20, 10, 5, 4, 2 и 1; если в месяце 21 день, то такими ритмами будут 21, 7, 3 и 1; если 22 дня, то 22, 11, 2 и 1.

Период чередования партий изделий рассчитывается по формуле

$$R_p = \frac{D_p \cdot N_{\min}}{N_B}, \quad (5.17)$$

где  $D_p$  - число рабочих дней в месяце.

Исходя изданных приведенного выше примера, этот период составит

$$R_p = \frac{21 \cdot 86}{700} = 2,58 \text{ дня.}$$

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

Из удобопланируемых ритмов 21, 7, 3 и 1 выбираем ближайшее значение  $Y_{\text{пр}} = 3$  дня.

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

$$N_H = R_{\text{пр}} \cdot \frac{N_B}{D_p} = 3 \cdot \frac{700}{21} = 100 \text{ шт.} \quad (5.18)$$

Выполняется условие  $86 < 100 < 700$ . Нормальный размер партии изделий должен быть кратным месячной программе выпуска (запуска) изделий. Число партий в месяц ( $X$ ) определяем по формуле

$$X = N_B : N_H = 700 : 100 = 7 \text{ партий.} \quad (5.19)$$

Результат расчета оптимального размера партии изделий заносим в гр. 6 табл. 5.1.

Продолжительность операционного цикла партии изделий по каждой

операции ( $t_{псi}$ ) рассчитывается по формуле

$$t_{псi} = \frac{t_i \cdot N_H + t_{п.з.i}}{60}. \quad (5.20)$$

Для сборочной единицы АВ

$$t_{пс1} = \frac{7 \cdot 100 + 20}{60} = 12 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим операциям и результаты вписываем в гр. 7 табл. 5.1.

Продолжительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам определяется по формуле

$$t_{с.ед} = \sum_{i=1}^k t_{псi}, \quad (5.21)$$

где  $k$  - число операций, входящих в сборочную единицу. Для сборочной единицы АВ

$$t_{с.ед} = 27 + 21 + 8 = 56 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим сборочным единицам и результаты вписываем в гр. 8 табл. 5.1.

Необходимое число рабочих мест для сборки изделий рассчитывается по формуле

$$C_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{псi}}{R_{пр}}. \quad (5.22)$$

По рассматриваемому примеру:

$$C_{пр} = \frac{192}{3 \cdot 2 \cdot 8} = 4 \text{ места.}$$

Необходимое количество рабочих определяется по формуле

$$Ч_{сп} = C_{пр} \cdot K_{см} \cdot K_{сп},$$

где  $K_{сп}$  - коэффициент, учитывающий списочную численность (можно принять

$$K_{СП} = 1,1)$$

Для рассматриваемого примера:

$$Ч_{СП} = 4 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9 \text{ чел.}$$

### Построение циклового графика сборки изделия "А"

без учета загрузки рабочих мест ведется на основе веерной схемы сборки (см. рис. 5.5) и продолжительности циклов сборки каждой  $i$ -й операции и каждой сборочной единицы (см. табл. 5.1, гр. 7 и 8). Как правило, такой график строится в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с последней операции (рис. 5.6, а), с учетом того, к какой операции поставляются сборочные единицы. Продолжительность цикла этого графика будет минимальной. Однако условия производства и ограниченные ресурсы требуют выполнения определенных работ последовательно, на одном и том же рабочем месте, стенде все это приводит к изменению циклового графика и, как правило, к смещению запуска на более ранние сроки и, как следствие, к увеличению продолжительности цикла.

Для достижения равномерности загрузки рабочих мест и рабочих-сборщиков необходимо закрепить операции за рабочими местами. С этой целью на каждое рабочее место набирается объем работ, продолжительность операционного цикла которых не должна превышать пропускную способность рабочих мест на протяжении принятого периода чередования (табл. 5.2).

**Таблица 5.2**

### Закрепление операций за рабочими местами

Номер рабочего места	Номер операции, закрепленной за рабочим местом	Условное обозначение сборочной единицы	Суммарная продолжительность операционного цикла, ч	Пропускная способность рабочего места за $R_{пр}=48\text{ч}$	Коэффициент загрузки рабочего места
4	9, 10, 11	А	48	48	1
3	6, 7, 8	АА, АБ	48	48	1
2	4, 5	АБ	48	48	1
1	1, 2, 3	АВ, АВ <sub>1</sub> , АВ <sub>2</sub>	48	48	1

**Построение стандарт-плана сборки изделия "А"** (циклового графика с учетом загрузки рабочих мест). График строится на основе графика без учета загрузки рабочих мест (см. рис. 5.6, а) и данных табл. 5.2. При этом периоды выполнения циклов отдельных операций графика должны были проецироваться на соответствующие рабочие места на графике (рис. 5.6, б). В этом случае сохраняется продолжительность производственного цикла на графике (см. рис.

5.6, а), построенном без учета загрузки рабочих мест. Однако не всегда удается это осуществить. В рассматриваемом примере сдвинуты сроки начала выполнения операций 4, 5, 6,1. Сдвиг работ на более раннее начало повлек за собой увеличение продолжительности производственного цикла и появилось пролеживание сборочных единиц. На этом же графике (см. рис. 5.6, б) необходимо привести производство второй, третьей и последующих партий изделий до тех пор, пока не заполнится полностью один период чередования партий изделий. Заполненный период чередования и представляет собой стандарт-план, так как именно здесь показаны стандартные, повторяющиеся сроки проведения отдельных операций сборки каждым рабочим-сборщиком.

**Построение уточненного циклового графика сборки изделия "А" и определение фактической продолжительности производственного цикла,** которая обычно немного больше минимальной, так как выполнение некоторых операций сдвинуто на более ранние сроки.

Уточненный график сборки изделий "А" (рис. 5.6, в) строится на основе графиков, приведенных на рис. 5.6, а и б, и по этому графику определяется фактическая продолжительность производственного цикла сборки партии изделий.

В рассматриваемом Примере эта величина составляет 96 ч. Волнистые линии на рис. 5.6, в показывают время смещения запуска соответствующих сборочных единиц АВ и АВ<sub>1</sub>.

Важным календарно-плановым нормативом является опережение запуска-выпуска сборочных единиц изделия "А". Расчет этого норматива ведется непосредственно на самих графиках в третьей и четвертой колонках на рис. 5.6, а и 8. В связи с необходимостью смещения запуска сборочных единиц АВ и АВ<sub>1</sub> на более ранние сроки (см. рис. 5.6, в) изменилось и опережение запуска-выпуска этих сборочных единиц, а продолжительность производственного цикла на 8 ч больше, чем на первоначальном графике.

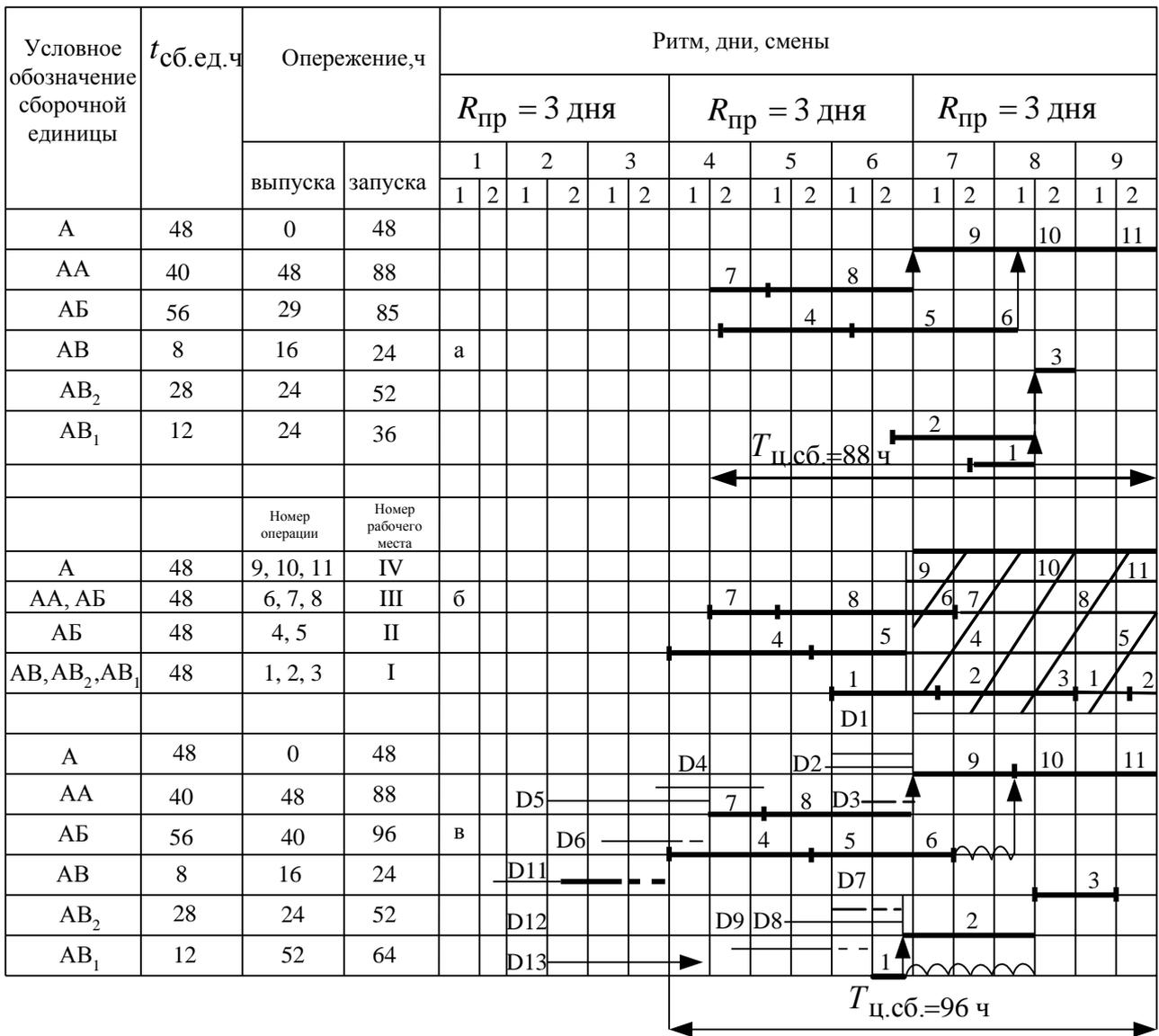


Рис.5.6. Цикловой график сборки изделия «А»

Если к цикловому графику сборки пристроить графики! заготовки и обработки деталей (см. рис. 5.6, в), то можно получить график изготовления изделия "А".

## *Лекция 10*

# **ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РИТМИЧНОЙ РАБОТЫ НА ПРИМЕРЕ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### *6.1. Производственная структура предприятия*

В соответствии с рассмотренным выше содержанием производственного процесса как совокупности основных, вспомогательных и обслуживающих процессов производственного назначения на любом машиностроительном (радиоэлектронного приборостроения) заводе различаются основные, вспомогательные и побочные цехи и обслуживающие хозяйства. Их состав, а также формы производственных связей между ними принято называть *производственной структурой предприятия (рис. 6.1)*.

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

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

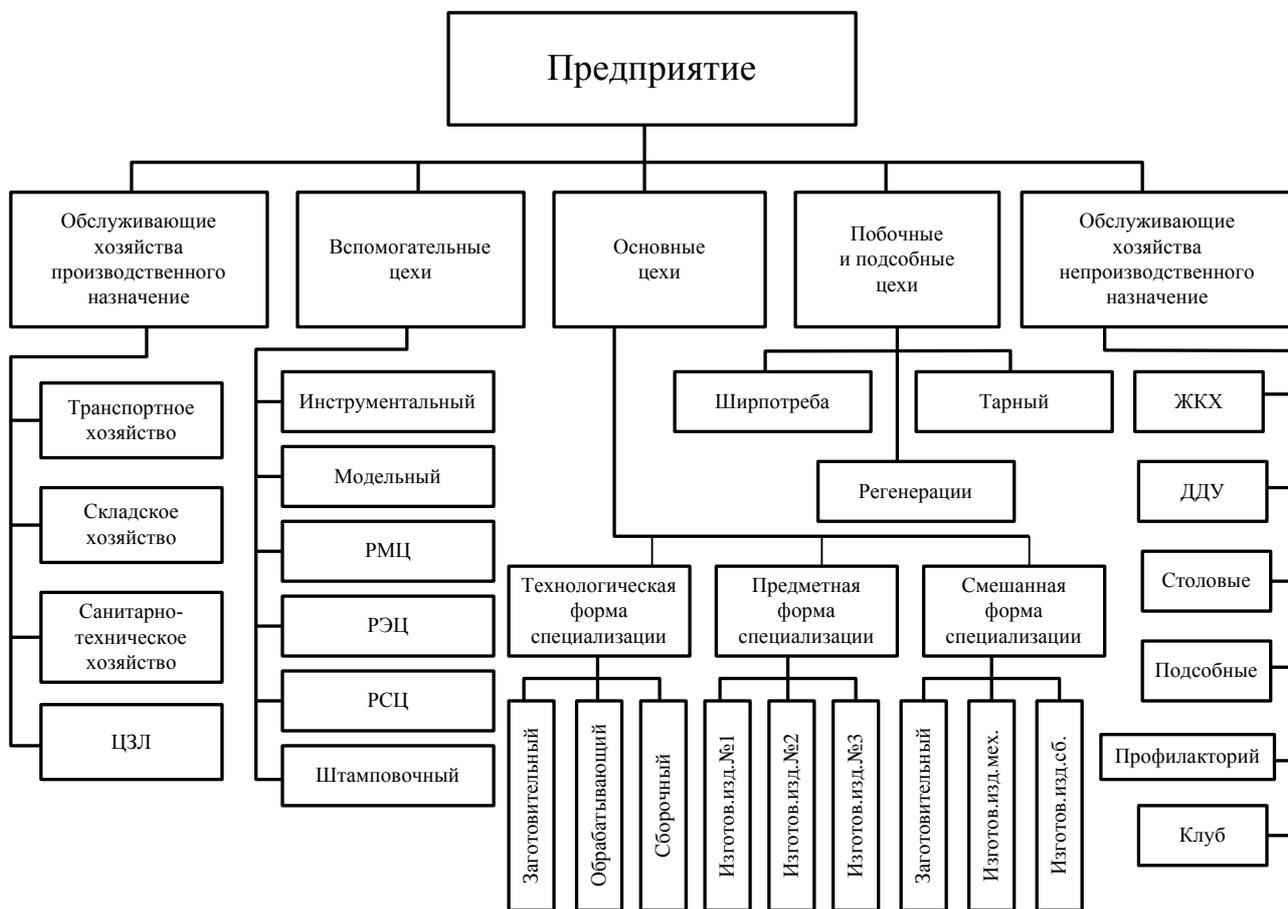


Рис. 6.1. Общая структура предприятия

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

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

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

К обслуживающим хозяйствам производственного назначения относятся: складское хозяйство, включающее различные заводские склады и кладовые; транспортное хозяйство, в состав которого входят депо, гараж, ремонтные

мастерские и необходимые транспортные и погрузочно-разгрузочные средства; санитарно-техническое хозяйство, объединяющее водопроводные, канализационные, вентиляционные и отопительные устройства; центральная заводская лаборатория, состоящая из лабораторий механической, металлографической, химической, пирометрической, рентгеновской и др. Все они выполняют работу по обслуживанию основных, вспомогательных и побочных цехов.

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

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

Конструктивные особенности производимой продукции и технологические методы ее изготовления во многом определяют состав и характер производственных процессов, видовой состав технологического оборудования, профессиональный состав рабочих, что в свою очередь обуславливает состав цехов и других производственных подразделений, а следовательно, и производственную структуру предприятия.

Объем выпуска продукции влияет на дифференциацию производственной структуры; на сложность внутривозвращенных связей между цехами. Чем больше объем выпуска продукции, тем, как правило, крупнее цехи предприятия и тем уже их специализация. Так, на крупных предприятиях в пределах каждой стадии производства может быть создано по несколько цехов.

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

Формы специализации производственных подразделений определяют конкретный состав технологически и предметно

специализированных цехов, участков предприятия, их размещение и производственные связи между ними, что является важнейшим фактором

формирования производственной структуры.

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

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

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

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

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

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

## *6.2. Формы специализации основных цехов предприятия*

Формы специализаций основных цехов предприятий технического сервиса (радиоэлектронного приборостроения) зависят от стадий, в которых происходят производственные процессы, а именно: заготовительной,

обрабатывающей и сборочной. Соответственно специализация принимает следующие формы: технологическую, предметную или предметно-технологическую.

При *технологической форме специализации* в цехах выполняется определенная часть технологического процесса, состоящая из нескольких однотипных операций при весьма широкой номенклатуре обрабатываемых деталей. При этом в цехах устанавливается однотипное оборудование, а иногда даже близкое по габаритам. Примером цехов технологической специализации могут служить литейные, кузнечные, термические, гальванические и др.; среди механообрабатывающих цехов - токарные, фрезерные, шлифовальные и др. В таких цехах, как правило, изготавливается вся номенклатура заготовок или деталей, либо если это сборочный цех, то в нем собираются все изделия, выпускаемые заводом (рис. 6.2).

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

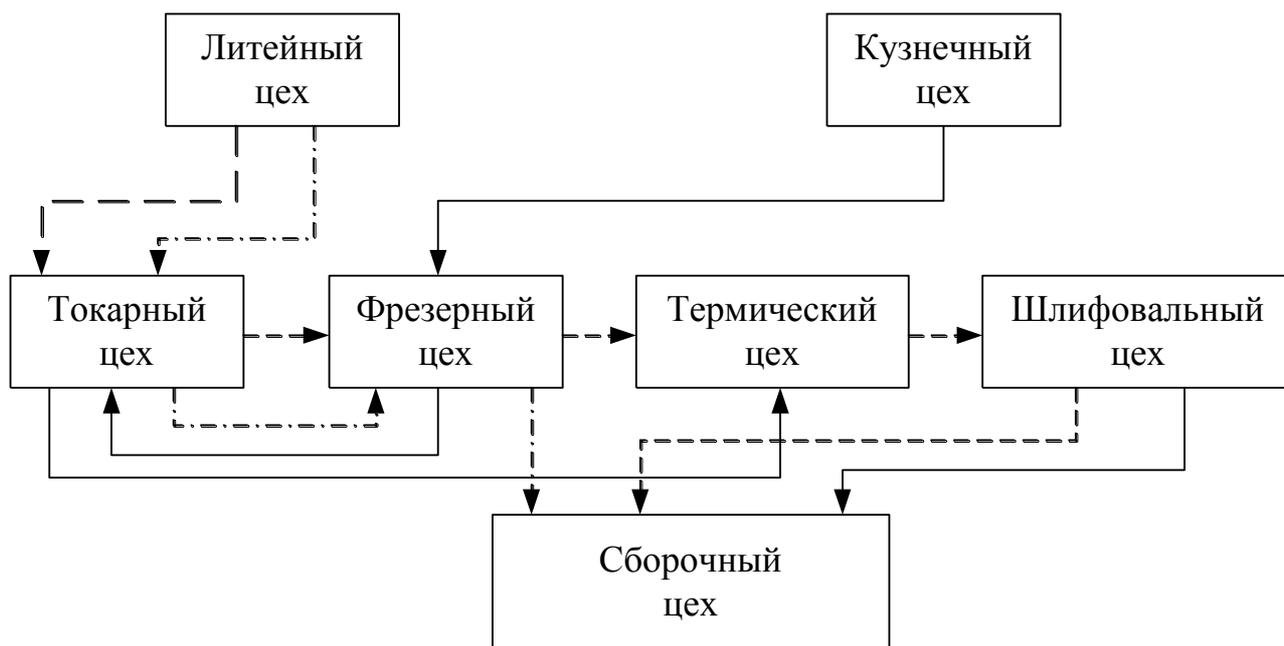


Рис. 6.2. Схема формирования цехов по технологическому принципу специализации

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

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

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

*Предметная форма специализации* цехов характерна для заводов узкой предметной специализации. В цехах полностью изготавливаются закрепленные за ними детали или изделия узкой номенклатуры, например одно изделие, несколько однородных изделий или конструктивно-технологически однородных деталей (рис. 6.3).

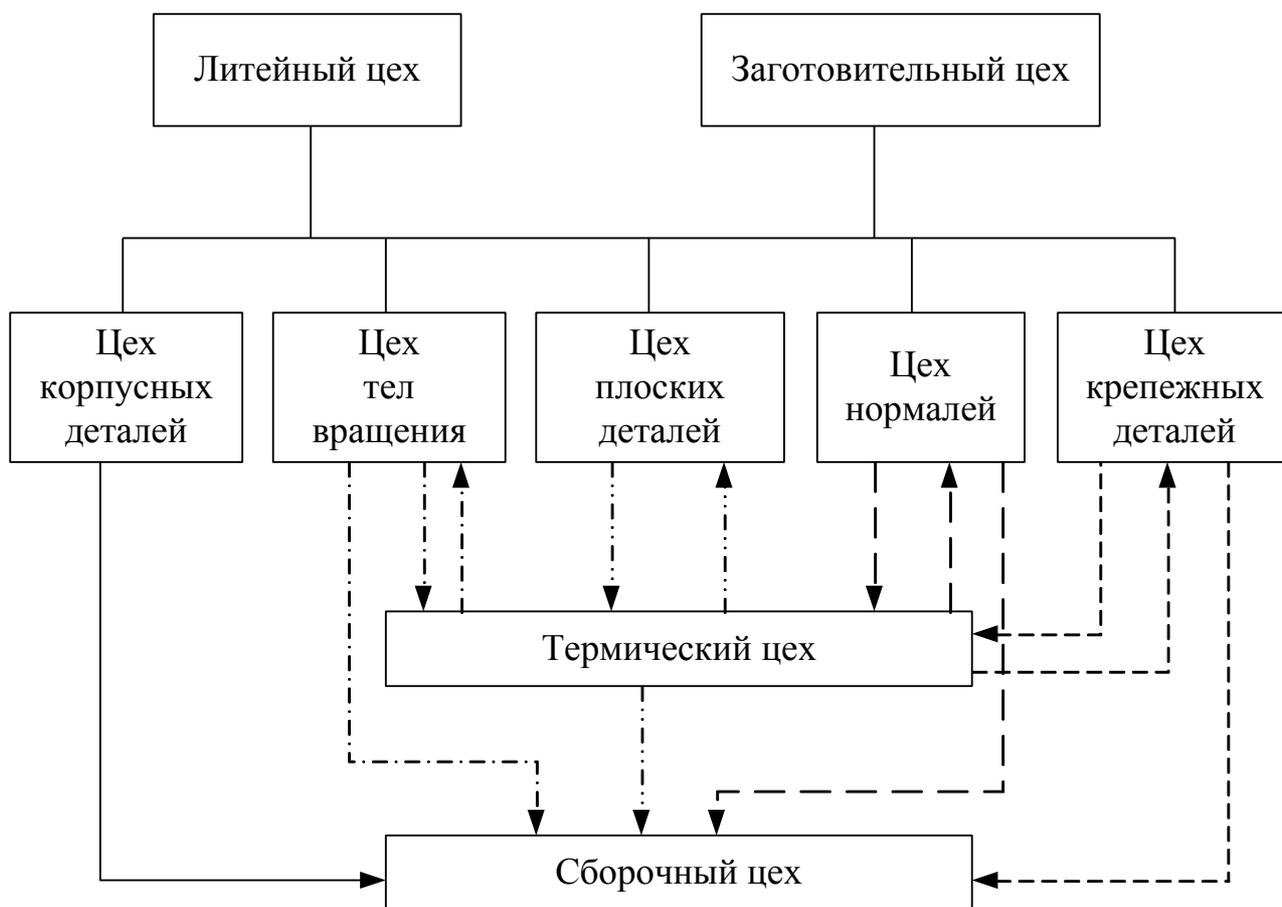


Рис. 6.3. Схема формирования цехов по предметному принципу специализации

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

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

созданию условий, благоприятных для внедрения поточных методов производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

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

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

Создание цехов, специализированных на выпуске ограниченной номенклатуры предметов труда, целесообразно лишь при больших объемах их выпуска. Только в этом случае загрузка оборудования будет достаточно полной, а переналадка оборудования, связанная с переходом на выпуск другого объекта, не будет вызывать больших потерь времени. В цехах создается возможность осуществлять замкнутый (законченный) цикл производства продукции. Такие цехи получили название предметно-замкнутые. В них иногда совмещаются заготовительная и обрабатывающая или обрабатывающая и сборочная стадии (например, механосборочный цех).

Технологическая и предметная формы специализации в чистом виде используются довольно редко. Чаще всего на многих предприятиях технического сервиса (радиоэлектронного приборостроения) применяют смешанную (предметно-технологическую) специализацию, при которой заготовительные цехи строятся по технологической форме, а обрабатывающие и сборочные цехи объединяются в предметно-замкнутые цехи или участки.

### *6.3. Производственная структура основных цехов предприятия*

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

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

*Рабочее место*, являющееся первичным структурным элементом участка, - закрепленная за одним рабочим или бригадой рабочих часть

производственной площади с находящимися на ней орудиями и другими средствами труда, в том числе инструментами, приспособлениями, подъемно-транспортным и иными устройствами соответственно характеру работ, выполняемых на данном рабочем месте.

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

При технологической специализации участки оснащаются однородным оборудованием (групповое расположение станков)

для выполнения определенных операций технологического процесса. Так, механический цех может включать токарный, фрезерный, револьверный, сверлильный и другие участки.

Преимущества и недостатки технологической формы специализации участков такие же, как при формировании цехов в соответствии с этой формой специализации.

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

- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно и технологически однородных деталей (например, участки шлицевых валиков, пинолей, втулок, фланцев, шестерен и т.п.);

- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно разнородных деталей, весь технологический процесс изготовления которых состоит, однако, из однородных операций и одинакового технологического маршрута (например, участок круглых деталей, участок плоских деталей и т. п.);

- предметно-замкнутые участки по производству всех деталей узла, подузла мелкой сборочной единицы или всего изделия (применяется некомплектная система оперативного планирования, в которой за планово-учетную единицу принимается узловый комплект).

Организация предметно-замкнутых участков обуславливает почти полное отсутствие производственных связей между участками, обеспечивает экономическую целесообразность использования высокопроизводительного специализированного оборудования и технологической оснастки, позволяет получать минимальную продолжительность производственного цикла изготовления деталей, упрощает управление производством внутри цеха. Другие преимущества и недостатки предметной формы специализации участков аналогичны преимуществам и недостаткам при формировании цехов по этой форме специализации.

В цехах предметной специализации могут быть созданы участки как

предметной, так и технологической специализации, а в цехах технологической специализации - участки технологические, сформированные по группам оборудования и габаритам изделий.

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

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

## *Лекция 11*

# **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### *7.1. Методы организации непоточного производства*

Под методом организации производства понимаются способы сочетания организации производственного процесса во времени и в пространстве.

Организация производственного процесса во времени определяется степенью прерывности его. Прерывность зависит от вида продукции и технологии ее изготовления. Вся продукция, изготавливаемая на предприятиях, может быть разделена на два вида: дискретную и неделимую.

К дискретному виду откосится продукция, состоящая из различных частей, например машины, приборы, приемники, телевизоры, ЭВМ и другие изделия.

Неделимую продукцию нельзя разделить на части или компоненты. К ней относятся жидкие химические вещества, металлы и сплавы металлов, лаки, краски и другие виды продукции. |

Для производства дискретной продукции могут быть применены прерывные (дискретные) технологические процессы и полунепрерывные технологические (производственные) процессы, а для производства неделимой продукции применяются только непрерывные технологические процессы.

В полунепрерывных производственных процессах одна часть производства выполняется непрерывно, а другая – с перерывами. Например, в процессе изготовления определенной детали такие операции, как плавка металла, заливка форм и остывание форм выполняются непрерывно, т. е. одна за другой, а остальные операции - с перерывами (токарная, фрезерная, шлифовальная и т. д.).

Вся продукция, изготавливаемая на предприятиях технического сервиса и радиоэлектронного приборостроения, относится к дискретному виду.

Организация производственного процесса в пространстве определяется расположением (планировкой) оборудования (рабочих мест), участков и цехов и зависит от вида продукции ее количества и технологии изготовления.

В прерывных производственных процессах оборудование (рабочие места) могут располагаться по однородным технологическим группам (технологическая форма специализации) или по разнородным группам для обработки однородных по конструкции и размерам деталей (предметная форма специализации).

Для производства дискретной продукции в условиях непрерывного производственного процесса оборудование (рабочие места) располагается по ходу технологического процесса обработки деталей (сборки сборочных единиц и изделий). Такие методы организации производства относятся к поточным, все остальные - к непоточным. На выбор методов организации поточного или непоточного производства влияют различные факторы, к ним относятся:

- размеры и масса изделия; чем крупнее изделие и больше масса, тем труднее организовать поточное производство;
- количество изделий, подлежащих выпуску за определенный период времени (год, квартал, месяц, сутки); при выпуске небольшого количества изделий, как правило, нецелесообразно организовывать поточное производство (слишком большие капитальные затраты);
- периодичность выпуска изделий, т. е. они могут выпускаться регулярно и нерегулярно; при регулярном (ритмичном) выпуске, например, по 20 изделий ежемесячно, целесообразно организовать поточное производство, а если регулярность неопределенная или через различные периоды времени и в разных количествах, то приходится использовать непоточные методы организации производства;
- точность и шероховатость поверхности деталей; при высокой точности и малой шероховатости следует применять непоточные методы.

Непоточное производство может быть специализировано в следующих формах: технологической, предметной и смешанной.

## *7.2. Технологическая и предметная формы специализации*

Технологическая форма специализации характеризуется созданием цехов и участков, на которых оборудование (рабочие места) специализированы по признаку их технологической однородности и размеров. Например, в кузнечно-штамповочном цехе могут быть созданы участки, оснащенные только крупными, средними или мелкими молотами и прессами; в литейных цехах могут создаваться участки кокильного литья и литья в оболочковые формы, участки чугунного, стального или цветного литья, участки ручной или машинной формовки; в механообрабатывающих цехах могут быть участки, созданные по видам металлорежущих станков, которые разделяются еще на группы крупных, средних и малых станков (токарных, фрезерных, сверлильных и др.); в сборочных цехах могут быть выделены слесарно-сборочные участки по видам собираемых узлов, подузлов, блоков и других сборочных единиц. Следует отметить, что не все технологически специализированные участки могут быть самостоятельными административно-обособленными единицами. Одному начальнику участка (старшему! мастеру) может подчиняться несколько родственных участков в зависимости от их размеров (числа единиц оборудования и количества рабочих) а технологических участках (при групповом расположении оборудования) партии деталей могут обрабатываться од-, повременно на нескольких единицах оборудования (станках-дублерах). В этом случае может быть организовано многостаночное обслуживание, при котором значительно сокращается продолжительность производственного цикла обработки партии деталей, снижается себестоимость их обработки.

При предметной форме специализации создаются производственные цехи и участки, специализированные по предметам. Они могут быть предметно-замкнутыми (ПЗУ) и предметно-групповыми (ЛГУ),

На предметно-замкнутых участках (в технологическом отношении) должны выполняться, как правило, все (от первой до последней) операции, необходимые для обработки деталей или сборки сборочной единицы.

Поскольку полностью замкнуть процесс изготовления детали на одном участке (в цехе) в некоторых случаях по ряду причин не представляется возможным, допускается некоторая кооперация с участками данного цеха или других цехов.

Предметно-замкнутые участки не всегда являются административно-производственными единицами. Иногда несколько таких участков объединяются в один административно-производственный участок.

Номенклатура деталей, обрабатываемых на ПЗУ, значительно меньше, чем на любом технологическом участке. Вся номенклатура деталей, закрепляемая за цехом, при предметной | форме специализации разбивается по нескольким участкам, на каждом из которых обрабатывается только эта часть (несколько или одна номенклатурная единица). В связи с этим в основе организации ПЗУ заложена классификация деталей и сборочных единиц по определенным признакам и закрепление каждой классификационной группы деталей за определенной группой рабочих мест. |

В результате классификации деталей создаются горизонтальные и

вертикальные ряды классификации. В горизонтальные ряды объединяются детали по ряду признаков (конструктивно-технологические, планово-организационные). Эти ступени деления образуют классификационные подразделения: классы, подклассы, типы, группы и т. д. Вертикальные ряды представляют собой совокупность некоторых классификационных подразделений различных видов. К числу основных признаков, по которым создаются эти ряды, как правило, относятся: 1) вид заготовки; 2) габаритные размеры (масса) деталей; 3) конструктивный тип деталей; 4) основной технологический маршрут обработки.

По первому признаку детали делятся на классы. Например, детали изготавливают из поковок, штамповок; стального, чугунного, цветного литья; катаного круглого, полосового, листового материала.

По второму признаку детали каждого класса подразделяются на подклассы крупных, средних и мелких деталей.

По третьему признаку детали каждого подкласса подразделяются на группы по конструктивным характеристикам: валы, втулки, шестерни, винты, плиты и т. д.

По четвертому признаку каждая группа деталей разбивается на типы по сложности и трудности операции и по технологическим маршрутам, например детали с обработкой на токарных, фрезерных и сверлильных станках (т-ф-с), токарных, расточных и шлифовальных станках (т-р-ш).

### *7.3. Особенности организации предметно-замкнутых участков*

Как отмечалось выше, на предметно-замкнутых участках производится полная обработка деталей (или почти полная, без отдельных операций), в результате которой получается законченная продукция.

На практике различают следующие разновидности предметно-замкнутых участков обработки деталей:

1) участки с одинаковыми или однородными технологическими процессами или маршрутами движения (например, обработка корпусов одного типа, но разных размеров);

2) участки разнообразных деталей, сходных по конфигурации и операциям обработки (например, детали плоские, детали типа тел вращения и др.);

3) участки деталей, сходных по габаритам и операциям обработки (например, детали крупные, мелкие и т. д.);

4) участки деталей из материалов и заготовок определенного вида (ковок, штамповок, сплавов, пластмасс, керамики и т. д.).

Для организации работы таких участков необходимо рассчитывать следующие календарно-плановые нормативы: размер партии деталей конкретного наименования; периодичность (ритмичность) чередования партии деталей этого наименования; число партий по каждому наименованию

деталей; количество единиц оборудования по каждой операции производственного процесса и коэффициент его загрузки; кооперационно-подетальный стандарт-план; продолжительность производственного цикла обработки партии деталей каждого наименования; нормативы заделов и незавершенного производства.

В основу расчета календарно-плановых нормативов закладываются: программа выпуска (запуска) деталей каждого наименования на плановый период; технологический процесс и нор

мы времени обработки деталей каждого наименования по конкретной операции; нормы подготовительно-заключительного времени на каждую операцию по каждому наименованию детали; допустимые потери рабочего времени на переналадку и плановые ремонты оборудования; число рабочих дней в плановом периоде, продолжительность рабочей смены и режим работы.

**Пример.** Предположим, что на ПЗУ обрабатываются три вида деталей: А, Б и В. Технологический процесс, нормы штучного времени, нормы подготовительно-заключительного времени и время на переналадку оборудования приведены в табл. 7.1.

Месячная программа выпуска:  $N_A = 1400$  шт.  $N_B = 2100$  шт.;  $N_V = 1750$  шт.

Число рабочих дней в месяце  $D_p = 21$  день. Режим работы ПЗУ - двухсменный.

Потери времени на подналадку оборудования  $\alpha_{об} = 2\%$  номинального фонда времени.

Расчет размера партии деталей каждого наименования.

Величина партии деталей зависит от многих экономических и организационно-производственных факторов, поэтому нормальный (оптимальный) размер партии по каждому наименованию деталей определяется, как правило, в два этапа.

Таблица 7.1

**Нормы времени на выполнение операций, подготовительно-заключительное время и нормы времени на переналадку оборудования**

Операция	Нормы времени по деталям, мин								
	А			Б			В		
	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$
Токарная	3,53	15	20	3,95	15	20	2,82	15	20
Фрезерная	2,33	15	20	4,75	15	20	3,78	15	20
Шлифовальная	5,95	10	20	5,57	10	20	7,64	10	20
Итого ( $T_{то}$ )	11,81	40	60	14,27	40	60	14,24	40	60

На первом этапе устанавливается расчетная (минимальная) величина

размера партии деталей J-го наименования ( $n_{\min j}$ ) по формуле

$$n_{\min.j} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \cdot \sum_{i=1}^m t_{п.з.з.}}{\alpha_{об} \cdot \sum_{i=1}^m t_{ij}} \quad (7.1)$$

где  $\alpha_{об}$  - допустимый процент потерь времени на переналадку оборудования;  
 $t_{п.з.з.}$  - подготовительно-заключительное время на  $i$ -й операции  $j$ -го наименования изделия, мин;  
 $t_{ij}$  - норма штучного времени на  $i$ -й операции  $j$ -го наименования изделия, мин;  
 $m$  - число операций  $j$ -го наименования изделий.

Для данного примера

$$n_{\min.A} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 11,81} = 166 \text{ шт.}; \quad n_{\min.B} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 14,27} = 137 \text{ шт.};$$

$$n_{\min.B} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 4,24} = 138 \text{ шт.}$$

За максимальный размер партии деталей  $j$ -го наименования может быть принята месячная программа выпуска. В рассматриваемом примере

$$n_{\max.A} = N_A = 1400 \text{ шт.}; \quad n_{\max.B} = N_B = 2100 \text{ шт.};$$

$$n_{\max.B} = N_B = 1750 \text{ шт.}$$

Второй этап определения размера партии деталей  $J$ -го наименования заключается в корректировке полученных размеров партии деталей, т. е.  $n_{\min.i.j}$  и  $n_{\max.i.j}$ . Предел нормального (оптимального) размера партии ограничен неравенством:

$$n_{\min.j} \leq n_{н.j} \leq n_{\max.j} \quad (7.2)$$

Корректировка предельных размеров партии деталей  $j$ -го, наименования начинается с установления удобопланируемых ритмов. Ряды этих ритмов зависят от числа рабочих дней в месяце. Для рассматриваемого примера удобопланируемыми ритмами могут быть 21,7,3 и 1 день.

Ритм (период чередования) партии деталей каждого наименования

рассчитывается по формуле (5.17).

Если по расчету получается дробное число, то из ряда удобопланируемых ритмов принимают ближайшее целое число ( $R_{пр}$ ).

В данном примере

$$R_{р.А} = \frac{21 \cdot 166}{1400} = 2,49; R_{пр.А} = 3 \text{ дня}; R_{р.Б} = \frac{21 \cdot 137}{2100} = 1,37;$$

$$R_{пр.Б} = 1 \text{ день}; R_{р.В} = \frac{21 \cdot 138}{1750} = 1,67; R_{пр.В} = 3 \text{ дня}.$$

Далее для всех наименований деталей ПЗУ принимается общий (максимальный из всех принятых) период чередования. Для рассматриваемого примера.  $R_{пр.} = 3$  дня. После этого корректируются размеры партий деталей каждого  $j$ -го наименования по формуле

$$n_j = R_{пр.j} \cdot N_j / D_p \quad (7,3)$$

Размер партии и период чередования должны быть такими, чтобы обеспечивались пропорциональность и соответствующий уровень производительности труда на каждом рабочем месте. В данном примере

$$n_{н.А} = 3 \cdot \frac{1400}{21} = 200 \text{ шт.}; n_{н.Б} = 3 \cdot \frac{2100}{21} = 300 \text{ шт.};$$

$$n_{н.В} = \frac{1750}{21} = 250 \text{ шт.};$$

Число партий по каждому  $j$ -му наименованию деталей (А) определяется по формуле

$$X_j = N_j / n_{н.j} \quad (7.4)$$

Для рассматриваемого примера

$$X_A = \frac{1400}{200} = 7; X_B = \frac{2100}{300} = 7; X_C = \frac{1750}{250} = 7;$$

Число единиц оборудования по каждой  $i$ -й операции рассчитывается по формуле

$$C_{p.i} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j \cdot t_{ij} + \sum_{j=1}^n X_j \cdot t_{н.о.ij} + \sum_{j=1}^n t_{п.з.ij}}{F_{эф} \cdot K_B}, \quad (7.5)$$

где j- номенклатура обрабатываемых деталей, закрепленных за ПЗУ;

$t_{н.о.ij}$  - время, затрачиваемое на переналадку оборудования на 1-й операции по j-му наименованию детали, мин;

$F_{эв}$  - эффективный фонд времени работы оборудования за плановый период времени с учетом режима работы участка, мин;

$K_B$  — коэффициент выполнения норм времени.

Расчет числа единиц оборудования и коэффициента его загрузки проводится в табличной форме (табл. 7.2) с учетом данных рассмотренного выше примера.

Таблица 7.2

### Расчет необходимого числа единиц оборудования

Расчетные показатели	Вид операций											
					Фрезерная				Шлифовальная			
	Модель станка (группа оборудования)											
	1К62				6Т83Ш-1				3А110В			
	$t_{ij}$ , мин	$t_{п.з.ij}$ , мин	$t_{н.о.ij}$ , мин	$T_j$ , ч	$t_{ij}$ , мин	$t_{п.з.ij}$ , мин	$t_{н.о.ij}$ , мин	$T_j$ , ч	$t_{ij}$ , мин	$t_{п.з.ij}$ , мин	$t_{н.о.ij}$ , мин	$T_j$ , ч
Деталь А	3,53	15	20	84,95	2,33	15	20	56,95	5,95	15	20	141,33
Деталь Б	3,95	15	20	140,83	4,75	15	20	168,83	5,57	15	20	197,45
Деталь В	2,82	15	20	84,83	3,75	15	20	112,83	7,64	15	20	225,33
Итого				310,61				338,61				564,11
Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ )				1,0				1,0				1,0
Эффективный фонд времени ( $F_{эф}$ )				322				322				322
Расчетное число рабочих мест ( $C_{pi}$ )				0,96				1,05				1,75
Принятое число рабочих мест ( $C_{при}$ )				1				1				2
Коэффициент загрузки оборудования ( $K_{ai}$ )				0,96				1,05				0,88

Для первой (токарной) операции

$$C_{p.1} = \frac{1400 \cdot 3,53 + 2100 \cdot 3,95 + 1750 \cdot 2,82 + 7(20 + 20 + 20) + (15 + 15 + 15)}{21 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 60} = 0,96 \text{ станка}$$

Принимаем  $C_{p.1} = 1$  станок. Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле

$$K_{з.1} = \frac{C_{pi}}{C_{пр.i}} = \frac{0,96}{1} = 0,96.$$

## 5.2. Расчет и анализ продолжительности производственного цикла простого процесса

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

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

Существуют три вида движения партии деталей по операциям технологического процесса: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный. Сущность последовательного вида движения заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания изготовления всей партии деталей на предыдущей операции. При этом передача с одной операции на другую осуществляется целыми партиями. Продолжительность операционного технологического Цикла обработки | партии деталей определяется по формуле на основе графика рис. (5.2)

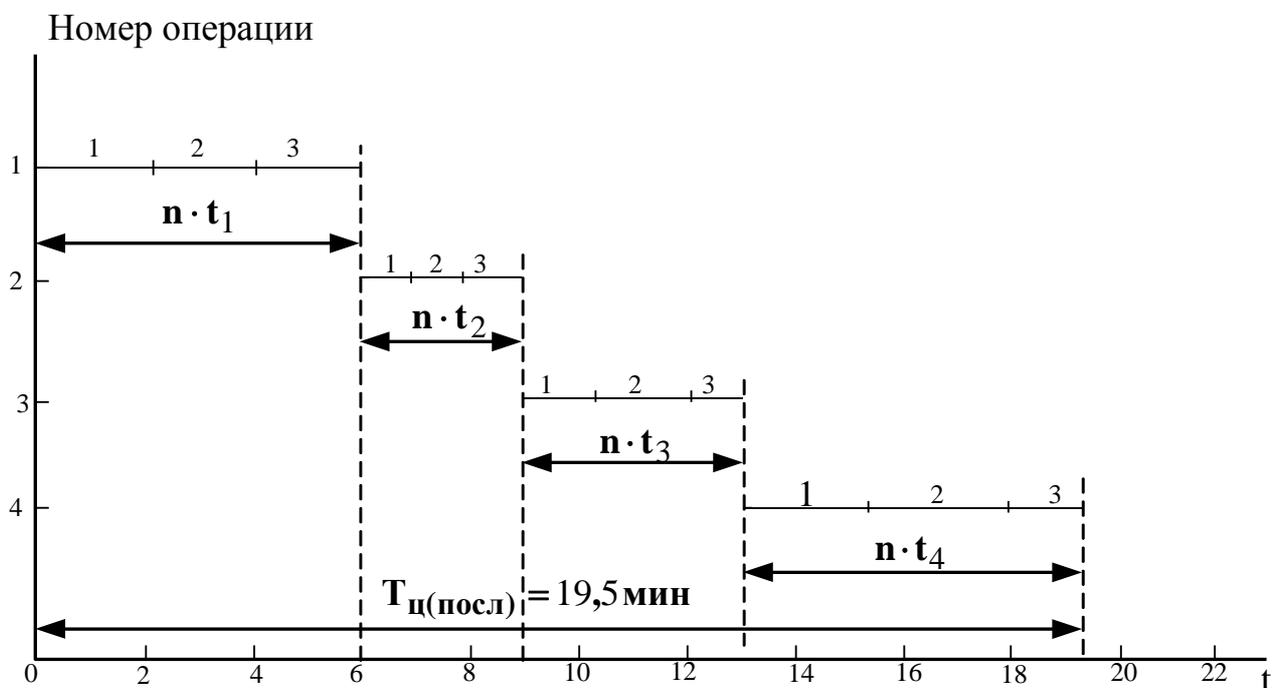


Рис. 5.2. График технологического цикла при последовательном движении деталей по операциям

$$T_{\text{ц(послед)}} = n \cdot t_1 + n \cdot t_2 + \dots + n \cdot t_m = n \sum_{i=1}^m t_i, \quad 5.1$$

где  $n$  - число деталей в обрабатываемой партии, шт.;  
 $t_i$  - штучное время на  $i$ -й операции, мин;  
 $m$  - число операций в технологическом процессе. •

Если на одной или нескольких операциях обработка деталей ведется одновременно на нескольких рабочих местах (Спр), то продолжительность технологического цикла рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ц(послед)}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{сп}i}}. \quad (5.2)$$

**Пример.** Пусть имеем партию деталей  $n = 3$ , технологический процесс состоит из  $m = 4$  операций, продолжительность выполнения которых составляет  $t_1 = 2$ ;  $t_2 = 1$ ;  $t_3 = 1,5$ ;  $t_4 = 2$  мин. Все операции выполняются соответственно на одном рабочем месте.

Продолжительность цикла обработки партии деталей составляет

$$T_{\text{ц(послед)}} = 3 \cdot (2 + 1 + 1,5 + 2) = 19,5 \text{ мин}$$

Из рис. 5.2 следует, что технологический цикл обработки партии деталей при последовательном виде движений равен сумме операционных циклов ( $n \cdot t$ ).

Как видно из рисунка и приведенных выше формул, продолжительность технологического цикла пропорциональна размеру партии и времени выполнения операций. При этом имеют место существенные перерывы партионности. Это связано с тем, что каждая деталь партии, за исключением первой и последней, пролеживает на каждой операции дважды: перед началом обработки и после нее до окончания обработки последней детали в партии.

Общее время внутрипартионного пролеживания одной детали на всех операциях определяется по формуле

$$t_{\text{пр}} = (n - 1) \sum_{i=1}^m t_i = T_{\text{ц(посл)}} - t_{\text{обр}} \quad (5.3)$$

где  $t_{\text{обр}}$  - суммарное время обработки одной детали на всех операциях технологического процесса ( $2 + 1 + 1,5 + 2 = 6,5$  мин).

В данном примере

$$t_{\text{пр}} = 19,5 - 6,5 = 13 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии (для определения величины незавершенного производства) рассчитывается по формуле

$$T_{\text{пр}} = n \cdot t_{\text{пр}} = 3 \cdot 13 = 39 \text{ мин}$$

Производственный цикл всегда продолжительнее технологического цикла, так как кроме выполнения технологических операций в него включается время на выполнение контрольных и транспортных операций, время, затрачиваемое на естественные процессы, и время различных перерывов.

Однако на практике не все виды затрат времени из-за их незначительной величины учитываются при расчете продолжительности производственного цикла. Как правило, учитывают три основные его составляющие: продолжительность технологического цикла (с учетом перерывов партионности), время естественных процессов и время перерывов, не перекрываемых технологическим циклом, т. е.

$$T_{\text{ц(посл)}}^{\text{пр}} = (n \sum_{i=1}^m t_i + m \cdot t_{\text{МО}} + T_e) \frac{1}{R \cdot t_{\text{СМ}} \cdot S} \quad (5.4)$$

где  $t_{\text{МО}}$  - средняя продолжительность одного межоперационного перерыва

(кроме перерывов партионности), мин;

$R$  - коэффициент перевода рабочих дней в календарные, равный отношению числа рабочих дней к числу календарных дней в году;

$t_{см}$  - продолжительность одной смены, мин;

$S$  - число смен в сутках.

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

Сущность последовательно-параллельного движения заключается в том, что на каждом рабочем месте работа ведется без перерывов, как при последовательном движении, но вместе с тем имеет место параллельная обработка одной и той же партии деталей на смежных операциях. Передача деталей с предыдущей операции на последующую производится не целыми партиями ( $л$ ), а поштучно или транспортными партиями ( $p$ ). Пусть имеется такая же партия деталей, что и при последовательном виде движения, а величина транспортной партии  $p = 1$ .

При построении графика данного вида движений деталей по операциям технологического Процесса (рис. 5.3) необходимо учитывать следующие виды сочетаний периодов выполнения смежных операций.

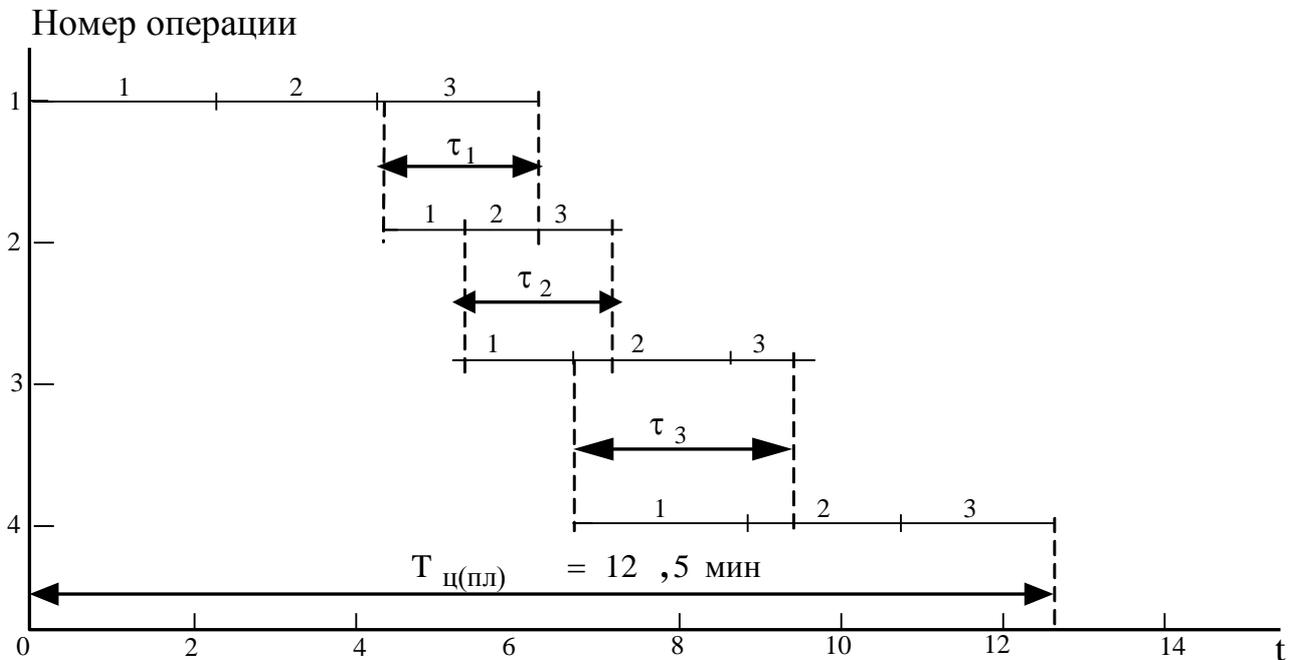


Рис. 5.3. График технологического цикла при последовательно-параллельном движении деталей по операциям

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

2. Если продолжительность последующей операции меньше, чем предыдущей, то отсутствие простоев оборудования на последующей операции может быть обеспечено только после накопления перед ней известного запаса деталей, позволяющего эту операцию выполнять непрерывно (в примере  $t_2 < t_1$ ). Для того чтобы определить момент начала последующей операции, необходимо от точки, соответствующей окончанию предыдущей операции над всей партией ( $n$ ), отложить вправо отрезок, равный в принятом масштабе времени выполнения последующей операции ( $t_2$ ) над одной транспортной партией ( $p$ ), а влево - отрезок, равный продолжительности последующей операции над всеми предшествующими транспортными партиями.

3. Если продолжительность последующей операции больше, чем предыдущей (в нашем примере  $t_3 > t_2$  и  $t_4 > t_3$ ), то в этом случае транспортную партию ( $p$ ) можно передавать с предыдущей операции на последующую сразу же по окончании ее обработки.

Из рис. 5.3 видно, что продолжительность цикла изготовления партии деталей ( $n = 3$ ) на  $m = 4$  операциях технологического процесса при последовательно-параллельном движении меньше, чем при последовательном движении из-за наличия параллельности протекания каждой пары смежных операций на суммарное время совмещений  $t$ . Таких совмещений столько,

сколько операций в технологическом процессе за минусом единицы,

Время совмещения (параллельности) выполнения каждой пары смежных операций.

$$\tau = (n - p)t_{кр}, \quad (5.5)$$

где индекс при  $t_{кр}$  соответствует операциям с наименьшим временем их выполнения. Например, между первой и второй операциями  $t_{кр} = t_2$ , между второй и третьей операциями  $t_{кр} = t_2$ , между третьей и четвертой операциями  $t_{кр} = t_3$ .

Суммарное время совмещений по всему технологическому процессу рассчитывается по формуле

$$\sum_{i=1}^{m-1} (n - p) \cdot t_{кр} \text{ или } (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{кр i}. \quad (5.6)$$

Тогда продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей при последовательно-параллельном движении можно определить по формуле

$$T_{ц(пл)} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{кр i} \quad (5.7)$$

Если на отдельных операциях обработка деталей ведется одновременно на нескольких рабочих местах ( $C_{,p}$ ), то

$$T_{ц(пл)} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{пр i}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_{кр i}}{C_{пр i}}. \quad (5.8)$$

Подставив данные рассматриваемого примера, получим! продолжительность цикла обработки партии деталей при последовательно-параллельном виде движения

$$T_{ц(пл)} = 3(2 + 1 + 1,5 + 2) - (3 - 1)(1 + 1 + 1,5) = 12,5 \text{ мин.}$$

При такой организации производственный цикл изготовления партии деталей характеризуется тем, что, во-первых,! его, продолжительность меньше,

чем при последовательном! виде движения; во-вторых, в нем отсутствуют перерывы в работе оборудования и рабочих; в-третьих, при этом виде | движений общее время пролеживания деталей на операциях намного меньше, чем при последовательном виде движения

Время пролеживания одной детали на всех операциях технологического процесса определяется по формуле

$$t_{\text{пр}} = T_{\text{ц(пн)}} - t_{\text{обр}} \quad (5.9)$$

Для рассматриваемого примера

$$T_{\text{пр}} = 12,5 - 6,5 = 6 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии на всех | операциях составляет

$$T_{\text{пр}} = n \cdot t_{\text{пр}} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ мин}$$

Продолжительность производственного цикла при последовательно-параллельном движении деталей по операциям рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ц(пн)}}^{\text{пр}} = \left[ n \sum_{i=1}^m t_i - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{кор}i} + m \cdot t_{\text{мо}} + T_e \right] \frac{1}{R \cdot t_{\text{см}} \cdot S} \quad (5.10)$$

Достоинством этого вида движения является отсутствие перерывов в работе рабочих и оборудования и значительное сокращение продолжительности технологического (производственного) цикла по сравнению с последовательным видом движения. Данный вид движения позволяет вести работу большими партиями и при большой трудоемкости изготовления деталей, благодаря чему он широко используется в серийном и крупносерийном производстве.

Сущность параллельного вида движений заключается в том, что детали с одной операции на другую передаются поштучно или транспортными Партиями (р) немедленно после завершения обработки (независимо от времени выполнения смежных операций). При этом обработка деталей по всем операциям осуществляется непрерывно и пролеживание деталей исключено. Это значительно сокращает продолжительность технологического цикла и, следовательно, производственного.

Пусть имеется такая же партия деталей, что и при последовательном и последовательно-параллельном видах движения, и величина транспортной партии  $r = 1$ .

При построении графика параллельного движения партии деталей по

операциям (рис. 5.4) необходимо учитывать следующие правила:

1. Сначала строится технологический цикл для первой транспортной партии по всем операциям без пролеживания между ними.

2. На операции с самой большой продолжительностью строится операционный цикл обработки деталей по всей партии (п) без перерывов в работе оборудования.

3. Для всех остальных транспортных партий достраиваются операционные циклы.

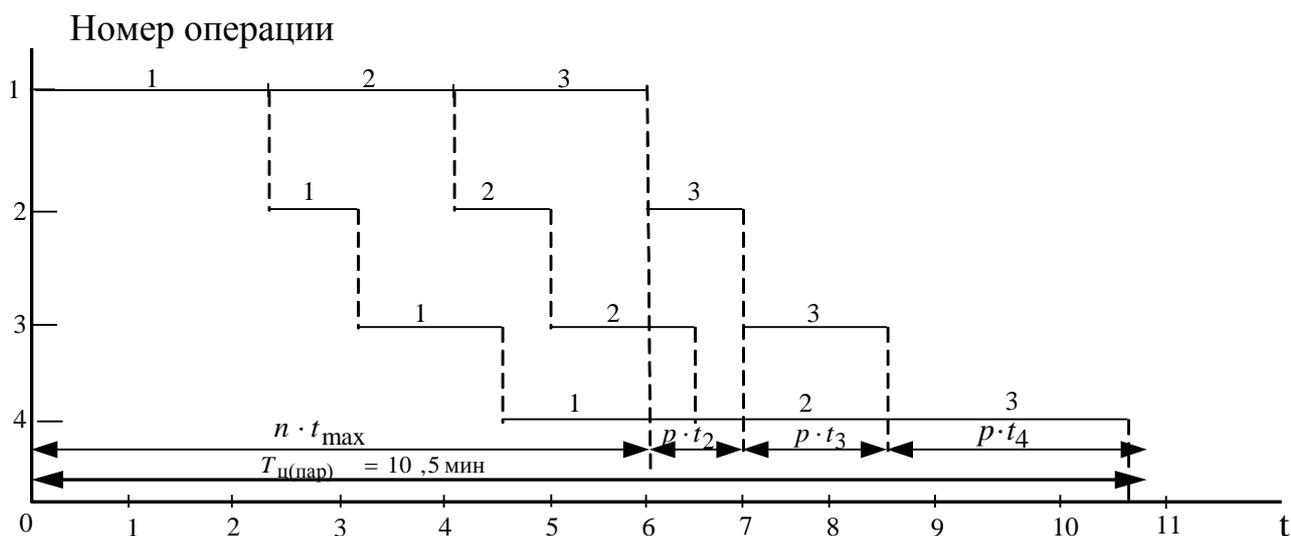


Рис. 5.4. График технологического цикла при параллельном движении деталей по операциям

Из рис. 5.4 видно, что продолжительность технологического цикла изготовления партии деталей ( $n = 3$ ) на  $m = 4$  операциях и при передаче их транспортными партиями ( $p = 1$ ) определяется по формуле

$$T_{ц(пар)} = n \cdot t_{\max} + \sum_{i=1}^m p \cdot t_i - p \cdot t_{\max} \cdot \quad (5.11)$$

или

$$T_{ц(пар)} = (n - p) \cdot t_{\max} + p \sum_{i=1}^m t_i. \quad (5.12)$$

Если на отдельных операциях работа выполняется одновременно на нескольких рабочих местах ( $C_{пр}$ ), то формула принимает следующий вид:

$$T_{ц(пар)} = (n - p) \cdot \frac{t_{max}}{C_{пр}} + p \sum \frac{t_i}{C_{пр i}}. \quad (5.13)$$

Подставив данные из приведенного выше примера ( $n = 3, m = 4, p = 1$ ) в полученную формулу, определим продолжительность технологического процесса:

$$T_{ц(пар)} = (3 - 1) \cdot 2 + 1 \cdot (2 + 1 + 1,5 + 2) = 10,5 \text{ мин.}$$

Из графика и расчета видно, что технологический цикл изготовления партии деталей при данном виде движения является самым коротким по сравнению с другими видами движения. Вместе с тем на всех операциях, кроме операции максимальной по продолжительности, работа осуществляется с перерывами в работе оборудования. Исключение составляет случай, когда периоды выполнения операций технологического процесса равны либо кратны, т. е. синхронны. Этот вариант называется поточным видом движения, который применяется при организации непрерывно-поточных линий.

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

$$t_{пр} = T_{ц(пар)} - t_{обр}. \quad (5.14)$$

Для рассматриваемого примера

$$t_{пр} = 10,5 - 6,5 = 4 \text{ мин}$$

Общее время пролеживания всех деталей в партии

$$T_{пр} = n \cdot t_{пр} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мин.}$$

Продолжительность производственного цикла при параллельном виде движения деталей по операциям технологического процесса определяется по формуле

$$T_{ц(пар)}^{пр} = \left[ (n-p) \cdot t_{max} + p \sum_{i=1}^m t_i + m \cdot t_{мо} + T_e \right] \frac{1}{R \cdot t_{см} \cdot S}. \quad (5.15)$$

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

### 5.3. Расчет и анализ продолжительности производственного цикла сложного процесса

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

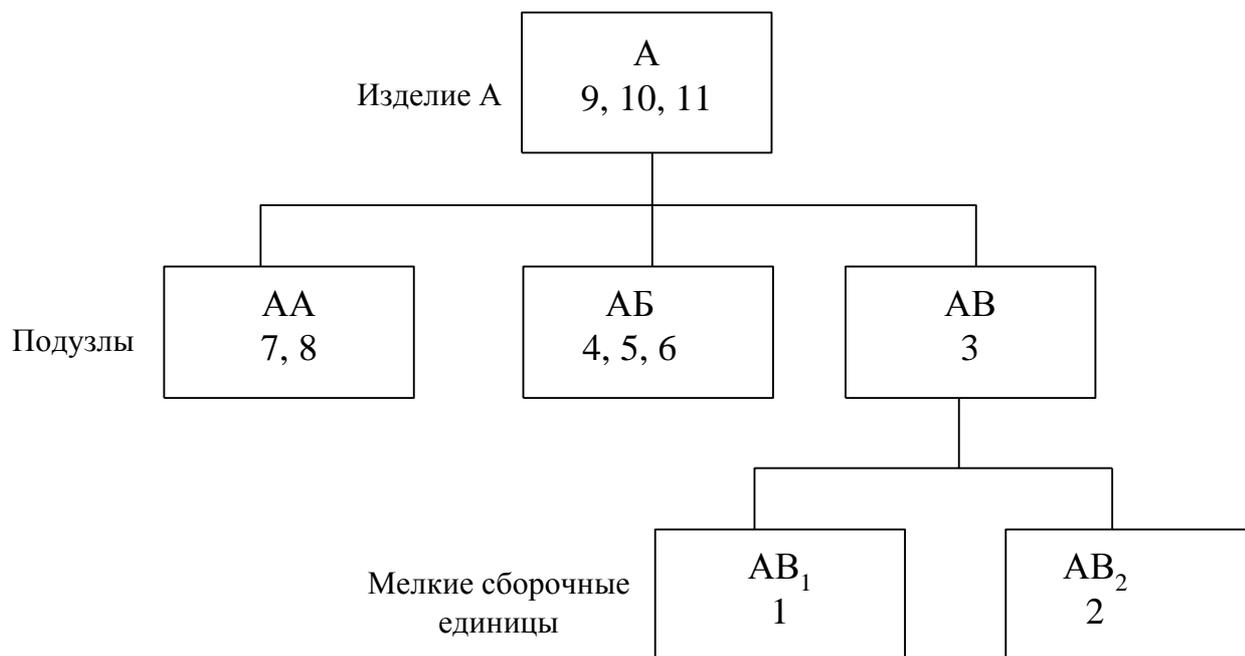
В условиях машиностроительного (радиоэлектронного) производства наиболее характерными примерами сложного процесса являются процессы создания машины, телевизора металлорежущего станка, ЭВМ или узлов, блоков, мелких сборочных единиц, из которых они состоят.

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

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

Структура производственного цикла сложного процесса определяется

составом операций и связей между ними. Состав операций зависит от номенклатуры деталей, сборочных единиц и технологических процессов их изготовления. Взаимосвязь операций и процессов обуславливается веерной схемой сборки изделия и технологией его изготовления. Предположим, что необходимо рассчитать продолжительность производственного цикла сборки изделия "А" (рис. 5.5).



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

Нормы времени выполнения операций по сборке изделия "А" приведены в табл. 5.1 (графы 6-8 заполняются по ходу расчета).

Месячная программа выпуска  $N_B = 700$  шт. Число рабочих дней в месяце  $D_p = 21$ , режим работы участка  $K_{CM} = 2$  смены. Потери рабочего времени на плановые ремонты  $A_p = 2\%$  номинального фонда времени.

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

Таблица 5.1

## Технологический процесс сборки изделия "А"

Условные обозначения сборочных единиц	Номер операции (i)	Штучное время на операцию ( $t_i$ ), мин	Подготовительно-заключительное время (т.з.з.) мин	Подача сборочной единицы к операции	Размер партии изделий (Nн), шт.	Длительность операционного цикла партии изделий, ч	Длительность операционного цикла партии по сборочной единице, ч
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
AB <sub>1</sub> ,	1	7,0	20	3	100	12	12
AB <sub>2</sub>	2	16,5	30	3	100	28	28
AB	3	4,7	10	11	100	8	8
AB	4	15,9	30	5	100	27	
	5	12,4	20	6	100	21	56
	6	4,7	10	10	100	8	
AA	7	7,0	20	8	100	12	40
	8	16,6	20	9	100	28	
A	9	11,3	10	11	100	19	
	10	7,6	20	11	100	13	48
	11	9,5	10	-	100	16	
ИТОГО		113,2	200	-	-	192	192

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

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

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

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

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

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

Определение оптимального размера партии изделий является одним из важнейших календарно-плановых нормативов при организации серийного производства, так как все остальные календарно-плановые нормативы устанавливаются на партию предметов труда.

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

$$N_{\min} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \sum_{i=1}^m t_{n.zi}}{\alpha_{об} \sum_{i=1}^m t_i}. \quad (5.16)$$

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

Применительно к рассматриваемому примеру получим

$$N_{\min} = \frac{(100 - 2) \cdot 200}{2 \cdot 113,2} = 86 \text{ шт}, \quad N_{\max} = N_B = 700 \text{ шт}$$

Таким образом, в результате проведенных расчетов устанавливаем пределы нормального размера партии изделий:

$$N_{\min} \leq N_H \leq N_{\max}.$$

Предельные размеры партии изделий корректируются исходя из минимального размера. Корректировка начинается с установления удобопланируемого ритма ( $R_p$ ) - периода чередования партий изделий. Если в месяце 20 рабочих дней, то удобопланируемыми ритмами будут 20, 10, 5, 4, 2 и 1; если в месяце 21 день, то такими ритмами будут 21, 7, 3 и 1; если 22 дня, то 22, 11, 2 и 1.

Период чередования партий изделий рассчитывается по формуле

$$R_p = \frac{D_p \cdot N_{\min}}{N_B}, \quad (5.17)$$

где  $D_p$  - число рабочих дней в месяце.

Исходя изданных приведенного выше примера, этот период составит

$$R_p = \frac{21 \cdot 86}{700} = 2,58 \text{ дня.}$$

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

Из удобопланируемых ритмов 21, 7, 3 и 1 выбираем ближайшее значение  $Y_{\text{пр}} = 3$  дня.

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

$$N_H = R_{\text{пр}} \cdot \frac{N_B}{D_p} = 3 \cdot \frac{700}{21} = 100 \text{ шт.} \quad (5.18)$$

Выполняется условие  $86 < 100 < 700$ . Нормальный размер партии изделий должен быть кратным месячной программе выпуска (запуска) изделий. Число партий в месяц ( $X$ ) определяем по формуле

$$X = N_B : N_H = 700 : 100 = 7 \text{ партий.} \quad (5.19)$$

Результат расчета оптимального размера партии изделий заносим в гр. 6 табл. 5.1.

Продолжительность операционного цикла партии изделий по каждой

операции ( $t_{псi}$ ) рассчитывается по формуле

$$t_{псi} = \frac{t_i \cdot N_H + t_{п.з.i}}{60}. \quad (5.20)$$

Для сборочной единицы АВ

$$t_{пс1} = \frac{7 \cdot 100 + 20}{60} = 12 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим операциям и результаты вписываем в гр. 7 табл. 5.1.

Продолжительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам определяется по формуле

$$t_{с.ед} = \sum_{i=1}^k t_{псi}, \quad (5.21)$$

где  $k$  - число операций, входящих в сборочную единицу. Для сборочной единицы АВ

$$t_{с.ед} = 27 + 21 + 8 = 56 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим сборочным единицам и результаты вписываем в гр. 8 табл. 5.1.

Необходимое число рабочих мест для сборки изделий рассчитывается по формуле

$$C_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{псi}}{R_{пр}}. \quad (5.22)$$

По рассматриваемому примеру:

$$C_{пр} = \frac{192}{3 \cdot 2 \cdot 8} = 4 \text{ места.}$$

Необходимое количество рабочих определяется по формуле

$$Ч_{сп} = C_{пр} \cdot K_{см} \cdot K_{сп},$$

где  $K_{сп}$  - коэффициент, учитывающий списочную численность (можно принять

$$K_{\text{СП}} = 1,1)$$

Для рассматриваемого примера:

$$Ч_{\text{СП}} = 4 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9 \text{ чел.}$$

**Построение циклового графика сборки изделия "А"** без учета загрузки рабочих мест ведется на основе веерной схемы сборки (см. рис. 5.5) и продолжительности циклов сборки каждой *i*-й операции и каждой сборочной единицы (см. табл. 5.1, гр. 7 и 8). Как правило, такой график строится в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с последней операции (рис. 5.6, а), с учетом того, к какой операции поставляются сборочные единицы. Продолжительность цикла этого графика будет минимальной. Однако условия производства и ограниченные ресурсы требуют выполнения определенных работ последовательно, на одном и том же рабочем месте, стенде все это приводит к изменению циклового графика и, как правило, к смещению запуска на более ранние сроки и, как следствие, к увеличению продолжительности цикла.

Для достижения равномерности загрузки рабочих мест и рабочих-сборщиков необходимо закрепить операции за рабочими местами. С этой целью на каждое рабочее место набирается объем работ, продолжительность операционного цикла которых не должна превышать пропускную способность рабочих мест на протяжении принятого периода чередования (табл. 5.2).

**Таблица 5.2**

### **Закрепление операций за рабочими местами**

Номер рабочего места	Номер операции, закрепленной за рабочим местом	Условное обозначение сборочной единицы	Суммарная продолжительность операционного цикла, ч	Пропускная способность рабочего места за $R_{\text{пр}}=48\text{ч}$	Коэффициент загрузки рабочего места
4	9, 10, 11	А	48	48	1
3	6, 7, 8	АА, АБ	48	48	1
2	4, 5	АБ	48	48	1
1	1, 2, 3	АВ, АВ <sub>1</sub> , АВ <sub>2</sub>	48	48	1

**Построение стандарт-плана сборки изделия "А"** (циклового графика с учетом загрузки рабочих мест). График строится на основе графика без учета загрузки рабочих мест (см. рис. 5.6, а) и данных табл. 5.2. При этом периоды выполнения циклов отдельных операций графика должны были проецироваться на соответствующие рабочие места на графике (рис. 5.6, б). В этом случае сохраняется продолжительность производственного цикла на графике (см. рис.

5.6, а), построенном без учета загрузки рабочих мест. Однако не всегда удается это осуществить. В рассматриваемом примере сдвинуты сроки начала выполнения операций 4, 5, 6,1. Сдвиг работ на более раннее начало повлек за собой увеличение продолжительности производственного цикла и появилось пролеживание сборочных единиц. На этом же графике (см. рис. 5.6, б) необходимо привести производство второй, третьей и последующих партий изделий до тех пор, пока не заполнится полностью один период чередования партий изделий. Заполненный период чередования и представляет собой стандарт-план, так как именно здесь показаны стандартные, повторяющиеся сроки проведения отдельных операций сборки каждым рабочим-сборщиком.

**Построение уточненного циклового графика сборки изделия "А" и определение фактической продолжительности производственного цикла,** которая обычно немного больше минимальной, так как выполнение некоторых операций сдвинуто на более ранние сроки.

Уточненный график сборки изделий "А" (рис. 5.6, в) строится на основе графиков, приведенных на рис. 5.6, а и б, и по этому графику определяется фактическая продолжительность производственного цикла сборки партии изделий.

В рассматриваемом Примере эта величина составляет 96 ч. Волнистые линии на рис. 5.6, в показывают время смещения запуска соответствующих сборочных единиц АВ и АВ<sub>1</sub>.

Важным календарно-плановым нормативом является опережение запуска-выпуска сборочных единиц изделия "А". Расчет этого норматива ведется непосредственно на самих графиках в третьей и четвертой колонках на рис. 5.6, а и 8. В связи с необходимостью смещения запуска сборочных единиц АВ и АВ<sub>1</sub> на более ранние сроки (см. рис. 5.6, в) изменилось и опережение запуска-выпуска этих сборочных единиц, а продолжительность производственного цикла на 8 ч больше, чем на первоначальном графике.

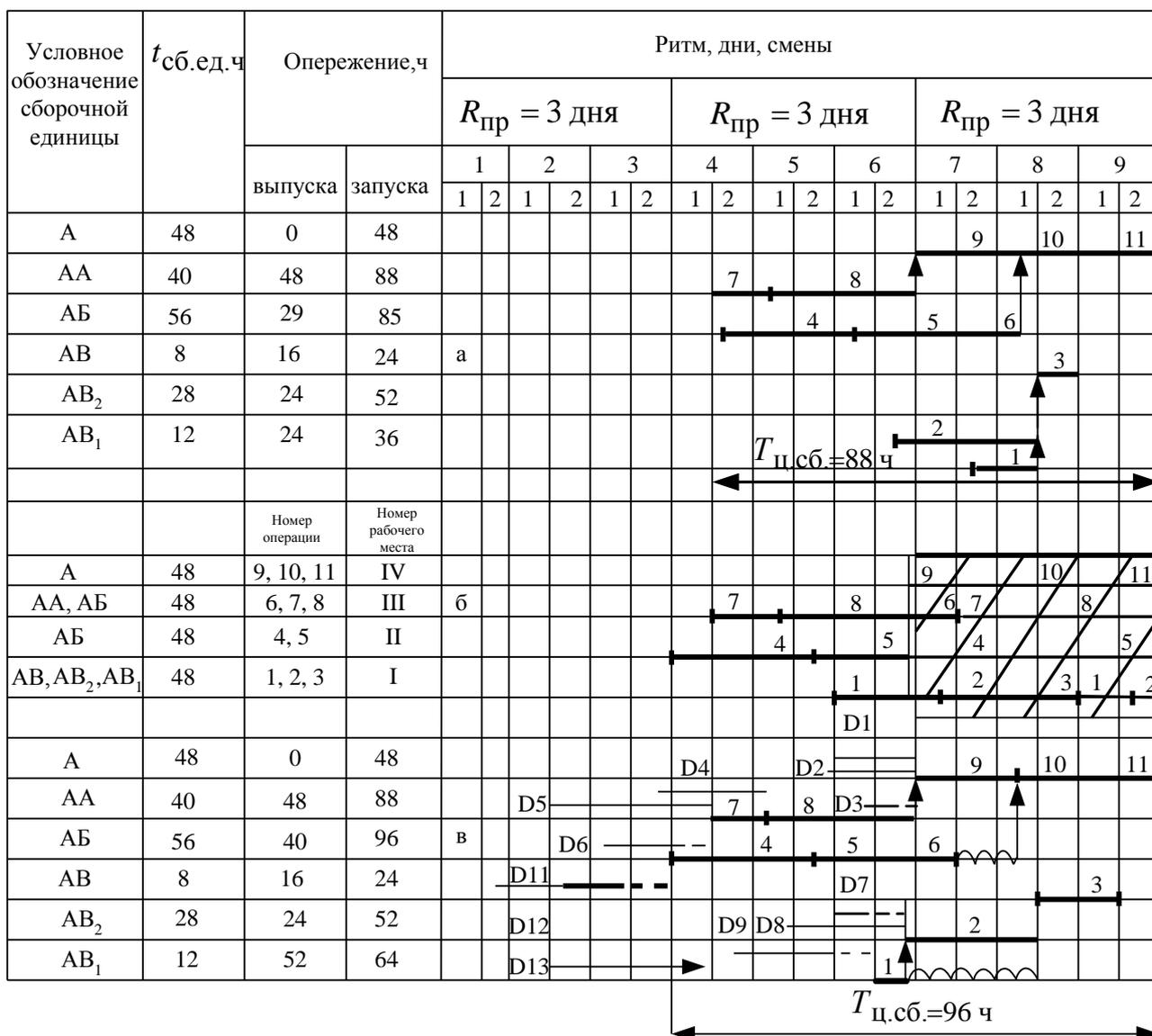


Рис.5.6. Цикловой график сборки изделия «А»

Если к цикловому графику сборки пристроить графики! заготовки и обработки деталей (см. рис. 5.6, в), то можно получить график изготовления изделия "А".

## 6 ГЛАВА. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ПРОСТРАНСТВЕ

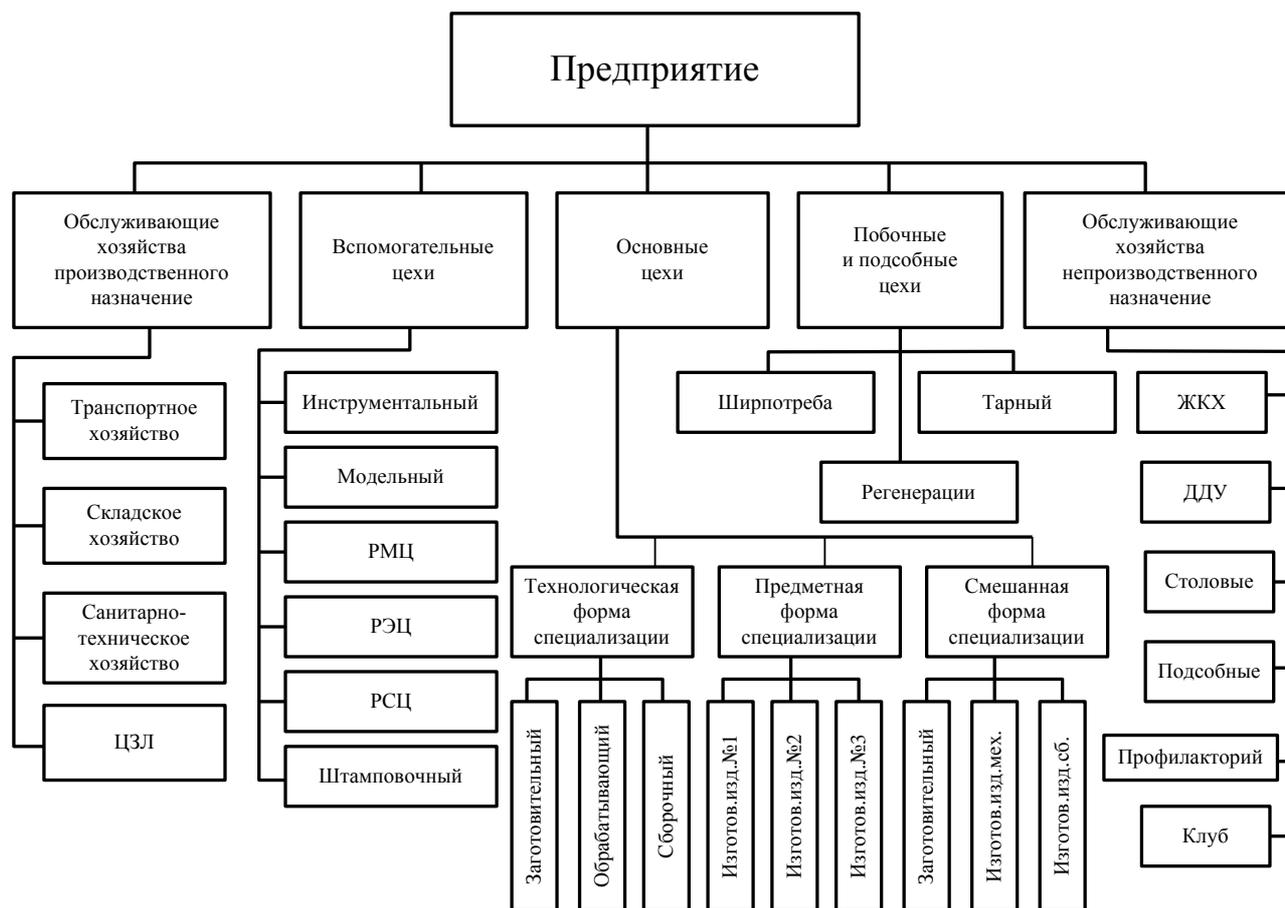
### 6.1. Производственная структура предприятия

В соответствии с рассмотренным выше содержанием производственного процесса как совокупности основных, вспомогательных и обслуживающих процессов производственного назначения на любом машиностроительном

(радиоэлектронного приборостроения) заводе различаются основные, вспомогательные и побочные цехи и обслуживающие хозяйства. Их состав, а также формы производственных связей между ними принято называть *производственной структурой предприятия (рис.6.1)*.

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

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



## Рис. 6.1. Общая структура предприятия

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

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

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

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

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

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

Конструктивные особенности производимой продукции и технологические методы ее изготовления во многом определяют состав и характер производственных процессов, видовой состав технологического оборудования, профессиональный состав рабочих, что в свою очередь обуславливает состав цехов и других производственных подразделений, а следовательно, и производственную структуру предприятия.

Объем выпуска продукции влияет на дифференциацию производственной структуры; на сложность внутривидовых связей между цехами. Чем больше объем выпуска продукции, тем, как правило, крупнее цехи предприятия и тем уже их специализация. Так, на крупных предприятиях в пределах каждой стадии производства может быть создано по несколько цехов.

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

Формы специализации производственных подразделений определяют конкретный состав технологически и предметно

специализированных цехов, участков предприятия, их размещение и производственные связи между ними, что является важнейшим фактором формирования производственной структуры.

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

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

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

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

Все многообразие производственных структур машиностроительных предприятий в зависимости от их специализации можно свести к следующим типам: заводы с полным технологическим циклом, располагающие всей

совокупностью заготовительных, обрабатывающих и сборочных цехов; заводы механосборочного типа (с неполным технологическим циклом), располагающие ограниченным числом основных цехов и, как правило, получающие необходимые заготовки в порядке кооперирования со стороны; заводы сборочного типа, выпускающие готовые изделия из деталей и комплектующих, изготавливаемых на других предприятиях; заводы, специализированные на Производстве заготовок, как правило, построенные на принципах технологической специализации; заводы поддетальной специализации, производящие отдельные детали, блоки, узлы, подузлы, сборочные единицы.

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

## *6.2. Формы специализации основных цехов предприятия*

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

При *технологической форме специализации* в цехах выполняется определенная часть технологического процесса, состоящая из нескольких однотипных операций при весьма широкой номенклатуре обрабатываемых деталей. При этом в цехах устанавливается однотипное оборудование, а иногда даже близкое по габаритам. Примером цехов технологической специализации могут служить литейные, кузнечные, термические, гальванические и др.; среди механообрабатывающих цехов - токарные, фрезерные, шлифовальные и др. В таких цехах, как правило, изготавливается вся номенклатура заготовок или деталей, либо если это сборочный цех, то в нем собираются все изделия, выпускаемые заводом (рис. 6.2).

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

применяемых оборудования и технологических процессов.

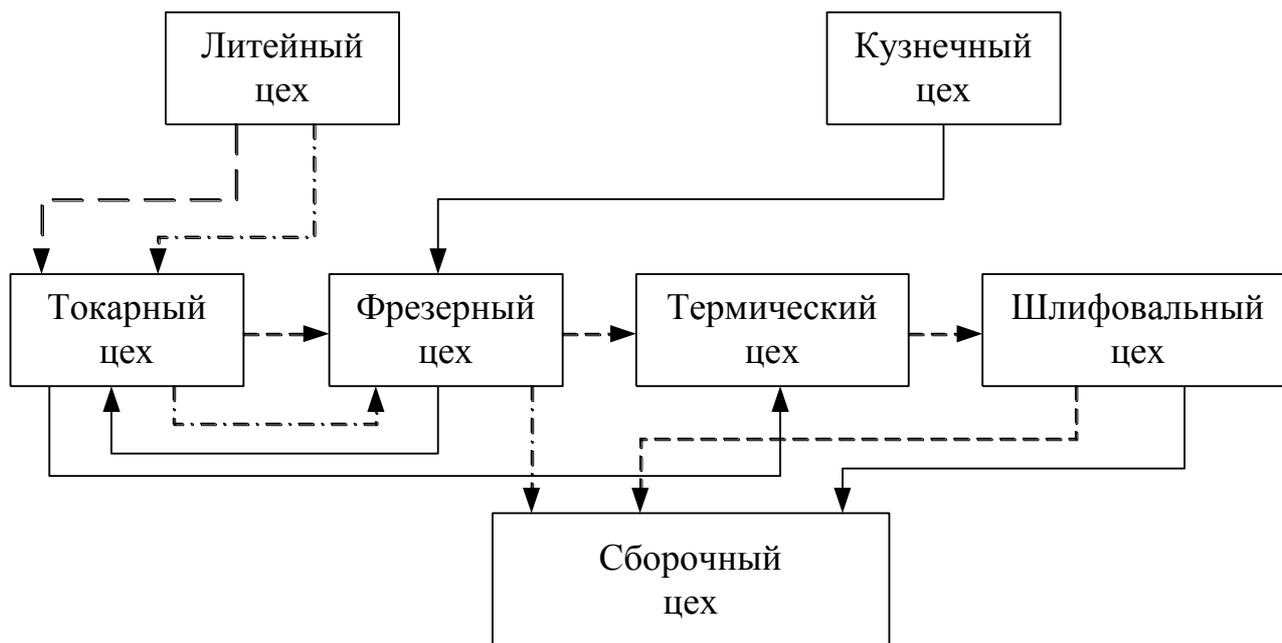


Рис. 6.2. Схема формирования цехов по технологическому принципу специализации

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

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

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

*Предметная форма специализации цехов* характерна для заводов узкой

предметной специализации. В цехах полностью изготавливаются закрепленные за ними детали или изделия узкой номенклатуры, например одно изделие, несколько однородных изделий или конструктивно-технологически однородных деталей (рис. 6.3).

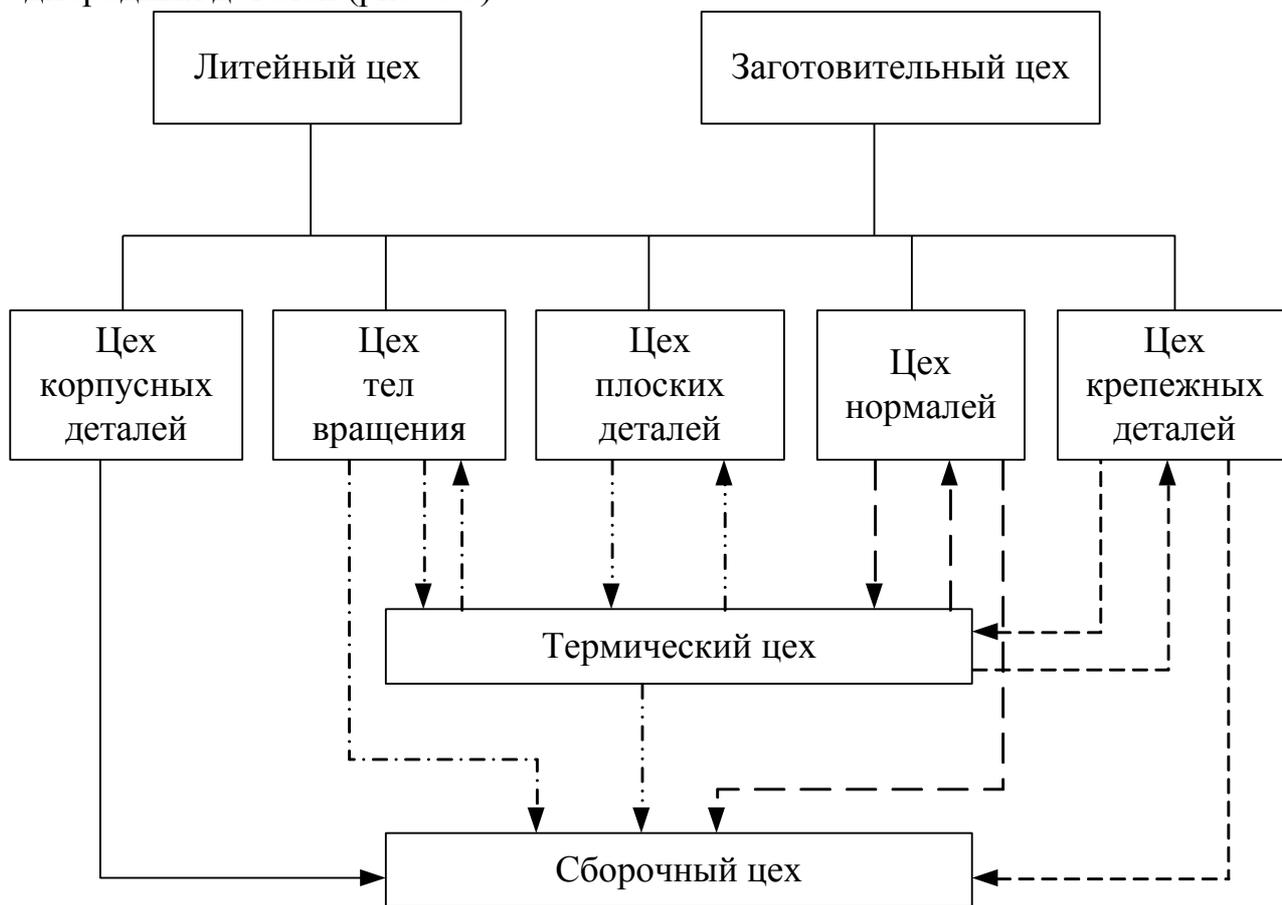


Рис. 6.3. Схема формирования цехов по предметному принципу специализации

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

Предметная форма специализации цехов, также как и технологическая, имеет свои преимущества и недостатки. К первым можно отнести простое согласование работы цехов, так как все Операции по изготовлению конкретного изделия (детали) сосредоточены в одном цехе. Все это приводит к устойчивой повторяемости производственного процесса, к повышению ответственности руководителя цеха за выпуск продукции в установленные сроки, требуемого количества и качества, к упрощению оперативно-

производственного планирования, к сокращению производственного цикла, к уменьшению числа и разнообразия маршрутов движения предметов труда, к сокращению потерь времени на переналадку оборудования, к уменьшению межоперационного времени и ликвидации межцехового пролеживания, к созданию условий, благоприятных для внедрения поточных методов производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

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

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

Создание цехов, специализированных на выпуске ограниченной номенклатуры предметов труда, целесообразно лишь при больших объемах их выпуска. Только в этом случае загрузка оборудования будет достаточно полной, а переналадка оборудования, связанная с переходом на выпуск другого объекта, не будет вызывать больших потерь времени. В цехах создается возможность осуществлять замкнутый (законченный) цикл производства продукции. Такие цехи получили название предметно-замкнутые. В них иногда совмещаются заготовительная и обрабатывающая или обрабатывающая и сборочная стадии (например, механосборочный цех).

Технологическая и предметная формы специализации в чистом виде используются довольно редко. Чаще всего на многих предприятиях технического сервиса (радиоэлектронного приборостроения) применяют смешанную (предметно-технологическую) специализацию, при которой заготовительные цехи строятся по технологической форме, а обрабатывающие и сборочные цехи объединяются в предметно-замкнутые цехи или участки.

### *6.3. Производственная структура основных цехов предприятия*

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

*Производственный участок как объединенная по тем или иным признакам группа рабочих мест представляет собой структурную единицу цеха,*

которая выделяется в отдельную административную единицу и возглавляется мастером при наличии в одну смену не менее 25 рабочих.

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

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

При технологической специализации участки оснащаются однородным оборудованием (групповое расположение станков)

для выполнения определенных операций технологического процесса. Так, механический цех может включать токарный, фрезерный, револьверный, сверлильный и другие участки.

Преимущества и недостатки технологической формы специализации участков такие же, как при формировании цехов в соответствии с этой формой специализации.

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

- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно и технологически однородных деталей (например, участки шлицевых валиков, пинолей, втулок, фланцев, шестерен и т.п.);

- предметно-замкнутые участки по производству конструктивно разнородных деталей, весь технологический процесс изготовления которых состоит, однако, из однородных операций и одинакового технологического маршрута (например, участок круглых деталей, участок плоских деталей и т. п.);

- предметно-замкнутые участки по производству всех деталей узла, подузла мелкой сборочной единицы или всего изделия (применяется некомплектная система оперативного планирования, в которой за планово-учетную единицу принимается узловый комплект).

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

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

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

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

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

## **Глава 7. ОРГАНИЗАЦИЯ НЕПОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

### *7.1. Методы организации непоточного производства*

Под методом организации производства понимаются способы сочетания организации производственного процесса во времени и в пространстве.

Организация производственного процесса во времени определяется степенью прерывности его. Прерывность зависит от вида продукции и технологии ее изготовления. Вся продукция, изготавливаемая на предприятиях, может быть разделена на два вида: дискретную и неделимую.

К дискретному виду отнесется продукция, состоящая из различных частей, например машины, приборы, приемники, телевизоры, ЭВМ и другие изделия.

Неделимую продукцию нельзя разделить на части или компоненты. К ней относятся жидкие химические вещества, металлы и сплавы металлов, лаки, краски и другие виды продукции. |

Для производства дискретной продукции могут быть применены прерывные (дискретные) технологические процессы и полунепрерывные технологические (производственные) процессы, а для производства неделимой продукции применяются только непрерывные технологические процессы.

В полунепрерывных производственных процессах одна| часть

производства выполняется непрерывно, а другая – с перерывами. Например, в процессе изготовления определенной детали такие операции, как плавка металла, заливка форм и остывание форм выполняются непрерывно, т.е. одна за другой, а остальные операции – с перерывами (токарная, фрезерная, шлифовальная и т. д.).

Вся продукция, изготавливаемая на предприятиях технического сервиса и радиоэлектронного приборостроения, относится к дискретному виду.

Организация производственного процесса в пространстве определяется расположением (планировкой) оборудования (рабочих мест), участков и цехов и зависит от вида продукции ее количества и технологии изготовления.

В прерывных производственных процессах оборудование (рабочие места) могут располагаться по однородным технологическим группам (технологическая форма специализации) или по разнородным группам для обработки однородных по конструкции и размерам деталей (предметная форма специализации).

Для производства дискретной продукции в условиях непрерывного производственного процесса оборудование (рабочие места) располагается по ходу технологического процесса обработки деталей (сборки сборочных единиц и изделий). Такие методы организации производства относятся к поточным, все остальные – к непоточным. На выбор методов организации поточного или непоточного производства влияют различные факторы, к ним относятся:

- размеры и масса изделия; чем крупнее изделие и больше его масса, тем труднее организовать поточное производство;
- количество изделий, подлежащих выпуску за определенный период времени (год, квартал, месяц, сутки); при выпуске небольшого количества изделий, как правило, нецелесообразно организовывать поточное производство (слишком большие капитальные затраты);
- периодичность выпуска изделий, т.е. они могут выпускаться регулярно и нерегулярно; при регулярном (ритмичном) выпуске, например, по 20 изделий ежемесячно, целесообразно организовать поточное производство, а если регулярность неопределенная или через различные периоды времени и в разных количествах, то приходится использовать непоточные методы организации производства;
- точность и шероховатость поверхности деталей; при высокой точности и малой шероховатости следует применять непоточные методы.

Непоточное производство может быть специализировано в следующих формах: технологической, предметной и смешанной.

## *7.2. Технологическая и предметная формы специализации*

Технологическая форма специализации характеризуется созданием цехов и участков, на которых оборудование (рабочие места) специализированы по

признаку их технологической однородности и размеров. Например, в кузнечно-штамповочном цехе могут быть созданы участки, оснащенные только крупными, средними или мелкими молотами и прессами; в литейных цехах могут создаваться участки кокильного литья и литья в оболочковые формы, участки чугунного, стального или цветного литья, участки ручной или машинной формовки; в механообрабатывающих цехах могут быть участки, созданные по видам металлорежущих станков, которые разделяются еще на группы крупных, средних и малых станков (токарных, фрезерных, сверлильных и др.); в сборочных цехах могут быть выделены слесарно-сборочные участки по видам собираемых узлов, подузлов, блоков и других сборочных единиц. Следует отметить, что не все технологически специализированные участки могут быть самостоятельными административно-обособленными единицами. Одному начальнику участка (старшему! мастеру) может подчиняться несколько родственных участков в зависимости от их размеров (числа единиц оборудования и количества рабочих) а технологических участках (при групповом расположении оборудования) партии деталей могут обрабатываться од-, повременно на нескольких единицах оборудования (станках-дублерах). В этом случае может быть организовано многостаночное обслуживание, при котором значительно сокращается продолжительность производственного цикла обработки партии деталей, снижается себестоимость их обработки.

При предметной форме специализации создаются производственные цехи и участки, специализированные по предметам. Они могут быть предметно-замкнутыми (ПЗУ) и предметно групповыми (ЛГУ),

На предметно-замкнутых участках (в технологическом отношении) должны выполняться, как правило, все (от первой до последней) операции, необходимые для обработки деталей или сборки сборочной единицы.

Поскольку полностью замкнуть процесс изготовления детали на одном участке (в цехе) в некоторых случаях по ряду причин не представляется возможным, допускается некоторая кооперация с участками данного цеха или других цехов.

Предметно-замкнутые участки не всегда являются административно-производственными единицами. Иногда несколько таких участков объединяются в один административно-производственный участок.

Номенклатура деталей, обрабатываемых на ПЗУ, значительно меньше, чем на любом технологическом участке. Вся номенклатура деталей, закрепляемая за цехом, при предметной | форме специализации разбивается по нескольким участкам, на каждом из которых обрабатывается только эта часть (несколько или одна номенклатурная единица). В связи с этим в основе организации ПЗУ заложена классификация деталей и сборочных единиц по определенным признакам и закрепление каждой классификационной группы деталей за определенной группой рабочих мест.

В результате классификации деталей создаются горизонтальные и вертикальные ряды классификации. В горизонтальные ряды объединяются детали по ряду признаков (конструктивно-технологические, планово-

организационные). Эти ступени деления образуют классификационные подразделения: классы, подклассы, типы, группы и т. д. Вертикальные ряды представляют собой совокупность некоторых классификационных подразделений различных видов. К числу основных признаков, по которым создаются эти ряды, как правило, относятся: 1) вид заготовки; 2) габаритные размеры (масса) деталей; 3) конструктивный тип деталей; 4) основной технологический маршрут обработки.

По первому признаку детали делятся на классы. Например, детали изготавливают из поковок, штамповок; стального, чугунного, цветного литья; катаного круглого, полосового, листового материала.

По второму признаку детали каждого класса подразделяются на подклассы крупных, средних и мелких деталей.

По третьему признаку детали каждого подкласса подразделяются на группы по конструктивным характеристикам: валы, втулки, шестерни, винты, плиты и т. д.

По четвертому признаку каждая группа деталей разбивается на типы по сложности и трудности операции и по технологическим маршрутам, например детали с обработкой на токарных, фрезерных и сверлильных станках (т-ф-с), токарных, расточных и шлифовальных станках (т-р-ш).

### *7.3. Особенности организации предметно-замкнутых участков*

Как отмечалось выше, на предметно-замкнутых участках производится полная обработка деталей (или почти полная, без отдельных операций), в результате которой получается законченная продукция.

На практике различают следующие разновидности предметно-замкнутых участков обработки деталей:

1) участки с одинаковыми или однородными технологическими процессами или маршрутами движения (например, обработка корпусов одного типа, но разных размеров);

2) участки разнообразных деталей, сходных по конфигурации и операциям обработки (например, детали плоские, детали типа тел вращения и др.);

3) участки деталей, сходных по габаритам и операциям обработки (например, детали крупные, мелкие и т. д.);

4) участки деталей из материалов и заготовок определенного вида (ковок, штамповок, сплавов, пластмасс, керамики и т. д.).

Для организации работы таких участков необходимо рассчитывать следующие календарно-плановые нормативы: размер партии деталей конкретного наименования; периодичность (ритмичность) чередования партии деталей этого наименования; число партий по каждому наименованию деталей; количество единиц оборудования по каждой операции производственного процесса и коэффициент его загрузки; кооперационно-

подетальный стандарт-план; продолжительность производственного цикла обработки партии деталей каждого наименования; нормативы заделов и незавершенного производства.

В основу расчета календарно-плановых нормативов закладываются: программа выпуска (запуска) деталей каждого наименования на плановый период; технологический процесс и нормы времени обработки деталей каждого наименования по конкретной операции; нормы подготовительно-заключительного времени на каждую операцию по каждому наименованию детали; допустимые потери рабочего времени на переналадку и плановые ремонты оборудования; число рабочих дней в плановом периоде, продолжительность рабочей смены и режим работы.

**Пример.** Предположим, что на ПЗУ обрабатываются три вида деталей: А, Б и В. Технологический процесс, нормы штучного времени, нормы подготовительно-заключительного времени и время на переналадку оборудования приведены в табл. 7.1.

Месячная программа выпуска:  $N_A = 1400$  шт.  $N_B = 2100$  шт.;  $N_V = 1750$  шт.

Число рабочих дней в месяце  $D_p = 21$  день. Режим работы ПЗУ - двухсменный.

Потери времени на подналадку оборудования  $\alpha_{об} = 2\%$  номинального фонда времени.

Расчет размера партии деталей каждого наименования.

Величина партии деталей зависит от многих экономических и организационно-производственных факторов, поэтому нормальный (оптимальный) размер партии по каждому наименованию деталей определяется, как правило, в два этапа.

Таблица 7.1

**Нормы времени на выполнение операций, подготовительно-заключительное время и нормы времени на переналадку оборудования**

Операция	Нормы времени по деталям, мин								
	А			Б			В		
	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$	$t_{шт}$	$t_{п.з.}$	$t_{н.о.}$
Токарная	3,53	15	20	3,95	15	20	2,82	15	20
Фрезерная	2,33	15	20	4,75	15	20	3,78	15	20
Шлифовальная	5,95	10	20	5,57	10	20	7,64	10	20
Итого ( $T_{то}$ )	11,81	40	60	14,27	40	60	14,24	40	60

На первом этапе устанавливается расчетная (минимальная) величина размера партии деталей J-го наименования ( $n_{minj}$ ) по формуле

$$n_{\min.j} = \frac{(100 - \alpha_{об}) \cdot \sum_{i=1}^m t_{п.з.з.}}{\alpha_{об} \cdot \sum_{i=1}^m t_{ij}} \quad (7.1)$$

где  $\alpha_{об}$  - допустимый процент потерь времени на переналадку оборудования;  
 $t_{п.з.з.}$  - подготовительно-заключительное время на  $i$ -й операции  $j$ -го наименования изделия, мин;  
 $t_{ij}$  - норма штучного времени на  $i$ -й операции  $j$ -го наименования изделия, мин;  
 $m$  - число операций  $j$ -го наименования изделий.

Для данного примера

$$n_{\min.A} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 11,81} = 166 \text{ шт.}; \quad n_{\min.B} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 14,27} = 137 \text{ шт.};$$

$$n_{\min.B} = \frac{(100 - 2) \cdot 40}{2 \cdot 4,24} = 138 \text{ шт.}$$

За максимальный размер партии деталей  $j$ -го наименования может быть принята месячная программа выпуска. В рассматриваемом примере

$$n_{\max.A} = N_A = 1400 \text{ шт.}; \quad n_{\max.B} = N_B = 2100 \text{ шт.}; \\ n_{\max.B} = N_B = 1750 \text{ шт.}$$

Второй этап определения размера партии деталей  $J$ -го наименования заключается в корректировке полученных размеров партии деталей, т. е.  $n_{\min.i.j}$  и  $n_{\max.i.j}$ . Предел нормального (оптимального) размера партии ограничен неравенством:

$$n_{\min.j} \leq n_{н.j} \leq n_{\max.j} \quad (7.2)1$$

Корректировка предельных размеров партии деталей  $j$ -го, наименования начинается с установления удобопланируемых ритмов. Ряды этих ритмов зависят от числа рабочих дней в месяце. Для рассматриваемого примера удобопланируемыми ритмами могут быть 21,7,3 и 1 день.

Ритм (период чередования) партии деталей каждого наименования рассчитывается по формуле (5.17).

Если по расчету получается дробное число, то из ряда удобопланируемых ритмов принимают ближайшее целое число ( $R_{пр}$ ).

В данном примере

$$R_{р.А} = \frac{21 \cdot 166}{1400} = 2,49; R_{пр.А} = 3 \text{ дня}; R_{р.Б} = \frac{21 \cdot 137}{2100} = 1,37;$$

$$R_{пр.Б} = 1 \text{ день}; R_{р.В} = \frac{21 \cdot 138}{1750} = 1,67; R_{пр.В} = 3 \text{ дня}.$$

Далее для всех наименований деталей ПЗУ принимается общий (максимальный из всех принятых) период чередования. Для рассматриваемого примера.  $R_{пр.} = 3$  дня. После этого корректируются размеры партий деталей каждого  $j$ -го наименования по формуле

$$n_j = R_{пр.j} \cdot N_j / D_p \quad (7,3)$$

Размер партии и период чередования должны быть такими, чтобы обеспечивались пропорциональность и соответствующий уровень производительности труда на каждом рабочем месте. В данном примере

$$n_{н.А} = 3 \cdot \frac{1400}{21} = 200 \text{ шт.}; n_{н.Б} = 3 \cdot \frac{2100}{21} = 300 \text{ шт.};$$

$$n_{н.В} = \frac{1750}{21} = 250 \text{ шт.};$$

Число партий по каждому  $j$ -му наименованию деталей ( $A$ ) определяется по формуле

$$X_j = N_j / n_{н.j} \quad (7.4)$$

Для рассматриваемого примера

$$X_A = \frac{1400}{200} = 7; X_B = \frac{2100}{300} = 7; X_A = \frac{1750}{250} = 7;$$

Число единиц оборудования по каждой  $i$ -й операции рассчитывается по формуле

$$C_{p.i} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j \cdot t_{ij} + \sum_{j=1}^n X_j \cdot t_{н.о.ij} + \sum_{j=1}^n t_{п.з.ij}}{F_{эф} \cdot K_B}, \quad (7.5)$$

где  $j$ - номенклатура обрабатываемых деталей, закрепленных за ПЗУ;

$t_{н.о.ij}$  - время, затрачиваемое на переналадку оборудования на 1-й операции по  $j$ -му наименованию детали, мин;

$F_{эф}$  - эффективный фонд времени работы оборудования за плановый период времени с учетом режима работы участка, мин;

$K_B$  — коэффициент выполнения норм времени.

Расчет числа единиц оборудования и коэффициента его загрузки проводится в табличной форме (табл. 7.2) с учетом данных рассмотренного выше примера.

Расчетные показатели	Вид операций											
					Фрезерная				Шлифовальная			
	Модель станка (группа оборудования)											
	1К62				6Т83Ш-1				3А110В			
	$t_{ij}$ , МИН	$t_{п.з.ij}$ , МИН	$t_{н.о.ij}$ , МИН	$T_j$ , Ч	$t_{ij}$ , МИН	$t_{п.з.ij}$ , МИН	$t_{н.о.ij}$ , МИН	$T_j$ , Ч	$t_{ij}$ , МИН	$t_{п.з.ij}$ , МИН	$t_{н.о.ij}$ , МИН	$T_j$ , Ч
Деталь А	3,53	15	20	84,95	2,33	15	20	56,95	5,95	15	20	141,33
Деталь Б	3,95	15	20	140,83	4,75	15	20	168,83	5,57	15	20	197,45
Деталь В	2,82	15	20	84,83	3,75	15	20	112,83	7,64	15	20	225,33
Итого				310,61				338,61				564,11
Коэффициент выполнения норм времени ( $K_B$ )				1,0				1,0				1,0
Эффективный фонд времени ( $F_{эф}$ )				322				322				322
Расчетное число рабочих мест ( $C_{pi}$ )				0,96				1,05				1,75
Принятое число рабочих мест ( $C_{при}$ )				1				1				2
Коэффициент загрузки оборудования ( $K_{ai}$ )				0,96				1,05				0,88

Для первой (токарной) операции

$$C_{p.1} = \frac{1400 \cdot 3,53 + 2100 \cdot 3,95 + 1750 \cdot 2,82 + 7(20 + 20 + 20) + (15 + 15 + 15)}{21 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 60} = 0,96 \text{ станка}$$

Принимаем  $C_{p.1} = 1$  станок. Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле

$$K_{з.1} = \frac{C_{p.i}}{C_{пр.i}} = \frac{0,96}{1} = 0,96.$$

Для остальных операций расчет потребности в оборудовании и коэффициент его загрузки ведется аналогично. Если расчет показывает, что по основным группам станков  $K_з < 0,8$ , то необходимо принять меры к расширению номенклатуры деталей на данном участке.

**Построение стандарт-плана ПЗУ.** Пооперационный по детальный стандарт-план устанавливает повторяющиеся стандартные сроки запуска и выпуска партий деталей каждого наименования по каждой операции. Стандарт план строится на определенный период времени (ритм чередования партий деталей принимается  $R_{пр}$ ) и работа по нему повторяется из периода в период без изменений до тех пор, пока действует данная производственная программа.

Для всех наименований деталей ПЗУ принимается общий ритм (наибольший из всех принятых). Для рассматриваемого примера  $R_{пр} = 3 \text{ дня}$ .

При построении стандарт-плана разрабатываются три календарных графика (рис.7.1).

Порядок построения первого графика следующий. Исходя из установленного срока изготовления партии деталей  $j$ -го наименования, на календарный план наносят время циклов обработки каждой партии деталей  $j$ -го наименования по операциям производственного процесса, начиная с последней и кончая первой (в порядке, обратном ходу технологического процесса), без учета загрузки рабочих мест. Продолжительность операционного цикла ( $T_{ц.опij}$ , ч) рассчитывается по формуле

$$T_{ц.опij} = \frac{П_{нj} \cdot t_{ij} + t_{п.зij}}{60 \cdot K}. \quad (7.6)$$

При исходных данных рассматриваемого примера продолжительность операционного цикла обработки детали "А" на первой операции составит

$$T_{ц.оп1.А} = \frac{200 \cdot 3,53 + 15}{60 \cdot 1 \cdot 8} = 1,5 \text{ смены.}$$

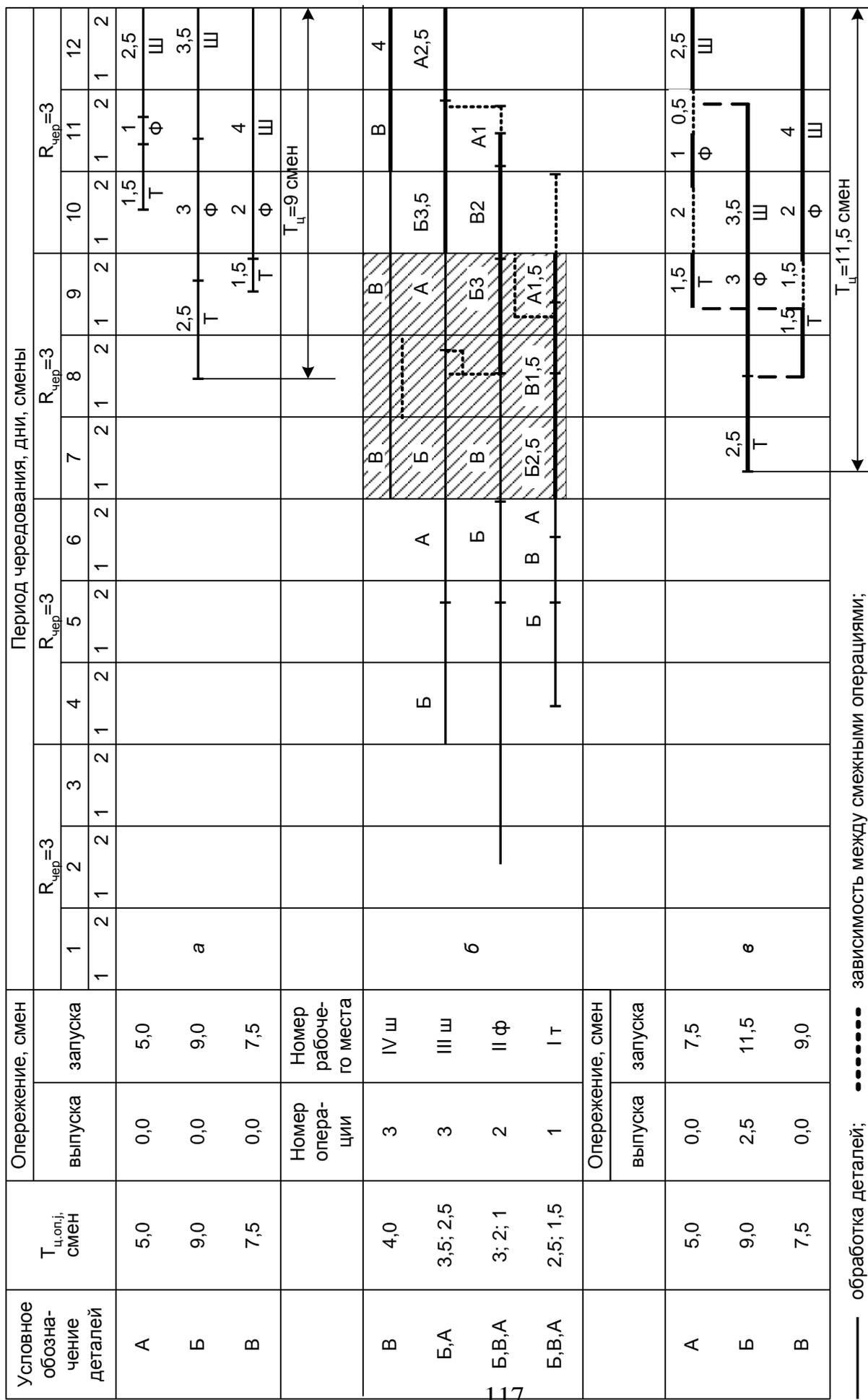
Расчет продолжительности операционных циклов по всем деталям и операциям производится в табличной форме (табл. 7.3).

**Таблица 7.3**

**Расчет продолжительности операционных циклов**

Операция	Продолжительность цикла обработки партии деталей, смен		
	А	Б	В
Токарная	1,5	2,5	1,5
Фрезерная	1,0	3,0	2,0
Шлифовальная	2,5	3,5	4,0
Итого ( $T_{то}$ )	5,0	9,0	7,5

График 1 (рис. 7.1, а) не рационален, так как он построен без учета загрузки рабочих мест. Так, на 12-й рабочий день, согласно графику, вся номенклатура деталей должна обрабатываться на двух шлифовальных станках, изделия Б и В следует обрабатывать одновременно на токарных станках на 9-й день и на фрезерных станках на 10-й день, однако в наличии имеется по одному станку данных моделей. Исходя из этого



— обработка деталей; ..... зависимость между смежными операциями;  
 ..... пролёживание деталей в ожидании высвобождения станка

Рис. 7.1. Стандарт-план предметно-замкнутого участка

операции необходимо закрепить за рабочими местами и установить очередность обработки партий деталей каждого наименования, а затем можно построить графики - график загрузки рабочих мест (см. рис. 7.1, б). При этом должны быть обеспечены наиболее полное и непрерывное использование оборудования и полная занятость рабочих.

Календарное сочетание операций по данной партии деталей каждого наименования по возможности должно приближаться к параллельно-последовательному виду движений.

На этом же графике строится собственно стандарт-план, где представлены стандартные повторяющиеся сроки выполнения всех операций обработки партий деталей каждого наименования.

После построения графика 2 строится уточненный график 3 технологического цикла обработки партий деталей каждого наименования с учетом загрузки рабочих мест (см. рис. 7.1, в). При этом необходимо стремиться к тому, чтобы время циклов отдельных операций графика 2 являлось проекциями на графике 3. По этому графику определяются продолжительность технологического цикла партий каждого наименования, опережение запуска, выпуска, время пролеживания партий деталей в ожидании высвобождения оборудования от обработки предыдущей партии и общая продолжительность производственного цикла комплекта партий деталей ( $T_{ц,к}$ ), изготавливаемых на ПЗУ.

**Расчет продолжительности производственного цикла** проводится по каждой партии деталей каждого наименования по стандарт-плану (графический метод) и по формулам (аналитический метод).

При расчете по графику с учетом загрузки рабочих мест и времени пролеживания деталей, продолжительность производственного цикла составляет соответственно:  $T_{ц,А} = 7,5$  смены,  $T_{ц,Б} = 9$  смен,  $T_{ц,В} = 9$  смен, а общая продолжительность производственного цикла комплекта партий деталей  $T_{ц,к} = 11,5$  смены. Время опережения запуска-выпуска с учетом пролеживания составляет 2,5 смены (см. рис. 7.1,в).

Аналитическим методом продолжительность производственного цикла определяется по формуле (приблизительное значение, так как в формуле не учитывается время пролеживания деталей и принимается среднеарифметическое значение числа единиц оборудования)|

$$T_{ц, j} = \left( \Pi_{н, j} \cdot \sum_{i=1}^m t_{шт. i, j} / C_{пр i} + \sum_{i=1}^m t_{п. з i j} + m \cdot t_{п. о i j} + t_{зах} \omega_3 + t_e \right) \cdot \frac{1}{60}, \quad (7.7)$$

где  $t_{зах}$  - время на одну заходку деталей в другие цехи, мин;

$\omega$  - число заходов партии деталей в другие цехи;

$t_e$  - время, затрачиваемое на естественные процессы (сушка, остывание и др.), мин.

Определение среднего размера заделов и незавершенного производства. Размер задела по  $j$ -му наименованию деталей определяется по формуле

$$Z_j = n_{Hj} T_{цj} / R_{пр}. \quad (7.8)$$

Для рассматриваемого примера

$$Z_A = 200 \frac{7,5}{3 \cdot 2} = 250 \text{ шт.}; \quad Z_B = 300 \frac{9}{3 \cdot 2} = 450 \text{ шт.};$$

$$Z_B = 250 \frac{9}{3 \cdot 2} = 375 \text{ шт.};$$

Величина незавершенного производства без учета затрат труда на предыдущих стадиях обработки деталей рассчитывается по формуле

$$H_{срBj} = Z_j \left( \sum_{i=1}^m t_{ij} + \frac{\sum_{i=1}^m t_{пз.ij}}{n_{Hj}} \right) \cdot K_H. \quad (7.9)$$

В данном примере

$$H_{срB.A} = 250 \cdot \left( 11,81 + \frac{40}{200} \right) \cdot 0,5 = 1501,25 \text{ мин, или } 25 \text{ ч.}$$

$$H_{срB.B} = 450 \cdot \left( 14,27 + \frac{40}{300} \right) \cdot 0,25 = 3240 \text{ мин, или } 54 \text{ ч.}$$

$$H_{срB.B} = 375 \cdot \left( 14,24 + \frac{40}{250} \right) \cdot 0,5 = 2700 \text{ мин, или } 45 \text{ ч.}$$

#### *7.4. Особенности предметно-групповой и смешанной форм организации производства*

При предметно-групповой форме организации непоточного производства создаются предметные, групповые или поддетально-групповые участки на основе использования групповой технологии обработки деталей. Ранее применялся метод типизации технологических процессов, впервые

разработанный в 1936 г. проф. Ленинградского политехнического института А. П. Соколовским.

Сущность этого метода заключалась в том, что все детали разбивались на классы, подклассы, группы, подгруппы и т. д. вплоть до типа. К одному типу относились детали, для которых можно разработать и применить единый общий типовой технологический процесс. Этот метод широко применяется и в настоящее время (как ПЗУ, где обрабатывается одно изделие).

Дальнейшим развитием метода типизации технологических процессов послужил метод групповой обработки деталей, разработанный проф. С. П. Митрофановым в 1959 г.

Сущность этого метода заключается в разработке технологического процесса и технологической оснастки для группы сходных между собой деталей или операций, для которых требуются однотипное оборудование и оснастка; при этом сокращается многообразие обрабатываемых деталей и операций. Данный метод способствует применению технологии соответствующей уровню технологии крупносерийного и массового производств. Групповое производство в процессе обрабатывающей стадии на базе групповой технологии, может быть создано в виде поддетально-групповых цехов, участков и групповых (многопредметных) поточных линий, где детали обрабатываются без переналадки станков. В дополнение к преимуществам предметной специализации предметно-замкнутых участков поддетально-групповые участки обладают следующими достоинствами: 1) отсутствие времени на переналадку станков, что приводит к снижению себестоимости обработки деталей, повышению производительности и увеличению коэффициента использования оборудования; 2) упрощение внутрицехового оперативно-производственного планирования и управления за счет сокращения внешних связей каждого участка; 3) повышение степени саморегулирования участком вследствие увеличения внутренних связей на участке. Однако в некоторых случаях не удастся производить детали на одном участке (предметно-замкнутом или предметно-групповом) по ряду причин (слишком малая загрузка того или иного оборудования, необходимость вынесения отдельных операций по санитарно-гигиеническим или технологическим условиям, в отдельные помещения и т. д.). В таком случае используется смешанная форма специализации непоточного производства, т. е. обработка деталей ведется на технологических и предметно-замкнутых (предметно-групповых) участках. Данная форма имеет те же преимущества и недостатки, что и две рассмотренные выше формы, но при этом появляются дополнительные трудности в организации производства:

1. Технологический маршрут разрывается на отдельные части, если выделяемые операции не начальные и не конечные.

2. Значительно удлиняется маршрут движения деталей в связи с заходами их в другие цехи (участки) и возрастает продолжительность производственного цикла за счет увеличения времени транспортировки.

3. Снижаются ответственность единого лица за сроки изготовления

деталей и их качество.

4. Усложняется цеховое планирование.

5. Появляются оборотные заделы между участками, что вызывает потребность складских помещений и обуславливает рост незавершенного производства;

### *7.5. Особенности организации участков серийной сборки изделий*

Организацию участков серийной сборки изделий можно отнести к непоточным методам производства тогда, когда изделия изготавливаются малыми сериями при широкой номенклатуре или партиями, но повторяемость партий изделий данной номенклатуры в программе завода либо отсутствует, либо нерегулярна, а размеры партий неустойчивы.

На участке серийной сборки рабочий (или бригада рабочих) вначале выполняет одну операцию над серией или партией собираемых изделий каждого наименования, затем вторую, третью и т. д. После каждой операции над партией (серией) изделий рабочий обычно производит переналадку рабочего места (смена инструмента, приспособлений, наладка специальных установок, подготовка мерительного инструмента и т. д.), затрачивая так называемое подготовительно-заключительное время. При серийной сборке каждый рабочий может выполнять несколько различных операций по одному изделию любого наименования, а также по различным сборочным объектам. При такой форме организации производства предметы сборки передаются с операции на операцию целиком всей партией (серией) изделий любого наименования.

Особенностью организации работы участков серийной сборки является расчленение изделия на отдельные сборочные элементы (единицы). Так как большинство деталей перед установкой их на изделие предварительно собирается в сборочные единицы (мелкие сборочные единицы, подузлы, узлы и т. д.), обособленные от других элементов изделия, это дает возможность организовать их сборку параллельно, а все календарно-плановые нормативы устанавливаются на партию сборочных единиц.

Партия-это заранее установленное количество одноименных предметов труда (сборочных единиц), изготавливаемых с одной наладки рабочего места (с однократной затратой подготовительно-заключительного времени).

Сборочные операции в отличие от заготовительных и обрабатывающих являются более однородными, легко поддающимися элементарному расчленению на отдельные переходы, что дает возможность для перегруппировки их в новые операции. Это обстоятельство во многих случаях создает благоприятные условия для выравнивания времени выполнения операций (пропорциональности) по отдельным рабочим местам.

Продолжительность сборочных операций и процессов по сборке

сборочных единиц зависит не только от их трудоемкости, но и от количества рабочих, одновременно занятых их выполнением, т. е. от так называемого *фронта работы*. Это позволяет во многих случаях уменьшить продолжительность производственного цикла сборки изделия.

Другой важной особенностью организации участков серийной сборки является расчет периода чередования партий сборочных единиц, построение циклового графика сборки изделия и расчет продолжительности производственного цикла (расчет этих календарно-плановых нормативов приведен в пар. 5.3).

Размер партии ( $n_H$ ) и период чередования ( $R_{пр}$ ) должны быть согласованы со сроками поставки готовой продукции и периодами чередования партий на сопряженных участках. Размеры партий изделий и периоды их чередования должны быть выбраны такими, чтобы обеспечивался соответствующий уровень производительности труда на каждом рабочем месте, а также удобная передача партий с одного рабочего места на другое. По крупногабаритным сборочным единицам (узлам, блокам и т. д.) нормальный размер партии может быть скорректирован в меньшую сторону (иногда менее минимального размера по расчету). По узлам и другим сборочным единицам, имеющим установленный предельный срок хранения, нормальный размер партии сокращается.

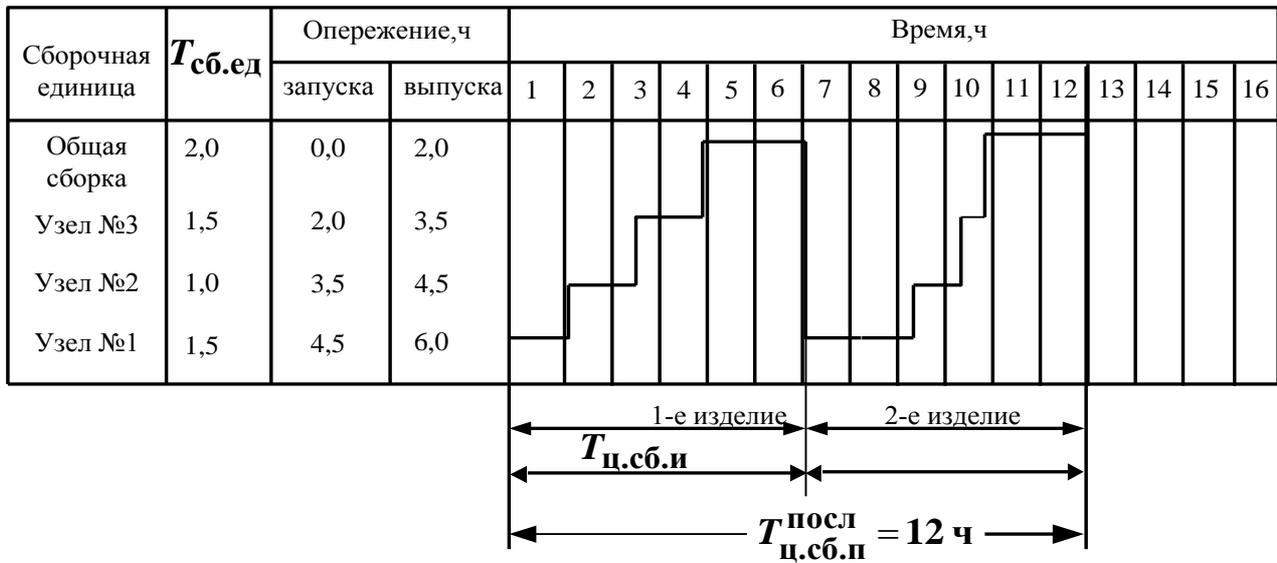
Для всех сборочных единиц, входящих в одно и то же изделие, как правило, устанавливается единый период чередования партий. В течение каждого периода чередования обеспечивается выпуск комплекта партий всех сборочных единиц, принадлежащих данному изделию. Если на участке собирается несколько наименований изделий (2-3 и более), имеющих разную программу выпуска (запуска), то *w* тогда следует выбирать единую периодичность повторения всех партий сборочных единиц каждого наименования. В крайнем случае на участке можно назначить 2-3 разных периода чередования, *но* кратных друг другу. Сокращение числа разных ритмов партий значительно упрощает построение стандарт-плана и облегчает оперативное планирование и регулирование работ на участке.

Построение сборочного процесса во времени может быть осуществлено по любому из рассмотренных выше (см. пар. 5.2) видов движения: последовательному, последовательно-параллельному или параллельному.

Последовательная сборка изделия применяется в том случае, когда все сборочные работы осуществляются одной бригадой сборщиков, начиная от первой сборочной единицы до полной сборки и испытания (рис. 7.2). Общая продолжительность цикла ( $T_{ц.сп.б}^{посл}$ ) сборки партии (серии) изделий определяется по формуле

$$T_{ц.сп.б}^{посл} = n_H \sum_{i=1}^m t_{сб.ед.i} \quad (7.10)$$

где  $m$ - число сборочных единиц.

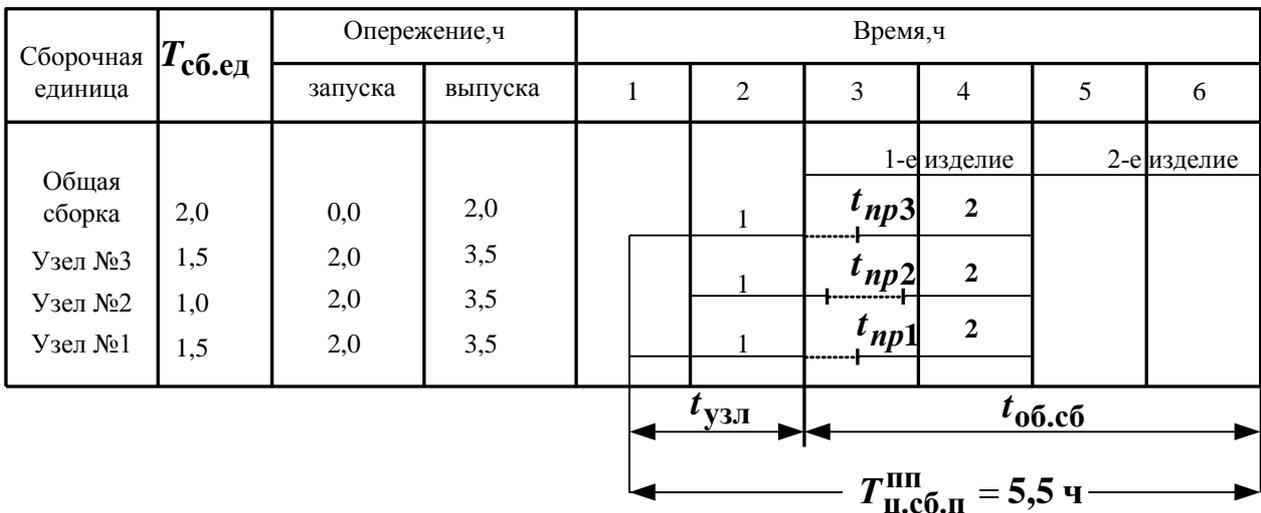


**Рис. 7.2.** График организации процесса последовательной сборки двух изделий ( $n = 2$ )

Примером параллельно-последовательной сборки может служить сочетание параллельной сборки узлов на отдельных рабочих местах при осуществлении последовательной общей сборки изделий на одном рабочем месте (рис. 7.3). Общая продолжительность цикла сборки серии изделий ( $T_{ц.сп.б}^{пш}$ ) снижается. Ее величина рассчитывается по формуле

$$T_{ц.сп.б}^{пш} = t_{узл}^{тр} + \sum_{i=1}^n t_{об.сб.и} \quad (7.11)$$

где  $t_{узл}^{тр}$  - время сборки наиболее трудоемкого узла, ч;  
 (об.св- время общей сборки изделий, ч.



**Рис. 7.3.** График организации процесса последовательно-параллельной сборки двух изделий ( $m = 2$ )

Однако при такой форме организации возникают простои рабочих на тех рабочих местах, где продолжительность цикла узловой сборки меньше продолжительности цикла общей сборки. Общее время простоя определяется по формуле

$$t_{пр} = (n_H - 1) \cdot t_{об.сб} \cdot m - \sum_{i=1}^m t_{узл.i}, \quad (7.12)$$

где  $m$  - общее количество узлов, собираемых параллельно;  
 $t_{узл.i}$  - длительность сборки  $i$ -го узла, ч.

При организации параллельной сборки по всему сборочному процессу продолжительность производственного цикла сборки серии (партии) изделий ( $T_{ц.сб.п}$ ) еще больше сокращается (рис. 7.4). Величина ее рассчитывается по формуле

$$T_{ц.сб.п}^{пар} = t_{узл}^{пр} + \sum_{i=1}^n t_{об.сб.i} - \sum_{i=1}^{n-1} \tau_i, \quad (7.13)$$

где  $\tau$  - время совмещения (параллельности) выполнения общей сборки изделия, мин.



**Рис. 7.4.** График организации процесса параллельной сборки двух изделий ( $n_H = 2$ ) без синхронизации сборочных единиц

Однако, как и в предыдущем случае, из-за некратности продолжительности циклов узловой сборки и общей сборки изделия на отдельных рабочих местах возникают простои ( $t_{пр}$ ), суммарная величина которых по данному узлу изделия определяется по формуле

$$t_{прi} = T_{ц.сб.п}^{пар} - t_{об.сб} - \sum_{i=1}^n t_{узлi}. \quad (7.14)$$

Таким образом, применение параллельной сборки по всему процессу без синхронизации продолжительности сборки узлов и общей сборки изделия не полностью ликвидирует простои рабочих мест.

Если операции сборочного процесса разделить на отдельные более мелкие элементы и снова их сгруппировать в новые операции, то можно добиться равенства или кратности выполнения их. Предположим, что при пересмотре технологии установлено, что часть элементов по общей сборке можно перенести на узловую сборку, в частности на сборку узла № 2. Тогда сборка узлов и общая сборка изделия образуют пропорциональный процесс при той же общей трудоемкости (рис. 7.5), который позволяет полностью ликвидировать простои на рабочих местах и уменьшить продолжительность производственного цикла.



**Рис. 7.5.** График организации процесса параллельной сборки изделий при синхронизированных операциях ( $n_H = 2$ )

## Глава 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

### 8.1. Общие положения

Развитие предметной формы специализации цехов (участков) приводит к созданию поточного производства - наиболее прогрессивной и эффективной формы организации производственных процессов, основанных на ритмичной повторяемости согласованных во времени основных и вспомогательных операций. Эти операции выполняются на специализированных рабочих местах, расположенных в последовательности технологического процесса, которая в максимальной степени позволяет реализовать принципы прямооточности, специализации, непрерывности, параллельности, пропорциональности и ритмичности.

*Принцип прямооточности* предусматривает размещение оборудования и рабочих мест в порядке-следовании операций технологического процесса. Прямоточность обеспечивает кратчайший путь движения изделия в производстве.

*Принцип специализации* воплощается в создании специализированных поточных линий, предназначенных для обработки одного закрепленного за данной линией изделия или нескольких технологически родственных изделий.

*Принцип непрерывности* проявляется в виде непрерывного (без межоперационного пролеживания) движения изделий по операциям при непрерывной работе рабочих и оборудования. Подобные линии называются непрерывно-поточными. Непрерывность является прямым следствием принципа пропорциональности, в частности равной производительности на всех операциях линии. Если такого равенства нет, то линия называется прерывно-поточной или прямооточной.

*Принцип параллельности* предусматривает параллельное движение изделий, при котором они передаются по операциям поштучно либо небольшими транспортными партиями.

Принцип ритмичности характеризуется ритмичным выпуском продукции с линии и ритмичным повторением всех операций на каждом ее рабочем месте. На непрерывно-поточных линиях с поштучной передачей выпуск (запуск) каждого изделия осуществляется через один и тот же интервал времени, называемый тактом линии (или поштучным ритмом). Такт линии, как правило, строго согласован с производственной программой и рассчитывается по формул

$$r = F_{эф} / N_3, \quad (8.1)$$

где  $F_{эф}$  - эффективный фонд времени работы линии в плановый период (месяц, сутки, смена), мин;  
 $N_3$  - программа запуска по изделию на этот же период, шт.

При передаче изделий транспортными партиями (пачками) ритмичность работы непрерывно-лоточной линии характеризуется интервалом времени, определяющим выпуск (запуск) одной пачки от последующей за ней, т. е. ритмом линии, который определяется по формуле

$$R = r \cdot p, \quad (8.2)$$

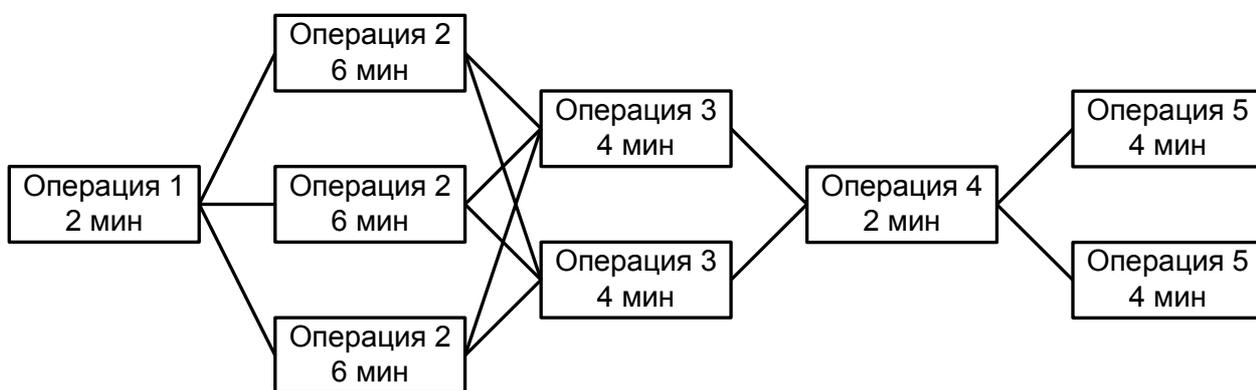
где  $p$  - число изделий в транспортной партии (пачке).

Таким образом, за время каждого ритма на линии и рабочих местах выполняется одинаковый по количеству и составу объем работы.

Чтобы наглядно пояснить, почему подобное производство называется поточным, обратимся к следующему простому примеру. Пусть для обработки детали А27 требуется технологический процесс, состоящий из пяти операций, время выполнения которых соответственно равно:  $t_1 = 2$  мин,  $t_2 = 6$  мин,

$t_3 = 3$  мин,  $t_4 = 2$  мин,  $t_5 = 4$  мин. Задана месячная программа ( $N_3 = 9000$  шт.). Эффективный фонд времени работы оборудования за месяц составляет 300 ч, или 18 000 мин.

Очевидно, что такт линии будет равен 2 мин/шт. (18000:9000), штучное время на всех операциях равно или кратно такту. Следовательно, для согласования ритмичной работы на 1-й операции необходимо иметь один станок, на 2-й операции - втрое больше станков, чем на 1-й, так как время выполнения 2-й операции в 3 раза больше (6:2=3). Аналогично рассчитывается требуемое число станков на всех остальных операциях. Схематически это представлено на рис. 8.1.



**Рис. 8.1.** Схема организации потока

Приведенная схема наглядно показывает, почему такое производство названо поточным. Чем уже русло потока, тем быстрее его течение и наоборот. Для организации поточного производства характерны следующие признаки:

- возможность деления производственного процесса изготовления продукции на более или менее простые операции и закрепление их за отдельными рабочими местами (станками) или за группой одинаковых рабочих мест;

- оснащение рабочих мест поточной линии специальным оборудованием, инструментом, приспособлениями, обеспечивающими высокопроизводительное выполнение закрепленных операций;

- размещение рабочих мест в строгом соответствии с последовательностью технологического процесса;

- транспортная направленность, регламентирующая все производство во времени и в пространстве;

- высокая степень механизации и автоматизации процессов производства;

- непрерывно повторяющееся единообразие всех производственных факторов - качества и форм материалов, инструментов и приспособлений и т. п.;

- равномерность выпуска продукции на основе единого расчетного такта поточной линии;

- немедленная (т. е. без межоперационных ожиданий) передача предметов труда с предыдущей операции на последующую поштучно или небольшими партиями, по мере их обработки на предыдущей с помощью специальных транспортных средств.

Условиями для перехода на поточные методы производства являются: достаточный объем выпуска однотипных изделий, для чего максимально унифицируют конструкции выпускаемых изделий; углубление специализации завода, цехов, участков и рабочих мест, отработка конструкций изделий с точки зрения требований поточной технологичности; разработка технологического процесса, обеспечивающего наибольшую пропорциональность в потоке, а в серийном производстве - унификация технологии и применение групповой обработки.

## 8.2. Классификация поточных линий

Организационные формы поточных линий весьма разнообразны, поэтому целесообразно делить их на группы по классификационным признакам (рис. 8.2).

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

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

в) большой масштаб производства однотипной продукции.

Эти Линии, как правило, применяются в условиях массового или

крупносерийного производства.

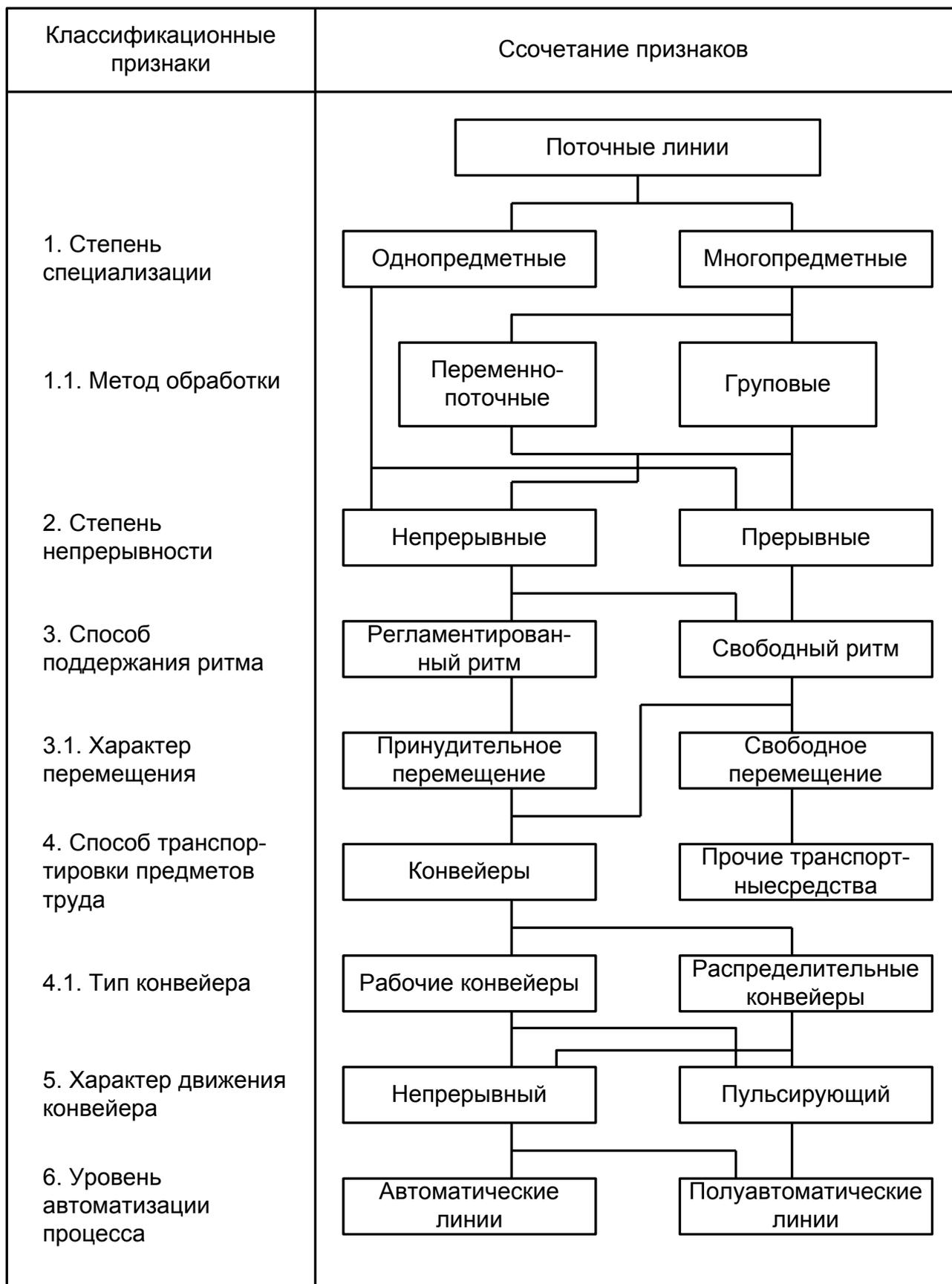
Многопредметные поточные линии создаются в тех случаях, когда программа выпуска продукции одного вида не обеспечивает достаточной загрузки комплекта оборудования линии. В зависимости от метода чередования объекта производства многопредметные линии подразделяются на переменноточные и групповые.

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

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

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

Непрерывно-поточными могут быть как одно-, так и многопредметные поточные линии.



**Рис. 8.2.** Схема классификации основных видов поточных линий.

На непрерывно-поточных линиях предметы труда с операции на

операцию непрерывно передаются поштучно или небольшими транспортными партиями с помощью механизированных или автоматизированных транспортных средств (конвейеров) через одинаковый промежуток времени, равный такту или ритму потока. При этом время выполнения всех операций технологического процесса на данном рабочем месте должно быть равно или кратно такту (ритму). Такой технологический процесс принято называть синхронизированным.

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

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

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

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

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

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

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

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

Транспортные конвейеры поточных линий (ленточные, пластинчатые, цепные, подвесные и др.) предназначены для транспортировки предметов труда

и поддержания заданного ритма работы линии.

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

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

Линии с транспортными средствами дискретного действия в зависимости от разновидности этих средств могут быть подразделены на несколько видов. К транспортным средствам дискретного действия относятся; бесприводные (гравитационные) транспортные средства (рольганги, скаты, спуски и др.);

подъемно-транспортное оборудование циклического действия (мостовые краны, монорельсы с тельферами, электротележки, электрокары и др.).

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

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

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

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

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

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

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

•\*

### 8.3. Выбор, обоснование и компоновка поточных линий

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

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

Условие синхронизации технологического процесса можно записать следующим образом:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \frac{t_3}{C_3} = \dots = \frac{t_n}{C_n} = r_{н.л}, \quad (8.3)$$

где  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  - нормы штучного времени по операциям технологического процесса, мин;

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  - число рабочих мест по операциям технологического процесса;

$r_{н.л}$  - такт (поштучный ритм) непрерывно-поточной линии, мин/шт.

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

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

Синхронизация операций может быть достигнута также за счет снижения режимов резания на отдельных операциях до необходимого уровня.

В результате этого увеличивается машинное время ( $t_M$ ), а следовательно, и штучное время ( $t_{шт}$ ), которое может быть доведено до величины, равной или кратной такту потока. Увеличение доли машинного времени повышает возможность внедрения многостаночного обслуживания, что может дать экономию на заработной плате, поскольку расценка на изготавливаемое изделие возрастает непропорционально увеличению числа обслуживаемых станков.

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

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

Выбор типа технологического оборудования для формирования поточной линии предопределяется характером технологического процесса, составом, сложностью и назначением входящих в него операций, габаритами, массой изготавливаемого изделия и требованиями, предъявляемыми к его качеству.

При выборе транспортных средств поточно-механизированного и автоматизированного производства учитываются конфигурация, габаритные размеры, масса, особенности выполнения операций и их синхронизация, объем и постоянство выпуска изделий, а также функции, выполняемые транспортными устройствами и системами, их технические и эксплуатационные возможности.

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

После выбора технологического оборудования и вида транспортных средств производится компоновка поточной линии. При этом желательно добиваться прямолинейного расположения оборудования (рис.8.3, а, б), если позволяют производственные площади и тип выбранных (разработанных)

транспортных средств. При отсутствии достаточных площадей нередко целесообразны компоновки с Г- и П-образными, зигзагообразными (рис. 8.3, в) или кольцеобразными (рис. 8.3, г) внешними контурами. Расположение оборудования у транспортного средства в два ряда или в шахматном порядке (рис. 8.3, б, д) позволяет более рационально использовать производственную площадь цеха и экономить средства в за счет применения транспортных средств (конвейеров) меньшей длины.

Выбор рациональной структуры и компоновка являются важной предпосылкой разработки оптимальных планировок поточных линий.

Оценка оптимальности варианта планировки линии производится по таким технико-экономическим показателям, как доля площади, занятой непосредственно технологическим оборудованием, выпуск продукции на  $1\text{м}^2$  производственной площади, длина пути, проходимого за смену рабочими при обслуживании ими нескольких единиц оборудования, и др.

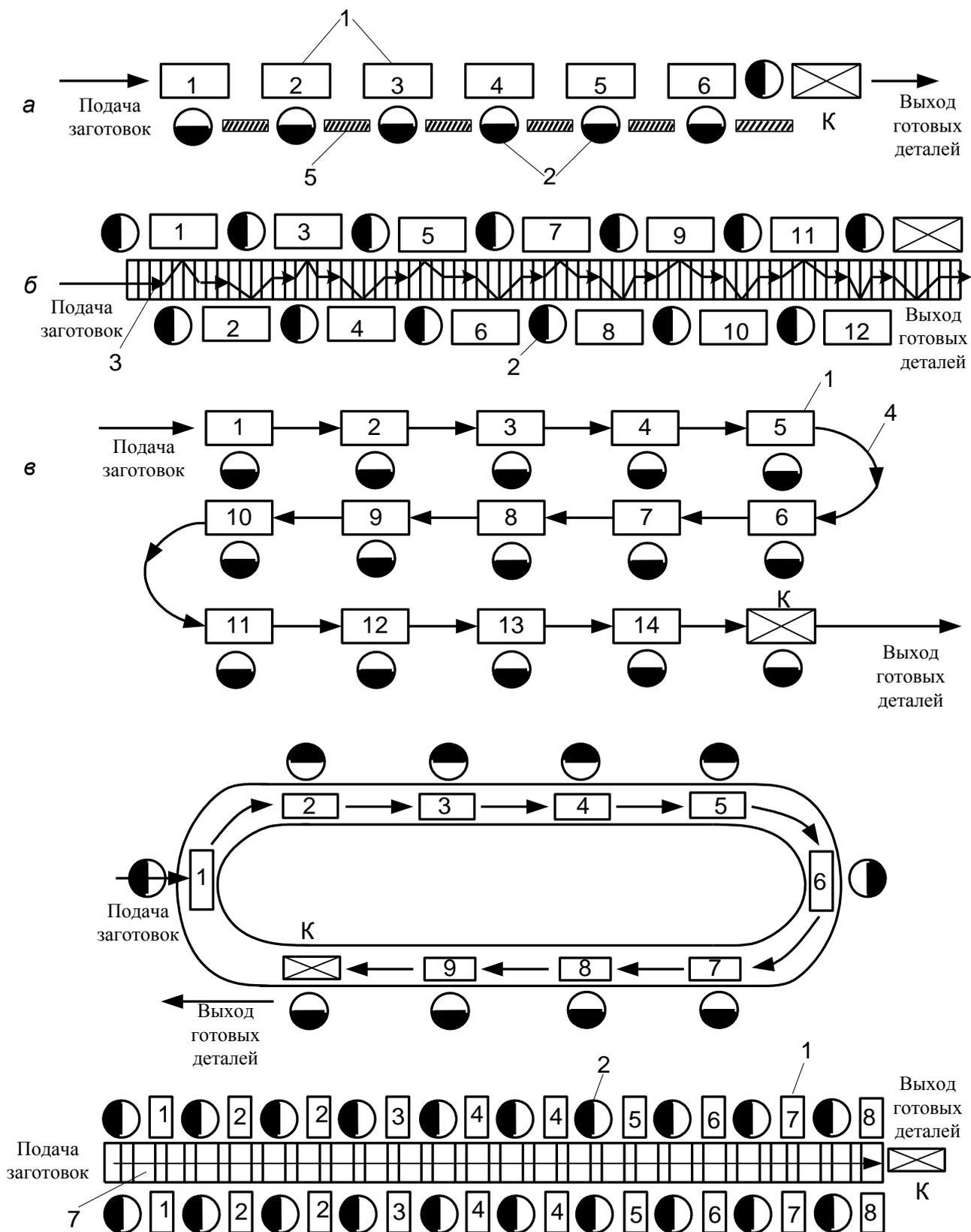


Рис.8.3.Схема компоновки и планировки поточных линий:

1-оборудование (рабочие места); 2-операторы; 3-рольганг;

Достаточно рациональные компоновки и планировки поточных линий получаются при использовании макетов моделей рабочих мест (двумерные контуры оборудования, мест складирования, оргоснастки и др.).

Моделирование поточных линий На ЭВМ обеспечивает выбор их рациональных компоновок и планировок по принятому критерию оптимизации.

#### ***8.4. Особенности организации однопредметной непрерывно-поточной линии***

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

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

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

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

**Расчет такта (ритма) потока.** Для расчета этого норматива поточной линии прежде всего должны быть определены:

программа запуска продукции на линию за рассчитываемый период (месяц, сутки, смена); фактический (эффективный)

фонд времени работы оборудования за этот же период; нормы времени на выполнение каждой операции.

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

Расчет программы запуска ( $N_3$ ) производится по программе выпуска ( $N_B$ ):

$$N_3 = \frac{N_B \cdot 100}{100 - \alpha}, \quad (8.4)$$

где  $N_B$  - программа выпуска изделий, шт.;

$\alpha$  - процент потерь по технологическим причинам или из-за брака.

Фактический (эффективный) фонд времени работы оборудования ( $F_{\text{эф}}$ ) рассчитывается по формуле

$$F_{\text{эф}} = F_H \cdot K_{\text{см}} \cdot \left( 1 - \frac{\alpha_p - \alpha_n}{100} \right), \quad (8.5)$$

где  $F_{\text{эф}}$  - номинальный фонд времени работы оборудования за рассчитываемый период времени, мин или ч;

$K_{\text{см}}$  число рабочих смен в сутки;

$\alpha_p$  - потери рабочего времени на проведение всех видов плановых

ремонтов, обслуживание, настройку и наладку оборудования, %;

$\alpha_n$  - потери рабочего времени на регламентированные перерывы для отдыха рабочих-операторов. %.

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$F_H = t_{\text{см}} \cdot D_p - t_H \cdot D_H, \quad (8.6)$$

где  $t_{\text{см}}$  - продолжительность одной рабочей смены, мин или ч;

$D_p$  - число рабочих дней в плановом периоде;

$t_H$  - продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, мин или ч;

$D_H$  - число предпраздничных дней.

Для ОНПЛ такт ( $r_{\text{н.л}}$  мин/шт.) и ритм ( $R_{\text{н.л}}$  мин/партию) рассчитываются по формулам:

$$r_{\text{н.л}} = F_{\text{эф}} / N; \quad (8.7)$$

$$R_{\text{н.л}} = r_{\text{н.л}} \cdot p, \quad (8.8)$$

где  $p$  - число изделий в транспортной партии, шт.

**Расчет числа рабочих мест.** Число рабочих мест (единиц оборудования) для ОНПЛ по каждой операции определяется по формуле

$$C_{pi} = t_{шт.i} / r_{н.л}, \quad (8.9)$$

где  $t_{шт.i}$  - норма штучного времени на выполнение  $i$ -й операции с учетом коэффициента выполнения норм, мин.

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

**Расчет потребного числа рабочих мест (единиц обо\* рудования) по всей ОНПЛ ( $C_{л}$ ),** как правило, производится в табличной форме (табл. 8.1) или по формуле

$$C_{л} = \sum_{i=1} C_{пр.i}. \quad (8.10)$$

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) при | выполнении  $i$ -й операции определяется по формуле

$$K_{zi} = C_{pi} / C_{пр.i}. \quad (8.11)$$

Таблица 8.1

**Расчет потребного числа рабочих мест (единиц оборудования) на  
ОРПЛ**

Наименование операций	Норма штучного времени ( $t_{шт}$ ), мин	Коэффициент выполнения норм времени ( $K_v$ )	Норма штучного времени с учетом $K_v$ мин	Такт (ритм) поточной линии, мин/шт.	Число рабочих мест (оборудования)		Коэффициент загрузки оборудования ( $K_z$ )
					Расчетное $C_p$	Принятое $C_{пр}$	
Заготовительная	5,45	1,1	4,95	4,92	1,006	1	1.0
Токарная	9,73	1,1	8,85	4,92	1,799	2	0,9
И т. д.							
Итого					2,805	3	0,94

Средний коэффициент загрузки рабочих мест по поточной линии рассчитывается по формуле

$$K_{з.ср.л} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{p,i}}{\sum_{i=1}^m C_{p,i}} \quad (8.12)$$

где  $m$  - число операций технологического процесса;  $i=1,2, \dots, m$ .

**Определение периода конвейера и системы адресования.** При организации непрерывно-поточного производства строго должен выдерживаться режим, заключающийся в подаче изделий на рабочие места равными партиями через равные промежутки времени. Это условие выполняется в том случае, если в качестве транспортных средств используются транспортные, рабочие и распределительные конвейеры.

Остановимся более подробно на применении распределительного конвейера. В этом случае операции выполняются на, стационарных рабочих местах. Изделия снимаются с конвейера и по окончании операции возвращаются на него. Рабочие места располагаются вдоль конвейера с одной или двух его сторон! Изделия равномерно размещаются на несущей части конвейера на участках ленты, отмеченных знаками, например цветными флажками, буквами или цифрами. Минимальный комплект раз-] меточных

знаков на линии соответствует наименьшему общему;

кратному (НОК) числа рабочих мест на всех операциях линии и называется периодом распределительного конвейера ( $\Pi$ ):

$$\Pi = \text{НОК}[C_1, C_2, C_3, \dots, C_n] \quad (8.13)$$

Например,  $C_1 = 1, C_2 = 3, C_3 = 2, C_4 = 1$ , тогда  $\Pi = \text{НОК}[1, 3, 2, 1] = 6$  (рис.8,4).

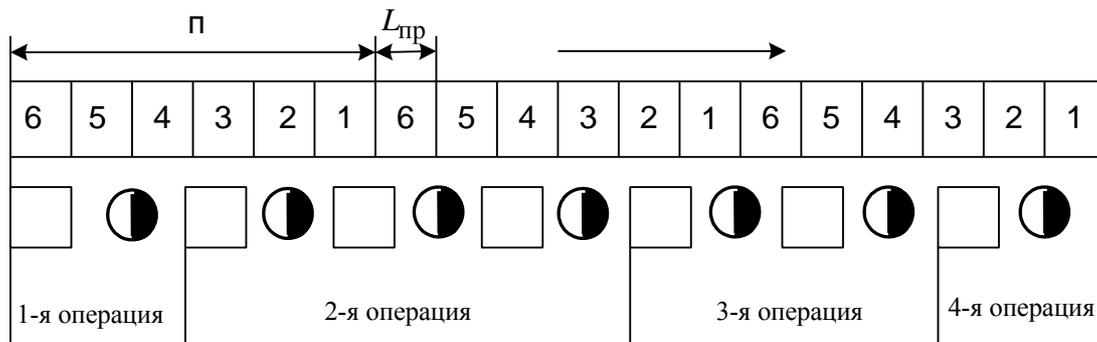


Рис.8.4. Схема планировки ОНПЛ с распределительным конвейером

Период конвейера используется для адресования изделий на рабочие места. Лента размечается так, чтобы период в общей длине ленты укладывался целое число раз. Каждый разметочный знак проходит мимо каждого рабочего места через один и тот же интервал времени, равный такту ( $r_{н.л}$ ), умноженному на число, разметочных знаков в периоде ( $\Pi$ ), т. е. через  $T_{\Pi} = r_{н.л} \cdot \Pi$

После разметки ленты конвейера разметочные знаки закрепляются за рабочими местами. Это производится в соответствии с продолжительностью выполнения каждой операции. Порядок закрепления номеров разметки по приведенному выше примеру показан в табл. 8.2.

Таблица 8.2

**Порядок закрепления номеров разметочных знаков за рабочими местами распределительного конвейера**

Номер операций	Число рабочих мест на операции	Номер рабочего места	Число закрепленных знаков за рабочим местом	Последовательность закрепляемых знаков за каждым рабочим местом
1	1	1	6	1, 2, 3, 4, 5, 6

		2	2	1,4
2	3	3	2	2, 5
		4	2	3. 6
3	2	5	3	1,3,5
		6	3	2, 4, 6
4	1	7	6	1,2,3,4,5.6

Наиболее удобные периоды 6, 12, 24, 30. При больших периодах рекомендуется вводить двухрядную (дифференцированную) разметку, применяя два комплекта разметочных знаков (например, цифровой и цветовой), каждый из которых действует не для всех операций, а только для определенной их группы.

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

#### **Расчет длины ленты конвейера.**

Рабочая длина ленты распределительного конвейера ( $L_p, м$ ) определяется по формуле

$$L_p = L_{пр} \sum_{i=1}^m C_{пр.i}, \text{ или } L_p = L_{пр} \cdot C_l, \quad (8.14)$$

где  $L_{пр}$  - шаг конвейера, м, т. е. расстояние между осями смежных изделий или пачек, равномерно расположенных на конвейере (1-1,2 м);

$C_{пр.i}$  - принятое число рабочих мест (единиц оборудования) на  $i$ -й операции.

Полная (общая) длина денты распределительного конвейера ( $L_n, м$ ) должна быть несколько больше двойной рабочей длины ленты ( $L_p$ ) и согласована с условиями распределения. Ее величина рассчитывается по формуле

$$L_n = 2 \cdot l_p + \pi \cdot D \leq K \cdot \Pi \cdot L_{пр}, \quad (8.15)$$

где  $\pi$  - постоянное число, равное 3,14;

$D$ - диаметр натяжного и приводного барабанов, м; ;

$K$  - число повторений периода на полной длине ленты конвейера (всегда целое число);

$P$  - число разметочных знаков в периоде.

Число повторений периода (округляется до целого числа)

$$K = \frac{L_n}{P \cdot L_{\text{пр}}} \quad (8.16)$$

Если оба условия не удовлетворяются, то корректируется шаг конвейера ( $L_{\text{пр}}$ ).

**Расчет скорости движения и пропускной способности конвейера.** На ОНПЛ рабочие обязаны выполнять свою операцию в установленное время, равное такту или кратное ему. Это обеспечивается жесткой регламентацией работы транспортных средств, в частности установлением для конвейеров! определенной скорости. При непрерывном движении конвейера и поштучной передаче изделий ему придается скорость ( $V$ , м/мин), определяемая по формуле

$$V = L_{\text{пр}} / r_{\text{н.л}} \quad (8.17)$$

При передаче изделий транспортными партиями ( $p$ ) скорость конвейера рассчитывается по формуле

$$V = \frac{L_{\text{пр}}}{p \cdot r_{\text{н.л}}} \quad (8.18)$$

При пульсирующем движении конвейера или при использовании транспортных средств дискретного действия изделия; передаются через промежутки времени, равные такту (ритму). Скорость конвейера определяется по формуле

$$V = \frac{L_{\text{пр}}}{t_{\text{пр}}} \quad (8.19)$$

где  $t_{\text{пр}}$  - время транспортировки изделия на один шаг конвейера, мин.

Скорость конвейера должна обеспечивать не только заданную ему пропускную способность, но и удобство, и безопасность труда. Диапазон наиболее рациональных скоростей

- 0,5-2,5 м/мин (конвейеров с непрерывным движением), 20 - 40 м/мин (ленточных конвейеров пульсирующего действия) и 0,1 -4 м/мин (конвейеров с непрерывным движением при передаче изделий транспортными партиями).

Пропускная способность ОНПЛ определяется через величину обратную такту (ритму) потока, называемую темпом. Темп - это количество изделий, сходящих с линии за единицу времени. Часовая производительность (пропускная способность), ОНПЛ ( $p$ , шт./ч и  $q$ , кг/ч) рассчитывается по формулам:

$$p = \frac{1}{r_{н.л}} ; q = p * Q, \quad (8.20)$$

где  $Q$  - средняя масса единицы изделия, обрабатываемого (собираемого) на поточной линии, кг.

Мощность приводного двигателя конвейера ( $P$  уст. к- кВт) определяется по формуле

$$P_{уст.к} = 0,736 \cdot W, \quad (8.21)$$

где  $W$  - потребляемая конвейером мощность измеряется в лошадиных силах (л.с.),

$$W = 1,2 \cdot \left( \frac{0,16 \cdot L_n \cdot V \cdot Q_k}{36} + \frac{0,16 \cdot L_n \cdot q}{270} \right) \quad (8.22)$$

где  $Q_k$  - масса ленты (цепи) конвейера (в расчете можно принять в пределах 4-8 (кг/м).

Расчет величины заделов на ОНПЛ и незавершенного производства. На ОНПЛ создаются заделы трех видов: технологические, транспортные и резервные (страховые).

Технологический задел ( $Z_{mex}$ , шт.) соответствует тому числу изделий, которое в каждый данный момент времени находится в процессе обработки на рабочих местах. При поштучной передаче изделий он соответствует числу рабочих мест на линии:

$$Z_{mex} = \sum_{j=1}^m C_{np.j} \quad (8.23)$$

При передаче изделий транспортными партиями ( $p$ , шт.):

$$Z_{mex} = P \sum_{j=1}^m C_{np.j} \quad (8.24)$$

Транспортный задел ( $Z_{mp}$ , шт.) состоит из такого числа изделий, которое в каждый момент времени находится в процессе транспортировки на конвейере.

При поштучной передаче изделий:

$$Z_{mp} = (C_l - 1) \quad (8.25),$$

При передаче изделий транспортными партиями ( $p$ ):

$$Z_{mp} = (C_l - 1) \cdot p \quad (8.26)$$

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

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

$$Z_{pez} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{pezi}}{r_{н.л}} \quad (8.27)$$

где  $\Gamma_{pez} i$  - время, на которое создается резервный запас предметов труда на (-и операции (для оборудования поточной линии, которое может выйти из строя величина  $\Gamma_{pez}$  принимается равной продолжительности цикла их ремонта), мин.

Общая величина задела на ОНПЛ (2уощ, шт.) определяется по формуле

$$Z_{общ} = Z_{тех} + Z_{mp} + Z_{pez} \quad (8.28)$$

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

$$H_в = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ум.i}}{2} \cdot Z_{общ} \quad (8.29)$$

где  $\sum_{i=1}^m t_{ум}$  - суммарная норма времени по всем операциям технологического процесса, нормо – ч.

Средняя величина незавершенного производства на ОНПЛ в нормо-часах (с учетом затрат труда в предыдущих цехах) определяется по формуле

$$H_B = Z_{общ} \left[ t_{пред} + \frac{\sum_{i=1}^m t_{ум.i}}{2} \right] \quad (8.30)$$

где  $t_{ум.i}$  - суммарные затраты труда в предыдущих цехах на единицу изделия, нормо-ч.

Величина незавершенного производства в денежном выражении определяется по формуле

$$H_3 = Z_{общ} \cdot C_z \quad (8.31)$$

где  $C_z$  - цеховая себестоимость изделия, находящегося в заделе, руб. Величина  $C_z$  составляет:

$$C_z = (C_{пред} + \frac{C_{ц}}{2}) \quad (8.32)$$

где  $C_{пред}$  - затраты на единицу продукции в предыдущих цехах, руб.;

$C_{ц}$  - цеховая себестоимость изделия, руб.

Для сборочных цехов  $C_z$  можно принять  $0,85 C_{\sigma}$ , для механических -  $0,7 C_{ц}$ .

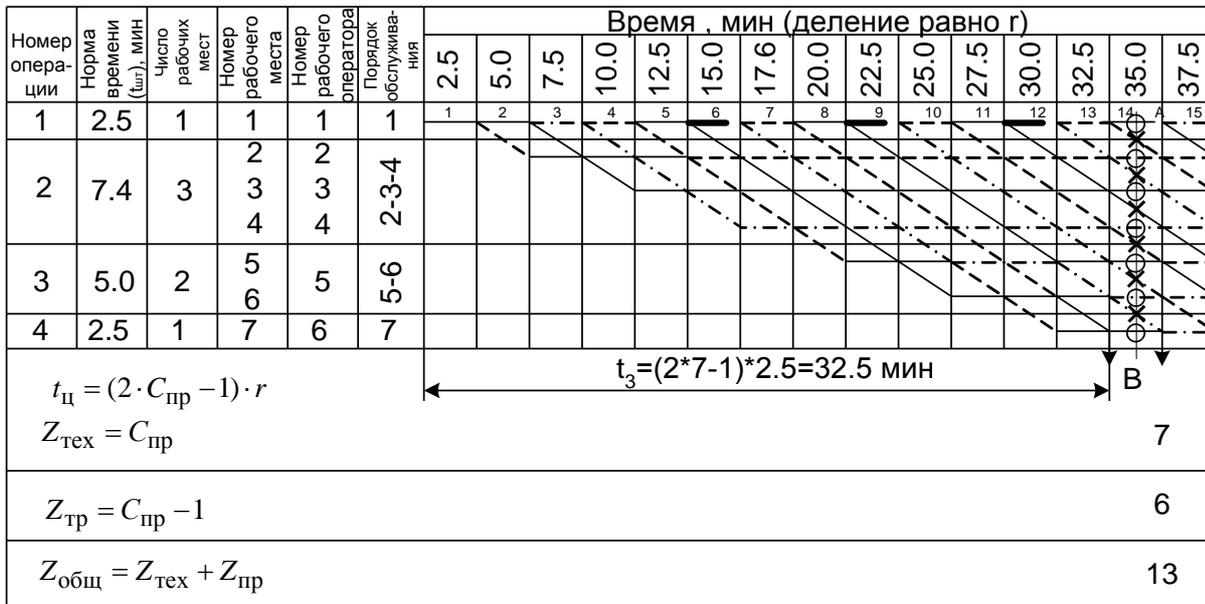
### **Расчет продолжительности производственного цикла.**

Для ОНПЛ продолжительность производственного цикла определяется графически, для чего составляется стандарт-план работы линии (рис. 8.5), а также аналитически (расчет ведется по формулам).

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

На рис. 8.5 приведен стандарт-план работы ОНПЛ, оборудованной распределительным конвейером с последовательным расположением рабочих мест на операциях и со временем выполнения операций, равным или кратным такту. Движение деталей на линии организовано так, что они перемещаются конвейером с постоянной скоростью, проходя путь за такт потока, равный расстоянию между рабочими местами. Таким образом, если на 2-й операции

имеются три рабочих места, то время перемещения детали на 3-е рабочее место данной операции составит величину, равную  $3 \cdot r_{н.л.}$ .



время обработки детали на рабочем месте; 
 передача по линии; 
 1,2,3,... - номера деталей  
 окончание обработки; 
 - технологический задел; 
 - транспортный задел;

Рис. 8.5. Стандарт-план ОНПЛ (такт потока  $\gamma = 2,5$  мин/шт.)

В нижней части стандарт-плана можно рассчитать величину технологического и транспортного заделов. Вертикальная линия АВ показывает формирование этих заделов. Кружками отмечены изделия, находящиеся в технологическом заделе на рабочих местах, крестиками - изделия в транспортном заделе. Суммы кружков и крестиков соответствуют величинам технологического и транспортного заделов.

Расчет продолжительности производственного цикла аналитическим способом (по формулам) ведется в зависимости от движения предметов Труда перед первой и после последней операций.

Если обработка изделия начинается непосредственно с первого рабочего места и без лишнего движения после послед

ней операции, как это показано на рис. 8.5, продолжительность ( $T_{ц}$ , мин) цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = (2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{пр.i} - 1) \cdot r_{н.л.} \quad (8.33)$$

Если имеет место движение предмета перед первой или последней

операцией, то продолжительность производственного цикла рассчитывается по формуле

$$t_{\text{ц}} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{\text{пр.}i} \cdot r_{\text{н.л}} \cdot \quad (8.34)$$

Если предмет перемещается перед первой и после последней операции, то продолжительность цикла определяется по формуле

$$t_{\text{ц}} = (2 \cdot \sum_{i=1}^m C_{\text{пр.}i} + 1) \cdot r_{\text{н.л}} \cdot \quad (8.35)$$

### *8.5. Особенности организации одно-предметной прерывно -поточной линии*

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

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

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

следующие календарно-плановые нормативы:

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

Расчет укрупненного такта (ритма) поточной линии ведется по формуле, аналогичной формуле определения так - та для ОППЛ [см. формулу (8.7)].

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

Пример расчета программы запуска и такта потока с учётом брака по каждой операции приведен в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Расчет программы запуска и такта по каждой отдельной операции

Номер операции	Наименование операции	Наименование оборудования	Брак ( $\alpha$ ), %	Программа запуска (N.), шт.		Такт потока, ( $r_{пр}$ ), мин/шт. ( $r_{пр} = F_{см} / N_{з.см}$ )
				на месяц	на смену	
1	Скрайбирование производственных пластин	Станок алмазный скрайберний	6,5	7500	170	2.80
2	Посадка кристалла в корпус	Установка	-	7000	160	3,00
3	Термокомпрессия выводов	Станок сшивающий	-	7000	160	3,00
4	Защита кристалла лаком	Установка	-	7000	160	3,00
5	Герметизация прибора	То же	-	7000	160	3,00
6	Проверка герметичности	»	15	7000	160	3,00
7	Проверка электрических параметров	Контрольная установка	16	5952	135	3,55
8	Маркировка	Маркировочный станок	-	5000	114	4,20

На операции 7 брак составляет  $\alpha = 16\%$ , программа выпуска

$N_B = 5000$  шт., тогда

$$N_{7оп} = \frac{N_B \cdot 100}{100 - \alpha} = \frac{5000 \cdot 100}{100 - 16} = 5952 \text{ шт.}$$

На операции 6 брак  $\alpha = 15\%$ , программа выпуска для данной операции составляет  $N_e = 5952$  шт., тогда

$$N_{6оп} = \frac{5952 \cdot 100}{100 - 15} = 7000 \text{ шт.}$$

Укрупненный ритм ОППЛ рассчитывается по формуле

$$R_{гр} = r_{гр} \cdot p \quad (8.36)$$

где  $p$  - величина транспортной партии, которая зависит от массы изделия и трудоемкости (средней) выполнения одной операции (табл.8.4).

**Таблица 8.4 Выбор величины транспортной партии**

Средняя трудоёмкость одной операции, мин	Масса единицы изделия, кг, до							
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
До 1	100	50	25	20	10	5	2	1
1 - 2	50	20	20	20	10	5	2	1
2-5	20	20	10	10	5	2	2	1
5 - 10	10	10	10	5	2	2	1	1
10 - 15	10	10	5	2	2	1	1	1

**Расчет числа рабочих мест по каждой операции и по всей поточной линии.** Число рабочих мест (единиц оборудования) для ОППЛ по каждой операции и по всей поточной линии, а также коэффициент их загрузки определяются так же, как и для ОНПЛ. При этом средневзвешенный коэффициент загрузки оборудования на ОППЛ не должен быть ниже 0,75.

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

$$Ч = (1 + \alpha_n / 100) \cdot K_{см} \sum_{i=1}^m C_{npi} / H_{об.i} \quad (8.7)$$

где  $\alpha_n$  - добавочный процент числа рабочих-операторов на случай невыхода на работу (отпуск, больничный лист и т. п.);

$K_{см}$  - число рабочих смен в сутках;

$C_{npi}$  - принятое число рабочих мест на  $i$ -и операции;

$H_{об.i}$  - норма обслуживания рабочих мест на  $i$ -и операции.

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

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

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

Стандарт-план поточной линии строится в виде таблицы (рис. 8.6).

Номер операции	Операция	Норма времени (t), мин	Такт (t <sub>пр</sub> ), мин/шт		Число рабочих мест		Загрузка рабочих мест		Количество рабочих на операции	Обозначение рабочих	Порядок обслуживания рабочих мест	График работы оборудования и перехода рабочих за период оборота линии, равный 0,5 смены, или 240 мин								Выпуск изделий за T <sub>об</sub> =240 мин
			по расчёту	принято	Номер рабочего места	%	МИН	30				60	90	120	150	180	210	240		
1	Токарная	1,9	1,6	1,19	2	1	100	240	2	А	1									126
						2	19	45,6												Б
2	Сверлильная	1,1	1,6	0,69	1	3	69	165,6	1	В	3+5									150
3	Фрезерная	2,1	1,6	1,31	2	4	100	240	2	Г	4									114
						5	31	74,4												В
4	Шлифовальная	1,3	1,6	0,81	1	6	81	194,4	1	Б	6+2									150
Итого				4	6				6	4										

- - время работы оборудования
- - время простоя оборудования
- ↓ - переходы рабочих с одного рабочего места на другое

Рис. 8.6. Стандарт-план ОПЛ

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

**Пример расчета и построения стандарт-плана** (см. рис. 8.6). Допустим, что требуется изготовить за месяц 12 600 деталей. В месяце 21 рабочий день,

работа ведется в две смены. Период оборота линии принят 0,5 смены. Брак на операциях отсутствует. Технологический процесс включает четыре операции:  $t_1 = 1,9$  мин;  $t_2 = 1,1$  мин;  $t_3 = 2,1$  мин;  $t_4 = 1,3$  мин.

Рассчитать календарно-плановые нормативы и построить стандарт-план ОППЛ.

Программа выпуска за полсмены составляет

$$N_B = \frac{12600}{21 \cdot 2 \cdot 2} = 150 \text{ шт}$$

Такт потока

$$r_{np} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 60}{150} = 1,6 \text{ мин/шт.}$$

Число рабочих мест по расчету составляет четыре единицы, принимается шесть единиц, которым присваиваются номера от 1 до 6. Оборудование на рабочих местах № 2, 3, 5 и 6 полностью не загружено.

Расчетная численность производственных рабочих составляет 6 человек, после распределения загрузки путем подбора работ (совмещения профессий), достаточно иметь 4 человека в смену. Поскольку линия работает в две смены, численность рабочих составляет  $Ч_{ст} = 4 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9$  человек.

Если нет возможности полностью загрузить отдельных рабочих на поточной линии, то им можно поручить выполнение внепоточных работ в соответствии с графиком работы оборудования поточной линии.

Вследствие различной трудоемкости на смежных операциях производственного процесса неизбежны межоперационные оборотные заделы.

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

Расчет межоперационных оборотных заделов производится по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций. Для этого весь период оборота разбивается на части (частные периоды), каждая из которых характеризуется неизменным числом работающих единиц оборудования на смежных операциях. Размер оборотного задела между двумя смежными

операциями на каждом частном периоде (Т) определяется по формуле

$$Z_{об} = \frac{T \cdot C_{пр.i}}{t_{шт.i}} - \frac{T \cdot C_{пр.i+1}}{t_{шт.i+1}},$$

где Т - частный период работы оборудования на смежных операциях, мин;

$C_{пр.i}$  и  $C_{пр.i+1}$  - число единиц оборудования, работающих на смежных  $i$ -й и  $(i+1)$ -й операциях в течение частного периода времени Т;

$t_{шт.i}$  и  $t_{шт.i+1}$  - нормы штучного времени соответственно на  $i$ -й и  $(i+1)$ -й операциях, мин.

Расчетная величина  $Z_{об}$  может быть положительной или отрицательной. Положительная величина задела свидетельствует об увеличении его за период Т, отрицательная - говорит об уменьшении. После расчета величины оборотного задела в каждом из частных периодов между смежными операциями на одном из этих отрезков задел будет иметь максимальное значение. Это значение принимается для отсчета и построения графика изменения оборотного задела между двумя смежными операциями.

Расчет межоперационного задела рекомендуется производить в табличной форме (табл. 8.5).

**Пример расчета величины межоперационных оборотных заделов на ОПЛ.** Стандарт-план работы этой линии приведен на рис. 8.6.

На самом стандарт-плане или выделив из него все элементы (рис. 8.7), необходимые для расчета межоперационных оборотных заделов, между каждой парой смежных операций устанавливаются частные периоды, в течение которых работает неизменное число единиц оборудования. Например, такими частными периодами между 1-й и 2-й операциями являются:

$T_1, T_2$  и  $T_3$ , между 2-й и 3-й  $T_1$  и  $T_2$  и т. д. (см. рис. 8.7). Далее исходя из загрузки рабочих мест определяется продолжительность каждого частного периода, величина которой вписывается в гр. 2 табл. 8.5. Например,  $T_1 = 45,6$  мин,

$$T_2 = 165,6 - 45,6 = 120 \text{ мин}, T_3 = 240 - 165,6 = 74,4 \text{ мин}.$$

В гр. 3 данной таблицы исходя из норм времени на выполнение смежных операций и числа единиц оборудования по приведенной выше формуле определяется величина оборотного задела по каждому частному периоду. После этого строится график движения оборотного задела (эпюры заделов) по каждой паре смежных операций за период оборота линии (см. рис. 8.7).

• На графике указываются величина максимального оборотного задела между каждой парой смежных операций и величина межоперационного оборотного задела на начало периода оборота.

### Таблица 8.5 Расчет межоперационных оборотных заделов

Частный период	Время частного периода	Расчет заделов, шт	Площадь эпюр ( $S_i$ ), деталей/мин	Точка на эпюре
1	2	3	4	5
Между 1-й и 2-й операциями				
	45,6	$Z'_{1,2} = \frac{45,6 \cdot 2}{1,9} - \frac{45,6 \cdot 1}{1,1} = +7$	1938	
$T_2$	120	$Z''_{1,2} = \frac{120 \cdot 1}{1,9} - \frac{120 \cdot 1}{1,1} = -46$	2760	46
$T_3$	74,4	$Z'''_{1,2} = \frac{74,4 \cdot 1}{1,9} - \frac{74,4 \cdot 0}{1,1} = +39$	1450	
Итого			6148	
Между 2й и 3й операциями				
$T_1$	165,6	$Z'_{2,3} = \frac{165,6 \cdot 1}{1,1} - \frac{165,6 \cdot 1}{2,1} = +71$	5879	71
$T_2$	74,4	$Z''_{2,3} = \frac{74,4 \cdot 0}{1,1} - \frac{74,4 \cdot 2}{2,1} = -71$	2641	
Итого			8520	
Между 3й и 4й операциями				
$T_1$	45,6	$Z'_{3,4} = \frac{45,6 \cdot 1}{2,1} - \frac{45,6 \cdot 0}{1,3} = +22$	1140	
$T_2$	120	$Z''_{3,4} = \frac{120 \cdot 1}{2,1} - \frac{120 \cdot 1}{1,3} = -36$	2160	36
$T_3$	74,4	$Z'''_{3,4} = \frac{74,4 \cdot 2}{2,1} - \frac{74,4 \cdot 1}{1,3} = +14$	512	
Итого			3821	
Всего			18489	

Интерес представляет средняя величина межоперационного оборотного задела между каждой парой смежных операций, которая определяется по формуле

$$Z_{cp.ob.i} = S_i / T_{об}, \quad (8.39)$$

где  $T_{об}$ - период оборота линии (для рассматриваемого примера  $T_{об}=240$ мин);

$S_i$  - площадь эпюры оборотного задела между парой смежных операций.

Расчет площадей эпюр приведен в табл. 8.5, для пары смежных операций (1 -и и 2-й)  $S_{1,2} = 6148$  деталей/мин.

Средняя величина оборотного задела между 1 -и и 2-й операциями составляет:  $Z_{cp.ob.1, 2} = 6148:240 = 25,62 \approx 26$  шт.; между 2-й и 3-й операциями

$$Z_{\text{ср.об. } 2,3} = 8520:240 = 35,5 = 36 \text{ шт.};$$

между 3-й и 4-й операциями  $Z_{\text{ср.об. } 3,4} = 3821:240 = 16 \text{ шт.}$  Всего - 78 шт.

Величина среднего оборотного задела по всей поточной линии равна сумме средних величин межоперационных оборотных заделов:

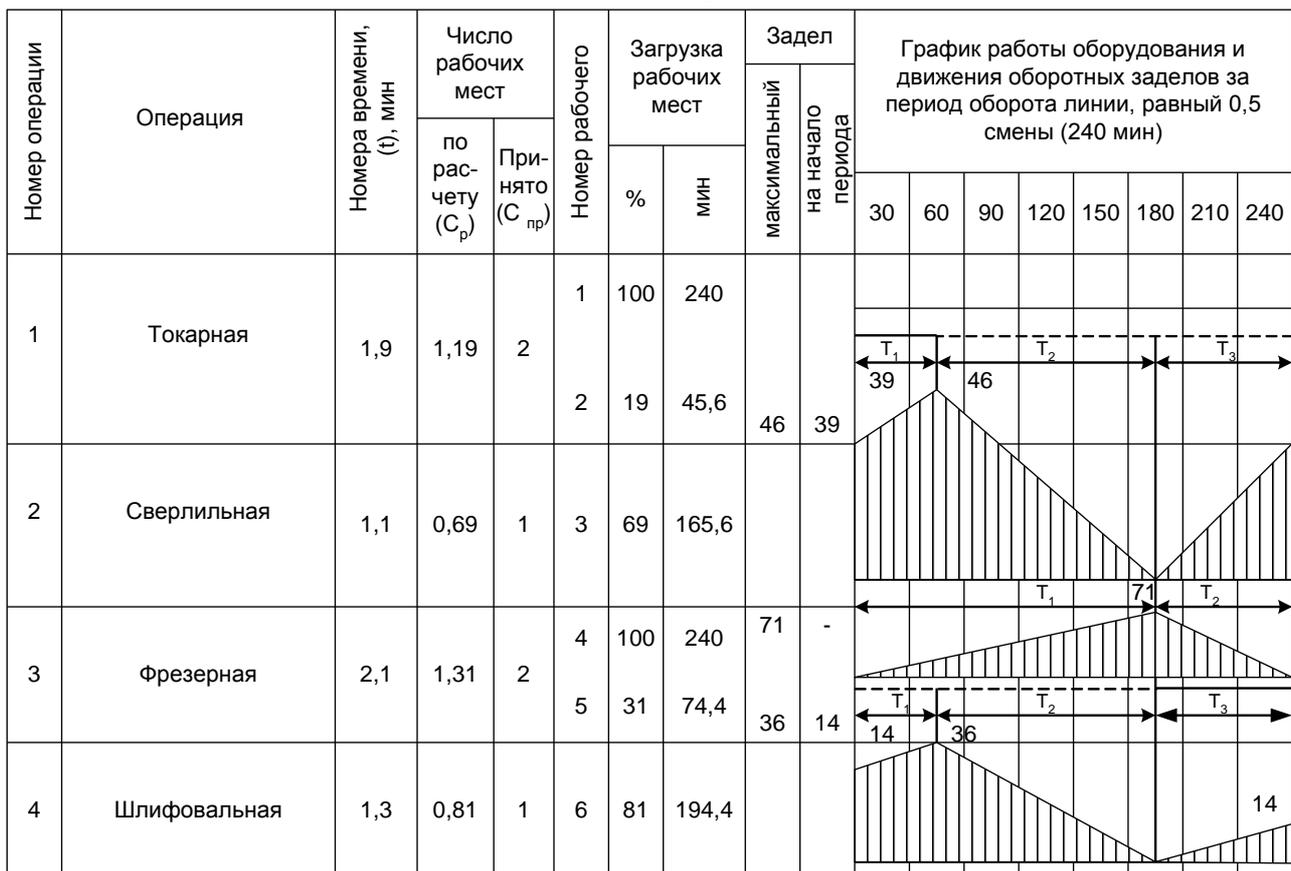
$$Z_{\text{сб.об}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} S_i}{T_{\text{об}}} = \frac{1889}{240} = 7,87 \text{ шт.}$$

Средний оборотный задел на линии принимается в расчет при определении нормы незавершенного производства.

**Расчет незавершенного производства.** Средняя величина незавершенного производства ( $N_{\text{ср.в}}$ , нормо-ч) без учета затрат труда в предыдущих цехах определяется по формуле

$$N_{\text{ср.в}} = Z_{\text{ср.об}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт.}i}}{2} \quad (8.40)$$

Для примера, приведенного выше,  $N_{\text{ср.в}} = 78 \cdot (6,4/2) \div 60 = 4,1 \text{ нормо-ч.}$



**Рис. 8.7.** График движения оборотных заделов

Средняя величина незавершенного производства ( $H_{cp.в}$ , нормо-ч) с учетом затрат труда в предыдущих цехах рассчитывается по формуле

$$H'_{cp.в} = Z_{cp.об} \cdot \left( t_{пред} + \frac{\sum_{i=1}^m t_{ум.i}}{2} \right), \quad (8.41)$$

где  $t_{пред}$  - суммарные затраты труда на один предмет (деталь, узел и т. д.) в предыдущих цехах, нормо-ч.

Величина незавершенного производства в денежном выражении определяется по формуле

$$H_{cp.з} = Z_{cp.об} \cdot C_z \quad (8.42)$$

где  $C_z$  - цеховая себестоимость изделия, находящегося в заделе (может быть принята для сборочных цехов в размере  $0,85 C_{ц}$  и для механических цехов  $0,7 C_{ц}$ ), руб.;

$C_{ц}$  - цеховая себестоимость изделия, законченного обработкой в данном цехе, руб.

Расчет продолжительности производственного цикла **осуществляется по формуле**

$$t_{ц} = Z_{cp.об} \cdot r_{пр}. \quad (8.43)$$

Для приведенного примера  $t_{ц} = 78 \cdot 1,6 = 124,8 \text{ мин} = 2,08 \text{ ч}$ .

### 8.6. Особенности организации многопредметной непрерывно-поточной линии

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

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

Групповой называют линию, на которой технологически родственные изделия обрабатываются без переналадки оборудования. Каждое рабочее место оборудуется групповыми приспособлениями, необходимыми для обработки

закрепленной за линией группы изделий. Станки размещаются в соответствии с последовательностью технологического маршрута. Технологические процессы изготовления всех закрепленных за линией изделий полностью синхронизированы.

Иногда для достижения полной синхронизации технологического процесса укрупняется такт потока путем комплектования деталей (узлов и др.), как показано в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Синхронизация операций путем комплектования деталей

Детали	Трудоемкость операций, мин				
	1	2	3	4	5
А Б Комплект	2,4 0,8 4	4,2 0,9 6	0,6 0,7 2	3,6 1,2 6	2,0 1,0 4

Как видно из таблицы, процесс обработки комплекта деталей А+ 2Б полностью синхронизирован. Такт линии (Гд, мин/комплект) составляет

$$r_{л} = F_{см} / N_{к.см} \quad (8.44)$$

где  $N_{к.см}$  - сменная программа запуска, выраженная числом комплектов.

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

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

В основе организации и расчета МНПЛ лежат общие принципы организации поточного производства с учетом специфики, обусловленной серийностью производства. В частности, для них характерны: анализ и конструктивно-технологическая классификация изделий для закрепления их за линией. За линией могут быть закреплены изделия, идентичные с точки зрения состава, последовательности и трудоемкости операций. В этом случае предметы труда можно чередовать на линии в любом порядке, любыми партиями и даже через каждую штуку. Могут быть закреплены изделия, имеющие различия по составу, последовательности и трудоемкости операций. В этом случае организовать производство значительно сложнее. Закрепленные за линией изделия могут иметь и другие отличия, например, по программе выпуска, по технологическому оснащению по суммарной трудоемкости и т. д. В связи с этим весь режим работы МНПЛ с последовательно-партионным

чередованием определяется расчетом двух групп календарно-плановых нормативов.

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

- частный такт (ритм) выпуска  $j$ -го наименования изделия ( $r_{\text{пн}j}$ )
- общее число рабочих мест на линии ( $C_{\text{пн}}$ );
- частная скорость движения конвейера ( $V_{\text{пн}}$ ).

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

За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоемкостью ( $T_A = T_B = \dots = T_j$ ). В этом случае все изделия будут изготавливаться с одинаковым тактом (ритмом), скоростью движения конвейера и на одинаковом числе рабочих мест, т. е.  $r_{\text{пн}} = \text{const}$ ,  $C_{\text{пн}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{пн}} = \text{const}$ .

При расчете такта (ритма) должны быть учтены потери времени на переналадку оборудования, т. е.

$$r_{\text{пн}} = \frac{F_{\text{эф}}(1 - \alpha_{\text{пр}})}{\sum_{j=1}^m N_{зj}} \quad (8.45)$$

где  $F_{\text{эф}}$  - эффективный фонд времени работы линии в плановом периоде при двухсменном режиме работы, ч;

$\alpha_{\text{пр}}$  - коэффициент потерь времени на переналадку линии (0,02 - 0,08);

$N_{зj}$  - программа запуска  $j$ -го изделия на плановый период, шт.;

$j$  - номенклатура изделий, закрепленных за линией;  $j = 1, 2, \dots, m$ .

Число рабочих мест на линии определяется по формуле

$$C_{\text{пн}} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{зj} \cdot T_j}{F_{\text{эф}}(1 - \alpha_{\text{пр}})} \quad (8.46)$$

где  $T_j$ , - суммарная трудоемкость изготовления изделия  $j$ -го наименования, мин.

Число рабочих мест также можно определить исходя из соотношения

$$C_{nnj} = \frac{T_A}{r_{nn}} = \frac{T_B}{r_{nn}} = \dots = \frac{T_j}{r_{nn}} \quad (8.47)$$

Скорость движения конвейера рассчитывается по формуле

$$V_{nl} = I_{np} / r_{nn} \quad (8.48)$$

Проиллюстрируем на примере. Пусть имеем:  $F_{эф} = 22$  дня, режим двухсменный;  $\alpha_{пр} = 0,02$ ;  $N_{3,A} = 6000$  шт.,  $N_{3,B} = 3000$  шт.,  $N_{3,B} = 3600$  шт.;  $T_A = T_B = T_B = 12,5$  мин;  $l_{пр} 1,2$  м.

Тогда

$$r_{nn} = \frac{22 \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,02) \cdot 60}{6000 + 3000 + 3600} = \frac{20697,6}{12600} = 1,64 \text{ мин/шт.}$$

$$C_{nn} = \frac{6000 \cdot 12,5 + 3000 \cdot 12,5 + 3600 \cdot 12,5}{22 \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,02) \cdot 60} = 8 \text{ раб. мест}$$

или

$$C_{nn} = \frac{T_A}{r_{nn}} = \frac{T_B}{r_{nn}} = \dots = \frac{12,5}{1,64} = 8 \text{ раб. Мест}$$

$$V_{nn} = \frac{1,2}{1,64} = 0,73 \text{ м/мин.}$$

За линией закреплены изделия с различной суммарной трудоемкостью ( $T_A \neq T_B \neq \dots \neq T_j$ ). В этом случае возможны три разновидности расчета календарно-плановых нормативов первой группы.

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

В этом случае целесообразно установить:  $V_{пп} = \text{const}$ ;  $C_{пп} = \text{var}$ ;  $r_{пп} = \text{const}$ , т. е. при переходе от одного изделия к другому число рабочих мест изменять по тем операциям, суммарная трудоемкость которых различна, а такт поточной линии и скорость движения конвейера оставлять постоянными для изготовления всех закрепленных за линией изделий и определять по формулам (8.45) и (8.48). Число рабочих мест по  $j$ -му виду изделия рассчитывается по формуле

$$C_{nnj} = \frac{T_j}{r_{nn}}; \text{ т.е. } C_{nnA} = \frac{T_A}{r_{nn}}; C_{nnB} = \frac{T_B}{r_{nn}} \text{ и т.д.} \quad (8.49)$$

Допустим, что в приведенном выше примере изменилась суммарная трудоемкость по изделию А:  $T_A = 19$  мин, трудоемкость изготовления изделий Б и В осталась та же, что и в первом случае:  $T_B = T_B = 12,5$  мин. Тогда остаются неизменными,  $r_{\text{шт}} = 1,64$  мин/шт. и  $V_{\text{шт}} = 0,73$  м/мин. При переходе от одного изделия к другому изменяется число рабочих мест:

$$C_{\text{шт}A} = \frac{19}{1,64} = 12; C_{\text{шт}B} = C_{\text{шт}B} = \frac{12,5}{1,64} = 8$$

2. Суммарная трудоемкость различна на большинстве или на всех операциях изделий. В данном случае целесообразно установить:  $r_{\text{шт}} = \text{var}$ ;  $C_{\text{шт}} = \text{const}$ ;  $V_{\text{шт}} = \text{var}$  переходе от одного изделия к другому рекомендуется изменять такт и скорость движения конвейера, а оставлять постоянным число рабочих мест.

Число рабочих мест в таком случае определяется по формуле (8.46).

Частные такты рассчитываются по каждому изделию  $j$ -го наименования, т.е.

$$r_{\text{шт}A} = \frac{T_A}{C_{\text{шт}}}; r_{\text{шт}B} = \frac{T_B}{C_{\text{шт}}}; \dots r_{\text{шт}j} = \frac{T_j}{C_{\text{шт}}} \quad (8.50)$$

Скорость движения конвейера определяется для каждого изделия  $j$ -го наименования, т. е.

$$V_{\text{шт}A} = \frac{I_{\text{шт}}}{r_{\text{шт}A}}; V_{\text{шт}B} = \frac{I_{\text{шт}}}{r_{\text{шт}B}}; \dots V_{\text{шт}j} = \frac{I_{\text{шт}}}{r_{\text{шт}j}} \quad (8.51)$$

Предположим, что в приведенном выше примере изменилась суммарная трудоемкость изготовления всех изделий, закрепленных за линией:  $T_A = 9,6$  мин,  $T_B = 12,5$  мин,  $T_B = 13,5$  мин. Тогда число рабочих мест для изготовления каждого изделия  $j$ -го наименования составит

$$C_{\text{шт}} = \frac{6000 \cdot 9,6 + 3000 \cdot 12,5 + 3600 \cdot 13,5}{22 \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,02) \cdot 60} = 7 \text{ раб. Мест.}$$

Частный такт для каждого изделия

$$r_{\text{шт}A} = \frac{9,6}{7} = 1,4 \text{ мин/шт.}; r_{\text{шт}B} = \frac{12,5}{7} = 1,8 \text{ мин/шт.};$$

$$r_{\text{шт}B} = \frac{13,5}{7} = 1,9 \text{ мин/шт.}$$

Скорость движения конвейера при изготовлении каждого изделия

$$V_{\text{ппА}} \frac{1,2}{1,4} = 0,86 \text{ м/мин}; V_{\text{ппБ}} = \frac{1,2}{1,8} = 0,67 \text{ м/мин};$$

$$V_{\text{ппВ}} = \frac{1,2}{1,9} = 0,63 \text{ м/мин}$$

3. Суммарная трудоемкость различна на всех операциях (изделия мелкие и легкие). В данном случае целесообразно установить:  $r_{\text{пп}} = \text{var}$ ;  $C_{\text{пп}} = \text{const}$ ;  $R_{\text{пп}} = \text{const}$ ;  $V_{\text{пп}} = \text{const}$ . Это достигается с помощью разных размеров пачки (транспортной партии).

Число рабочих мест в данном случае определяется так же, как и в первом случае, по формуле (8.46).

Частный такт рассчитывается по каждому  $j$ -му виду изделия по формуле (8.50).

Ритм поточной линии определяется по формуле

$$R_{\text{пп}j} = r_{\text{ппА}} \cdot P_A = r_{\text{ппБ}} \cdot P_B = \dots = r_{\text{пп}j} \cdot P_j \quad (8.52)$$

где  $P_A, P_B, \dots, P_j$  - величина транспортной партии по  $j$ -му изделию, шт.

Скорость движения конвейера рассчитывается по формуле

$$V_{\text{пп}} = I_{\text{пр}} / R_{\text{пп}} \quad (8.53)$$

Проиллюстрируем на примере. Пусть имеем:  $F_{\text{эф}} = 22$  дня, режим работы двухсменный; ( $\alpha_{\text{пп}} = 0,02$ ;  $N_{\text{зА}} = 46\ 875$  шт.;  $N_{\text{зБ}} = 33\ 334$  шт.;  $N_{\text{зВ}} = 31\ 250$  шт.;  $T_A = 0,48$  мин,  $T_B = 0,6$  мин,  $T_V = 1,2$  мин.;  $I_{\text{пр}} = 1,2$  м.

Тогда количество рабочих мест для изготовления каждого изделия составит

$$C_{\text{пп}} = \frac{46875 \cdot 0,48 + 33334 \cdot 0,6 + 31250 \cdot 1,2}{22 \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,02) \cdot 60} = 4 \text{ раб. Места.}$$

Частный такт для каждого изделия равен:

$$r_{\text{ппА}} = \frac{0,48}{4} = 0,12 \text{ мин/шт.}; r_{\text{ппБ}} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \text{ мин/шт.}$$

$$r_{\text{ппВ}} = \frac{1,2}{4} = 0,3 \text{ мин/шт.}$$

Подбираем размеры транспортных партий по изделиям  $j$ -го наименования так, чтобы их произведения на частные такты давали одну

величину.

Таковыми будут  $R_A = 25$  шт.,  $R_B = 20$  шт.,  $R_C = 10$  шт. Тогда ритм поточной линии для каждого изделия  $R_{\text{шт}} = 0,12 \cdot 25 = 0,15 \cdot 20 = 0,3 \cdot 10 = 3$  мин/партию.

Из расчета видно, что величина ритма для всех видов изделий остается постоянной. Скорость конвейера  $V_{\text{шт}} = 1,2/3 = 0,4$  м/мин.

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

- размер партий изделий  $j$ -го наименования ( $n_j$ );
- периодичность (ритмичность) чередований партии изделий  $j$ -го наименования ( $R_{\text{чер},j}$ );
- продолжительность производственного цикла обработки партии изделий  $j$ -го наименования ( $t_{\text{ц},j}$ ).

Размер партии изделий  $j$ -го наименования определяется по формуле

$$n_j = \frac{(100 - \alpha_{\text{пр}}) \cdot P_p}{\alpha_{\text{пр}} \cdot r_{\text{шт}j}}, \quad (8.54)$$

где  $\alpha_{\text{пр}}$  - допустимая величина потерь времени на переналадку рабочих мест при смене партий изделий на линии, %;

$r_{\text{шт}j}$  - частный такт по  $j$ -му виду изделия, мин/шт.;

$P_p$  - средняя продолжительность простоя каждого рабочего места при переходе с изготовления партии одного изделия на изготовление партии другого изделия, мин.

Величина  $P_p$  зависит от формы организации смены объектов на поточной линии. Различают две формы смены объектов.

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

$$P_{pj} = t_n + 2 \cdot C_{\text{шт}} \cdot r_{\text{шт}j} + 1. \quad (8.55)$$

2. Из партии изделий  $j$ -го наименования на всех рабочих местах образуется переходящий задел (изделия на разных стадиях готовности). Производство партии изделий  $(j+1)$ -го наименования начинается одновременно на всех рабочих местах с использованием переходящего запаса. В этом случае  $P_p$  образуется только из времени переналадки рабочих мест и конвейера ( $P_p = t_n$ ).

Кроме того, выбранный размер партии изделий (п.) должен быть равен или кратен программе запуска. Периодичность (ритм) партии, обусловленная программой запуска (выпуска) изделий и принятым размером партии, определяется по формуле

$$R_{\text{чер.}j} = \frac{F_{\text{пл}} \cdot n_j}{N_{3j}}, \quad (8.56)$$

где  $F_{\text{пл}}$  - плановый фонд времени работы линии за определенный период, дни, смены;

$N_{3j}$  - программа запуска партии изделий  $j$ -го наименования на плановый период времени, шт.;

$n_j$  - размер партии изделий  $j$ -го наименования, шт.

Продолжительность производственного цикла или период занятости поточной линии изготовлением партии изделий  $j$ -го наименования ( $t_{\text{ц.}j}$ , смен) рассчитывается по формуле

$$t_{\text{ц}j} = \frac{n_j \cdot r_{\text{пл}j} + \Pi_{\text{р}j}}{480}. \quad (8.57)$$

При установлении продолжительности производственного цикла ( $t_{\text{ц.}j}$ ) партии изделий  $j$ -го наименования следует стремиться к тому, чтобы период занятости линии этой партией был кратен рабочей смене или в крайнем случае - полусмене. В связи с этим иногда производится корректировка показателей  $n_j$  и  $R_{\text{чер.}j}$

В качестве примера рассмотрим второй случай расчета первой группы календарно-плановых нормативов и определим календарно-плановые нормативы второй группы.

Среднее время простоя каждого рабочего места при переходе ОТ $j$ -го изделия к ( $j+1$ )-му изделию определяется по формуле (8.55) и составляет

$$\Pi_{\text{р.А}} = 20 + (2 \cdot 7 - 1) \cdot 1,8 = 43,4 \text{ мин};$$

$$\Pi_{\text{р.Б}} = 20 + (2 \cdot 7 - 1) \cdot 1,9 = 44,7 \text{ мин};$$

$$\Pi_{\text{р.В}} = 20 + (2 \cdot 7 - 1) \cdot 1,4 = 38,2 \text{ мин}.$$

Размер партии изделия  $j$ -го наименования определяется по формуле (8.54):

$$n_A = \frac{(100 - 2) \cdot 43,4}{2 \cdot 1,4} = 1619 \text{ шт.}$$

На основе уточнений и корректировки в соответствии с

удобопланируемым ритмом размер партии изделия А принимаем:  
 $n_A = 3000$  шт. Размер партии изделия Б составляет

$$n_B = \frac{(100 - 2) \cdot 44,7}{2 \cdot 1,8} = 1216 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n_B = 1500$  шт. Размер партии изделия В составляет

$$n_B = \frac{(100 - 2) \cdot 38,2}{2 \cdot 1,9} = 985 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n_B = 1800$  шт.

Периодичность (ритм) чередования партий изделий определяется по формуле (8.56):

$$R_{\text{чер.А}} = \frac{22 \cdot 3000}{6000} = 11 \text{ дней};$$

$$R_{\text{чер.Б}} = \frac{22 \cdot 1500}{3000} = 11 \text{ дней};$$

$$R_{\text{чер.В}} = \frac{22 \cdot 1800}{3600} = 11 \text{ дней};$$

Продолжительность производственного цикла изготовления изделия  $j$ -го наименования определяется по формуле (8.57):

$$t_{\text{ц.А}} = \frac{3000 \cdot 1,4}{480} = 8,75 \text{ смены};$$

$$t_{\text{ц.Б}} = \frac{1500 \cdot 1,8}{480} = 5,65 \text{ смены};$$

$$t_{\text{ц.В}} = \frac{1800 \cdot 1,9}{480} = 7,13 \text{ смены};$$

После определения календарно- плановых нормативов первой и второй групп составляется стандарт-план многопредметной непрерывно-поточной линии с последовательно-партионным чередованием.

Построение стандарт-плана МНПЛ. Стандарт-план МНПЛ разрабатывается на период, равный наиболее продолжительному периоду чередования (ритму), но обычно не более чем на месяц. Пример построения стандарт-плана приведен на рис. 8.8.

Стандарт-план поточной линии показывает чередование изделий на линии, время занятости линии изготовлением изделия  $j$ -го наименования, режим работы линии в те периоды, когда она работает с частными значениями  $r_{\text{пп}}$ ,  $C_{\text{пп}}$  и  $V_{\text{пп}}$ .

Из рисунка видно, что линия в течение месяца занята 43,06 смены ( $21,53 \cdot$

2), а с учетом переналадок, которые составляют 4,24 ч, баланс рабочего времени поточной линии равен 44 сменам.

Величина заделов и незавершенного производства МНПЛ определяется так же, как и для ОНПЛ.

Изделие	Месячная программа ( $N_{3j}$ ), шт.	Частный такт, мин/шт.	Размер партии, шт.	Число партий в месяце	Периодичность чередований, дней	Продолжительность производственного цикла, смен	Среднее время простоя рабочего места, ч	График работы МНП по дням месяца							
								1	4	7	10	13	16	19	22
								2	5	8	11	14	17	20	
А	6000	1,4	3000	2	11	8,75 · 2	0,73 · 2								
Б	3000	1,8	1500	2	11	5,65 · 2	0,75 · 2								
В	3600	1,9	1800	2	11	7,13 · 2	0,64 · 2								
Итого	12600	-	-	6	-	43,06	4,24								

- время изготовления изделия j-го наименования
- ↓ переналадка рабочих мест в связи со сменой номенклатуры изделий

Рис.8.8. Стандарт-план МНПЛ

### 8.7. Особенности организации многопредметной прерывно-поточной линии

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

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

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

Число станков (рабочих мест) и технологическое оснащение для всех

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

Из приведенной классификации МППЛ видно, что организация групповых линий с последовательным чередованием изделий весьма близка к организации ОППЛ. Сложность организации таких линий заключается в подборе соответствующей номенклатуры изделий.

При организации переменного-поточных линий с последовательно-партионным чередованием период производства партии изделий  $j$ -го наименования делится на несколько периодов оборота линии; в каждый период оборота изготавливается один объект.

Состав операций технологического процесса для всех объектов производства может быть одинаковым, но может быть и различным по нескольким операциям.

Последовательность операций технологического процесса для всех объектов производства сохраняет прямоточность.

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

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

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

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

Для всех объектов устанавливаются: а) одинаковый средний такт и частные ритмы выпуска партии изделий; б) частные такты и частные ритмы; в) одинаковые такты и частные ритмы.

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

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

Аналогично МНПЛ на МППЛ с последовательно-партионным

чередованием также рассчитываются две группы календарно-плановых нормативов.

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

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

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

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

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

Средний такт выпуска определяется по формуле

$$r_{пр.п} = \frac{F_{эф}}{\sum_{j=1}^m N_{эj}} \quad (8.58)$$

Число рабочих мест на каждой операции рассчитывается  $j$  по формуле

$$C_{пр.п.j} = \frac{\sum_{j=1}^b N_{э.j} \cdot t_{ij}}{F_{эф} \cdot K_B} \quad (8.59)$$

где  $t_{ij}$  - норма штучного времени выполнения  $i$ -и операции по изготовлению изделия (детали, узла)  $u$ -го наименования, мин;

$K_B$  - коэффициент выполнения норм времени.

В этом случае режим запуска деталей (изделий) различных наименований

не регламентируется, т. е. после одного или нескольких периодов оборота ( $T_0$ ) линии по обработке детали  $j$ -го наименования на один или несколько периодов запускаются детали  $(j+1)$ -го наименования. Стандарт-план составляется на один период оборота линии одинаковый для деталей всех наименований аналогично тому, как это делается для ОППЛ.

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

**Второй случай.** На МППЛ изготавливаются изделия, имеющие одинаковые (или различные по одной операции или небольшому количеству операций) состав и последовательность технологических операций, равные (или различные по одной-двум общим операциям) значения штучных норм времени, одинаковое или различное технологическое оснащение, не требующее или требующее переналадки. Исходя из классификации это будет МППЛ с последовательно-партионным чередованием наименований изделий (переменно-поточная). В этом случае изготовление всех изделий каждого наименования будет вестись с равными значениями среднего такта выпуска и одинаковым числом рабочих мест или различным на каждой операции, т. е.

$$r_{\text{пр.п}} = \text{const}; C_{\text{пр.п}} = \text{const} \text{ или } C_{\text{пр.п}} = \text{var}$$

При равных значениях среднего такта потока и числа рабочих мест их величины определяются по формулам (8.58) и (8.59), так же как и в первом случае, а при различном числе рабочих мест их значение рассчитывается по формуле

$$C_{\text{пр.п.}ij} = \frac{t_{ij}}{r_{\text{пр.п}}} \quad (8.60)$$

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

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

**Третий случай.** На МППЛ изготавливаются изделия, имеющие одинаковый (или различный по небольшому количеству) состав операций

технологического процесса, где сохраняется прямоточность по всем объектам, но детали различных наименований имеют разные нормы штучного времени по всем (или большинству) операциям обработки, технологическое оснащение различное, требуется переналадка оборудования.

Исходя из классификации МППЛ это будет поточная линия с последовательно-партионным чередованием наименований изделий (переменно-поточная). В таком случае все изделия  $j$ -го наименования будут изготавливаться с частными тактами и число рабочих мест будут постоянным, т. е.  $r_{пр.п} = var$  и  $C_{пр.п} = const$ .

Частный такт по  $j$ -му наименованию продукции определяется по формуле

$$r_{пр.п.j} = \frac{F_{эф}}{\sum_{j=1}^m N_j \cdot T_j}; r_{пр.п.A} = \frac{F_{эф}}{\sum_{j=1}^m N_j \cdot T_j} \cdot T_A \quad (8.61)$$

где  $T_j$  - суммарная трудоемкость обработки детали (узла, изделия)  $j$ -го наименования с учетом  $K_B$ , мин.

Число рабочих мест, необходимых для выполнения каждой операции, рассчитывается по формуле (8.59).

Коэффициент загрузки оборудования во всех случаях определяется по формуле

$$K_{з.об} = \frac{C_{пр.п.p}}{C_{пр.п.пр}} \quad (8.62)$$

где  $C_{пр.п.p}$  и  $C_{пр.п.пр}$  - соответственно расчетное и принятое число единиц оборудования.

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

- размер партии деталей (изделий),  $(n_j)j$  -го наименования;
- периодичность (ритмичность) чередования партий деталей  $j$ -го наименования ( $R_{чер.j}$ )
- продолжительность производственного цикла обработки партии деталей (изделий)  $j$ -го наименования ( $t_{ц.j}$ ).

Размер партии деталей  $(n_j)$  определяется по формуле (8.54), а среднее время простоя каждого рабочего места при переходе с изготовления партии изделия одного наименования на партию изделия другого наименования рассчитывается по формуле (8.55).

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

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

$$\frac{n_j}{n_{oj}} \geq 1 \quad (8.63)$$

где  $n_{oj}$  - количество деталей, выпускаемых поточной линией за период оборота.

Кроме того, желательно, чтобы это отношение было целым числом.

Количество деталей ( $n_{oj}$ ) определяется по формуле

$$n_{oj} = \frac{N_{э,j}}{\sum_1^x t_{uj}} T_{oj} \quad (8.64)$$

где  $T_{oj}$  - период оборота линии при изготовлении изделия  $j$ -го наименования, смен;

$\sum_1^x t_{uj}$  - суммарное время занятости поточной линии изделием  $j$ -го наименования по всем партиям ( $x$ ) в плановом периоде, смен.

$x$  - число партий изделий в плановом периоде;  $x = N_{зj}/n_j$

При периоде оборота линии, равном одной смене:

$$n_{о,j} = \frac{N_{э,j}}{\sum_1^x t_{uj}}; n_{о,A} = \frac{N_{з,A}}{\sum_1^x t_{ц,A}}; n_{о,Б} = \frac{N_{э,Б}}{\sum_1^x t_{ц,Б}}; n_{о,В} = \frac{N_{э,В}}{\sum_1^x t_{ц,В}} \quad (8.65)$$

Суммарное время занятости поточной линии  $j$ -м наименованием предмета труда в плановом периоде определяется по формулам:

$$\sum_1^x t_{ц,j} = \frac{N_{э,j} \cdot r_{пр.п,j}}{480}; \sum_1^x t_{ц,A} = \frac{N_{з,A} \cdot r_{пр.п,A}}{480} \quad (8.66)$$

и т.д.

Периодичность (ритмичность) партии изделий  $j$ -го наименования в

соответствии с выбранной партией деталей рассчитывается по формуле

$$R_{\text{чер.}j} = \frac{F_{\text{эф}} \cdot n_j}{N_{\text{э.}j}}; R_{\text{чер.}A} = \frac{F_{\text{эф}} \cdot n_A}{N_{\text{э.}A}} \quad (8.67)$$

и т.д.

Продолжительность производственного цикла (занятость МППЛ обработкой партий предметов труда  $j$ -го наименования) определяется по одной из формул

$$t_{\text{ц.}j} = \frac{n_j}{n_{0j}} T_{0j} \text{ или } t_{\text{ц.}j} = \frac{n_j \cdot r_{\text{пр.н.}j}}{480} \quad (8.68)$$

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

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

Изделие	Занятость линии $j$ -й детали, смен	Частный такт $j$ -й детали, мин/шт	Месячная программа, шт	Размер запускаемой партии деталей, шт	Размер партии деталей за $T_0$ линии, шт	Периодичность чередования, дней	Число партий деталей, шт	Продолжительность цикла	Время переналадки оборудования, мин	График работы МППЛ по дням месяца				
										1	5	9	13	17
A	6	1,6	1800	600	300	6,67	3	2	45,6x3	2	6	10	14	18
B	8	1,6	2400	600	300	5,0	4	2	71,2x4	3	7	11	15	19
B	24	3,2	3600	900	150	5,0	4	6	48,8x4	4	8	12	16	20

$t_{\text{ц}}$  включает время обработки деталей ( $2 \cdot 3 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 6$ ) = 38 смен; время на переналадку оборудования ( $45,6 \cdot 3 + 71,2 \cdot 4 + 48,8 \cdot 4$ ) = 1,2 смены, время на проведение плановых ремонтов оборудования - 0,8 смены. Всего 40 смен.

**Рис. 8.9.** Стандарт-план МППЛ с последовательно-партионным чередованием изделий.

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

Кроме того, необходимо построить  $m$  графиков стандарт-планов ОППЛ на период оборота линии, так как, когда обрабатывается одно  $j$ -е изделие, МППЛ работает как ОППЛ. Другими словами, необходимо построить графики работы линии, графики регламентации труда, рассчитать межоперационные оборотные заделы изделий по каждому наименованию. Если  $m \leq 3$ , то графики строятся по всем наименованиям изделий, а если  $m > 3$ , то графики стандарт-планов строятся только для ведущих изделий, число которых не должно превышать трех. В качестве примера на рис. 8.10 приведен стандарт план МППЛ по обработке изделия "В", когда линия работает как ОППЛ, а также показано движение межоперационных оборотных заделов по изделию "В".

Исходными данными для построения таких графиков являются:

- программа выпуска деталей  $j$ -го наименования ( $N_{z,j}$ );
- программа выпуска деталей  $j$ -го наименования ( $n_{oj}$ ) за период оборота

$T_{об}$ ;

- период оборота линии ( $T_{об,j}$ ), смен;
- технологический процесс изготовления деталей  $j$ -го наименования и нормы времени по каждой операции, календарно-плановые нормативы первой и второй групп.

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

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

## 8.8. Экономическая эффективность поточного производства

Широкое распространение поточных методов производства объясняется их высокой эффективностью. Для поточного производства характерны: широкое применение высокопроизводительного специального оборудования, высокий уровень механизации и автоматизации ручных работ и транспортных операций и наиболее полное использование оборудования, материалов и прочих средств производства.

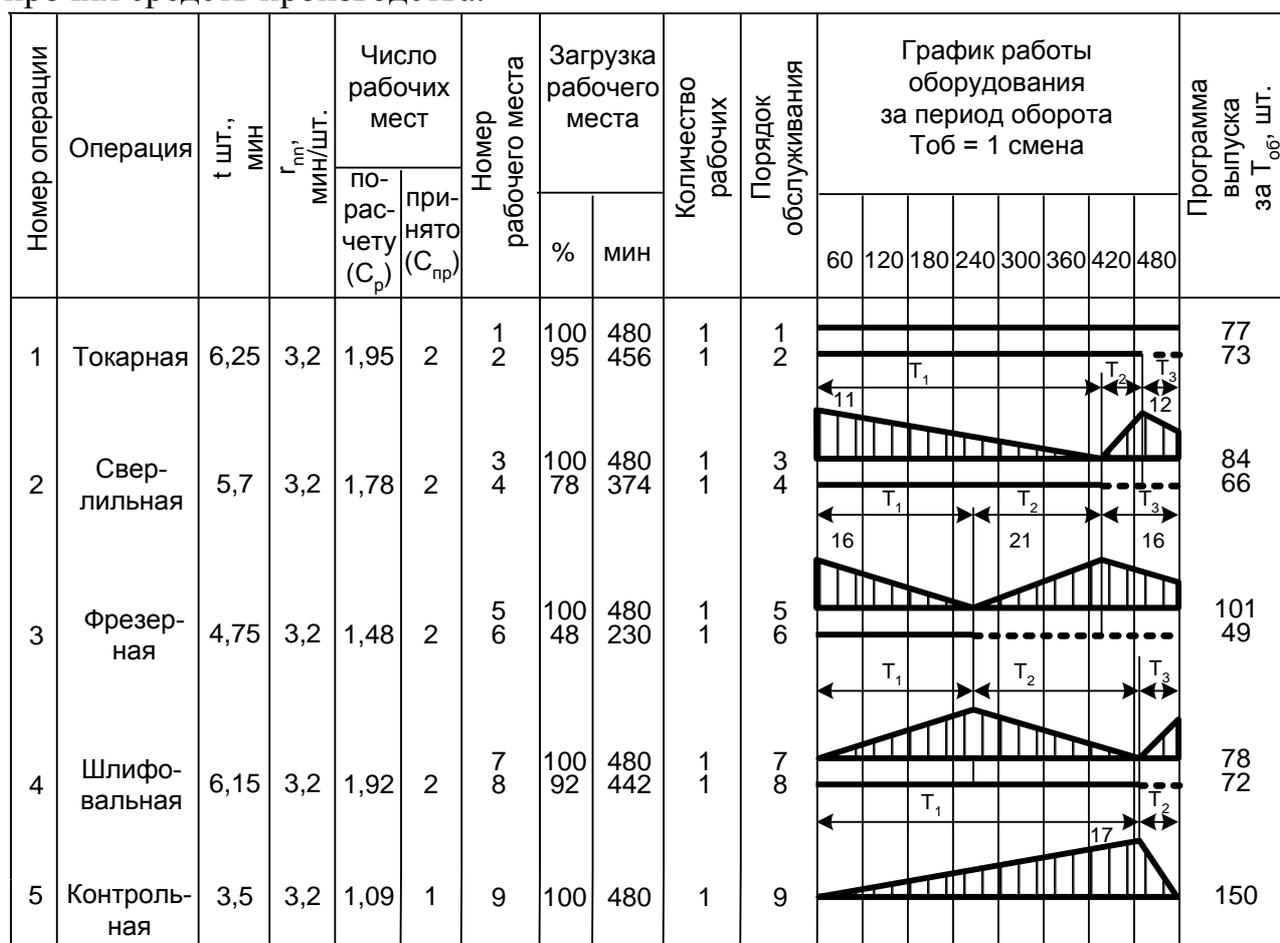


Рис. 8.10. Стандарт-план МППЛ по обработке изделия "В"

Эффективность поточных методов выражается в повышении производительности труда, увеличении выпуска продукции, сокращении продолжительности производственного цикла обрабатываемой продукции, снижении использования производственных площадей, меньшем числе межцеховых и цеховых кладовых, экономии материалов, снижении себестоимости продукции и т. д.

На повышение производительности труда при поточном производстве оказывает влияние ряд факторов, среди которых можно отметить следующие:

- освобождение рабочих от затрат излишнего и тяжелого физического труда. Доставка на рабочие места материалов и полуфабрикатов, а также дальнейшее перемещение предметов труда осуществляются с помощью

специальных транспортных средств;

- ликвидация или сведение к минимуму простоев рабочих из-за переналадок оборудования, неравномерной загрузки, непропорциональности мощностей рабочих мест;

- приобретение рабочими производственных навыков вследствие того, что они в течение длительного времени выполняют одну и ту же операцию или ее часть;

- повышение точности заготовок и материалов, в результате чего сокращается время на обработку и изготовление продукции;

- снижение трудоемкости процессов производства за счет применения в потоке передовой технологии и техники и оптимальных режимов работы оборудования.

На снижение себестоимости влияют следующие факторы:

- сокращение заработной платы на единицу изделия благодаря повышению производительности труда и снижению трудоемкости продукции;

- уменьшение затрат на основные материалы и полуфабрикаты в результате рационального выбора этих материалов, установление более экономичных размеров и допусков материалов и припусков на полуфабрикаты, применение наиболее эффективных методов централизованного метода раскроя с учетом максимального использования отходов производства;

- сокращение удельных расходов инструментов благодаря применению техники обоснованных типов и размеров инструментов, оптимальных скоростей, установленных режимов работы оборудования, организации принудительной смены и централизованной заточки;

- экономное расходование в результате интенсификации процессов и увеличение выпуска продукции;

- наиболее полное использование оборудования, зданий и сооружений благодаря целесообразной планировке оборудования, непрерывности и равномерности процессов производства, пропорциональности мощностей и сведения

простоев оборудования до минимума;

- сокращение брака в результате тщательной разработки технологического процесса, постоянства применения материалов и режимов работы, освоения рабочими технологических процессов.

Внедрение поточного производства приводит к значительному сокращению продолжительности производственного цикла, уменьшению заделов и общего объема незавершенного производства.

Однако переход на поточное производство влечет за собой и рост капитальных вложений. В связи с этим необходимо определять размер капитальных вложений и их экономический эффект.

Расчет экономического эффекта рекомендуется вести в следующем порядке.

1. Выбирается и обосновывается базовый вариант для сравнения.
2. Рассчитывается производительность техники по вариантам.

3. Определяются капитальные вложения по вариантам (базовому и проектируемому):  $K_1$  - до внедрения поточного производства и  $K_2$  - после внедрения.

В общий объем капитальных вложений по вариантам, как правило, включаются: затраты на технологическое оборудование ( $K_{об}$ ), дорогостоящий инструмент и технологическую оснастку ( $K_{и}$ ); затраты на доставку, монтаж и пусконаладочные работы технологического оборудования и оснастки ( $K_{т.м.п.а}$ ); затраты на производственную площадь, занимаемую оборудованием ( $K_{пл}$ ); затраты на транспортные средства ( $K_{тр}$ ); затраты  $i$  на предотвращение загрязнения окружающей среды ( $K_{сп}$ ) и на создание определенных условий для рабочих-операторов ( $K_{yc}$ ).

Кроме того, в состав капитальных вложений по проектируемому варианту ( $K_2$ ) входят: затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы ( $K_{ниокр}$ ) учетом фактора времени; убытки от списания недоамортизированной базовой техники ( $K_{сп}$ ); затраты на пополнение (уменьшение) оборотных средств ( $\pm \Delta 0$ ).

4. Рассчитывается себестоимость выпускаемой продукции - производимой с помощью оборудования базового варианта ( $C_1$ ) и с помощью поточной линии ( $C_2$ ).

5. Устанавливается тождественность по объему выпуска в базовом и проектируемом вариантах.

6. Определяются сумма приведенных затрат и годовой экономической эффект от внедрения поточного производства (методика расчета изложена в пар. 9.5).

## **Глава 9. ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### *9.1. Виды и организационно-технические особенности создания и эксплуатации автоматических линий*

Дальнейшим развитием поточного производства является его автоматизация, в которой сочетаются непрерывность производственных процессов с автоматическим выполнением. Автоматизация производства в машиностроении и радиоэлектронном приборостроении развивается в направлении создания автоматических станков и агрегатов, автоматических поточных линий, автоматических участков, цехов и даже заводов.

Степень автоматизации производственных процессов может быть различной. При частичной автоматизации часть функций по управлению оборудованием автоматизирована, а часть - выполняется рабочими-операторами (полуавтоматические комплексы). При комплексной автоматизации все

функции управления автоматизированы, рабочие только налаживают технику и контролируют ее работу (автоматические комплексы).

При комплексной автоматизации производственных процессов должна применяться такая система автоматических машин, при которой процесс превращения исходного материала в готовый продукт происходит от начала до конца без физического вмешательства человека. Для этого требуется автоматизация не только технологических, но и всех вспомогательных и обслуживающих операций.

Комплексная автоматизация производственных процессов является главным направлением технического прогресса, обеспечивающим дальнейший рост производительности труда, снижение себестоимости и улучшение качества продукции. Этапы развития автоматизации производства определяются развитием средств производства, электронно-вычислительной техники, научных методов технологии и организации производства.

На первом этапе были созданы автоматические линии с жесткой кинематической связью. Для второго этапа развития автоматизации характерно появление электронно-программного управления: были созданы станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и автоматические линии, содержащие в качестве компонента оборудование с программным управлением.

Переходом к третьему этапу развития автоматизации послужили новые возможности ЧПУ, основанные на применении микропроцессорной техники, что позволило создавать принципиально новую систему машин, в которой сочетались бы высокая производительность автоматических линий - с требованиями гибкости производственного процесса. Более высокий уровень автоматизации характеризуется созданием автоматических заводов будущего, оснащенных оборудованием с искусственным интеллектом. Типичным примером комплексной автоматизации является автоматическая линия (АЛ).

*Автоматическая линия* - это система согласованно работающих и автоматически управляемых станков (агрегатов), транспортных средств и контрольных механизмов, размещенных по ходу технологического процесса, с помощью которых | обрабатываются детали или собираются изделия по заранее заданному технологическому процессу в строго определенное время (такт АЛ).

Роль рабочего на АЛ сводится лишь к наблюдению за работой линии, к наладке и подналадке отдельных механизмов, а иногда к подаче заготовки на первую операцию и снятию готового изделия на последней операции. Это позволяет рабочему управлять значительным числом машин и механизмов. Характер труда рабочего меняется коренным образом и все более и более приближается к труду техника и инженера.

Основным параметром (нормативом) АЛ является производительность. Производительность линии считают по производительности последнего выпускного станка. Различают: технологическую, цикловую, фактическую, потенциальную производительность линии.

Технологическая производительность определяется по формуле

$$P_m = \frac{1}{t_m} \quad (9.1)$$

где  $t_m$  - время непосредственной обработки детали (рабочих ходов станка, автомата, линии), т. е. основное время ( $t_o$ ).

Цикловая производительность рассчитывается по формуле

$$P_{ц} = \frac{1}{T_{ц}} = \frac{1}{(t_m + t_x)} \quad (9.2)$$

где  $T_{ц}$  - продолжительность рабочего цикла ( $T_{ц} = t_m + t_x + t_o + t_b + t_{он}$ ) мин;

$t_x$  - время холостых ходов рабочей машины, связанных с загрузкой и разгрузкой, межстаночным транспортированием, зажимом и разжимом деталей, т.е. вспомогательное время (ц).

Для большинства автоматических линий продолжительность рабочего цикла и всех его элементов остается неизменной в процессе работы машины, поэтому значения технологической и цикловой производительности являются постоянными величинами. В реальных условиях периоды бесперебойной работы рабочей машины АЛ чередуются с простоями, вызванными различными организационными причинами. Вследствие этого фактическая производительность автоматической линии определяется по формуле

$$\rho_{ф} = K_{ис.в} \cdot \rho_{ц} = \frac{1}{T_{ц} + t_{т.о} + t_{о.о}} = \frac{1}{T_{ц} + t_{ом}} \quad (9.3)$$

где  $K_{ис.в}$  - коэффициент использования рабочей машины (станка, автомата, линии) во времени;

$\rho_{ц}$  - цикловая производительность рабочей машины.

Коэффициент  $K_{ис.в}$  (организационно-технический уровень) может быть рассчитан по формуле

$$K_{ис.в} = \frac{F_{эф}}{F_{эф} + E_{пр}} = \frac{T_{ц}}{T_{ц} + t_{ом}} \quad (9.4)$$

где  $F_{эф}$  - время работы рабочей машины за плановый период (эффективный фонд времени);

$T_{пр}$  - время простоя рабочей машины за тот же период;

$t_{ом}$  - время внецикловых простоев, приходящихся на единицу продукции ( $t_{ом} = t_{т.о} + t_{о.о}$ )

Все простои оборудования делятся на собственные ( $t_{т.о}$ ) и

организационно-технические ( $t_{o,o}$ ).

Собственные простои функционально связаны с конструкцией и режимом работы линии. Их величина определяется конструктивным совершенством линии, ее надежностью в работе, квалификацией обслуживающего персонала и др. К ним относятся простои, связанные с регулировкой механизмов, подналадкой и текущим ремонтом оборудования, сменой инструмента и т. д. Организационно-технические простои обусловлены внешними причинами, функционально не связанными и не зависящими от конструкции АЛ и системы ее обслуживания. Это - отсутствие заготовок, несвоевременный приход и уход рабочего, брак на предыдущих операциях и другие виды организационного обслуживания ( $t_{o,o}$ ).

С учетом потерь времени только по причинам технического обслуживания определяется потенциальная производительность автоматической линии

$$P_{\Pi} = \frac{1}{(T_{\Pi} + t_{t,o})} \quad (9.5)$$

Технический уровень этой линии (коэффициент технического использования)

$$K_{т.у} = P_{\Pi} / P_{\Pi} \quad (9.6)$$

Организационно-технический уровень (коэффициент общего использования)

$$K_{т.у} = P_{\phi} / P_{\Pi} \quad (9.7)$$

Важнейшим календарно-плановым нормативом автоматической линии, характеризующим равномерность выпуска продукции является такт (или ритм потока). Он определяется суммарным временем обработки изделия ( $t_m$ ), временем установки, закрепления, раскрепления и снятия, а также транспортировки его с одной операции на другую ( $t_x$ )

$$r_{ал} = t_m + t_x$$

Автоматические линии с гибкой связью оснащаются, как правило, независимым межоперационным транспортом, позволяющим передавать детали с операции на операцию независимо от другой. После каждой операции на линии создается бункерное устройство (магазин) для накопления межоперационного задела, за счет которого осуществляется непрерывная работа станков.

## 9.2. Организационно-технические особенности создания и эксплуатации роторных линий

Разновидностью комплексных автоматических линий являются роторные автоматические линии (РЛ), разработанные инженером Л. Н. Кошкиным.

*Автоматическая роторная линия* представляет собой комплекс рабочих машин (роторов), транспортных машин (роторов), приборов, объединенных единой системой автоматического управления, в котором одновременно с обработкой заготовки перемещаются по дугам окружностей рабочих роторов совместно с воздействующими на них рабочими инструментами.

Рабочие и транспортные роторы находятся в жесткой кинематической связи и имеют синхронное вращение.

Рабочий ротор представляет собой жесткую систему, на периферии которого на равном расстоянии друг от друга монтируются рабочие инструменты в быстросъемных блоках и рабочие органы, сообщающие инструментам необходимые движения. Каждый инструмент на различных участках своего пути совершает все необходимые элементы движения для выполнения операции. Для малых усилий применяются механические исполнительные органы, для больших - гидравлические (например, штоки гидравлических силовых цилиндров).

Инструмент, как правило, монтируется комплексно в предварительно налаживаемых (вне рабочих машин) блоках, сопрягаемых с исполнительными органами рабочего ротора преимущественно только осевой связью, что обеспечивает возможность быстрой замены блоков.

На периферии транспортных роторов на равном расстоянии друг от друга устанавливаются заготовки для изготовления деталей или сборочные единицы для сборки изделий. Транспортные роторы принимают, транспортируют и передают изделия (заготовки) на рабочие роторы. Они представляют собой барабаны или диски, оснащенные несущими органами. Часто применяются простые транспортные роторы, имеющие одинаковую транспортную скорость, общую плоскость транспортирования и одинаковую ориентацию предметов обработки.

Для передачи изделий между рабочими роторами с различными шаговыми расстояниями или различным положением предметов обработки транспортные роторы могут изменять угловую скорость и положение в пространстве транспортируемых предметов.

Рабочие и транспортные роторы соединяются в линии общим синхронным приводом, перемещающим каждый ротор на один шаг за время, соответствующее такту линии ( $t_{рл}$ ).

На автоматической роторной линии можно одновременно обрабатывать детали нескольких типоразмеров сходной технологии, т. е. они могут применяться не только в массовом, но и в серийном производстве. В настоящее время эти линии широко используются при производстве радиодеталей,

штампованных деталей, при расфасовке, упаковке и на других видах работ.

Основными календарно-плановыми нормативами такой линии являются:

1. Такт роторной линии, который определяется временем перемещения заготовки и инструмента на расстояние ( $I_{пр}$ ) между двумя смежными позициями ротора (шаг ротора).

$$r_{рп} = I_{пр} / V_{тр} \quad (9.8)$$

где  $V_{тр}$  - транспортная (линейная) скорость движения инструмента (предмета труда), или, что то же самое, окружная скорость ротора (по окружности центров инструментов), которая рассчитывается по формуле

$$V_{mp} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \quad (9.9)$$

или

$$V_{тр} = \omega \cdot r$$

где  $\omega$  - угловая скорость вращения ротора, оборотов/с или оборотов/мин.;

$r$  - радиус ротора, мм, см, м;

$T$  - период вращения (время, за которое ротор совершает полный оборот), с, мин;

$\pi$  - постоянное число, приблизительно равное 3,14.

Окружные скорости двух роторов (рабочего и транспортного) всегда должны быть равны, это обеспечивает точность позиционирования

$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2 \quad (9.10)$$

где  $\omega_1$ ,  $r_1$ ,  $\omega_2$ ,  $r_2$  - угловые скорости и радиусы соответственно рабочего и транспортного роторов.

2. Продолжительность производственного цикла обработки заготовки определяется длиной пути (4ю) от места загрузки заготовки до места выдачи детали с той же скоростью

$$t_{ц} = L_{но} / V_{mp} \quad (9.1.1)$$

Время, в течение которого рабочий инструмент участвует в процессе (^ци), больше периода обработки детали (?ц) и характеризуется временем полного оборота ротора, т. е.:

$$t_{ци} = L_n / V_{mp} \quad (9.12)$$

где  $L_n$  - длина полной окружности ротора.

Продолжительность цикла равна сумме входящих в него интервалов, связанных с поворотом ротора на определенный угол  $\alpha$ :

$$t_{ци} = t_n + t_{kn} + t_3 + t_m + t_{oi} + t_p + t_c + t_{хд} \quad (9.13)$$

где  $t_n$  - передача заготовки из транспортного ротора в инструментальный блок рабочего ротора ( $a_1$ );

$t_{kn}$  - контроль за правильностью положения, наличием или отсутствием заготовки перед обработкой ( $a_2$ );

$t_3$  - закрепление заготовки и подвод инструмента ( $a_3$ );

$t_m$  - время непосредственной обработки детали ( $a_4$ )

$t_{oi}^{on}$  - отвод инструмента ( $a_5$ )

$t_p$  - раскрепление изделия ( $a_6$ );

$t_s$  - снятие и передача изделия с рабочего ротора в транспортный ротор ( $a_7$ );

$t_{хд}$  - холостое движение инструментального блока ( $a_8$ ).

Период холостого хода, соответствующий углу ( $a_8$ ), обычно используется для ручных или автоматических процессов смены инструмента, контроля и очистки от отходов производства,

3. Цикловая производительность роторной машины (два ротора - рабочий и транспортный) определяется по формуле

$$r_{цм} = n / t_{ци} \quad (9.14)$$

где  $n$  - число рабочих органов (инструментальных позиций) на рабочем роторе.

Цикловая производительность роторной линии определяется как величина, обратная такту:

$$r_{цл} = V_{mp} / I_{np} \quad (9.15)$$

фактическая производительность роторной линии рассчитывается по формуле

$$r_{фд} = r_{цл} \cdot K_{ис.в} \quad (9.16)$$

где  $K_{ис.в}$  - коэффициент использования роторной линии.

Важным достоинством роторной линии является относительная простота получения синхронного процесса, которая обеспечивается варьированием

числа позиций ( $n$ ) на рабочих и транспортных роторах, чтобы выдерживалось условие  $\frac{t_i}{n_i} = const$  ;

Надежность функционирования этой линии оценивается вероятностью сохранения установленного проектом уровня цикловой производительности.

Роторные линии отличаются определенным уровнем гибкости и позволяют получать достаточно высокие технико-экономические показатели. Например, по сравнению с отдельными автоматами нероторного типа сокращается производственный цикл в 10-15 раз, уменьшаются межоперационные заделы в 20-25 раз; высвобождаются производственные площади, снижаются трудоемкость и себестоимость продукции, капитальные затраты окупаются за 1-3 года.

### **9.3. Организационно-технические особенности создания и эксплуатации робототехнических комплексов**

В современных условиях развития автоматизации производства особое место отводится использованию промышленных роботов.

*Промышленный робот* - это механическая система, включающая манипуляционные устройства, систему управления, чувствительные элементы и средства передвижения. С помощью промышленных роботов можно объединять технологическое оборудование в отдельные робототехнические комплексы различного масштаба, не связанные жестко планировкой и числом комплектующих агрегатов.

Принципиальными отличиями робототехники от традиционных средств автоматизации являются их широкая универсальность (многофункциональность) и гибкость (мобильность) при переходе на выполнение принципиально новых операций.

Промышленные роботы находят применение во всех сферах производственно-хозяйственной деятельности. Они успешно заменяют тяжелый, утомительный и однообразный труд человека, особенно при работе в условиях вредной и опасной для здоровья производственной среды. Они способны воспроизводить некоторые двигательные и умственные функции человека при выполнении ими основных и вспомогательных производственных операций без непосредственного участия рабочих. Для этого их наделяют некоторыми способностями: слухом, зрением, осязанием, памятью и т. д., а также способностью к самоорганизации, самообучению и адаптации к внешней среде.

Промышленный робот - это перепрограммируемая автоматическая машина, применяемая в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека, при перемещении предметов труда или технологической оснастки.

Роботы первого поколения (автоматические манипуляторы), как правило, работают по заранее заданной «жесткой» программе. Например, в жесткой связи со станками, оснащенными ЧПУ.

Роботы второго поколения оснащены системами адаптивного

управления, представленными различными сенсорными устройствами (например, техническим зрением, осязательными схватами и т.д.) и программами обработки сенсорной информации.

Роботы третьего поколения обладают искусственным интеллектом, позволяющим выполнять самые сложные функции при замене в производстве человека.

Разнообразие производственных процессов и условий производства определяют наличие различных типов роботизированных технологических комплексов (РТК) - ячеек, участков, линий и т. д.

Классификация РТК по типу роботизированного подразделения основывается на количественной характеристике выполняемых комплексом технологических операций.

Простейшим типом РТК, который положен в основу более крупных комплексов, вплоть до целых предприятий, является роботизированная технологическая ячейка (РТЯ), в которой выполняется небольшое число технологических операций, например роботизированная единица технологического оборудования с ЧПУ.

Более крупным роботизированным комплексом является роботизированный технологический участок (РТУ). Он выполняет ряд технологических операций (включает несколько единиц РТЯ). Если операции осуществляются в едином технологическом процессе на последовательно расположенном оборудовании, то комплекс представляет собой роботизированную технологическую линию (РТЛ).

Структурно РТК может быть представлен в виде цеха, состоящего из нескольких РТУ, РТЛ, автоматизированных складов и связывающих их транспортных промышленных роботов (робозлектрокаров). Высшей формой организации производства является создание комплексно роботизированного завода. В зависимости от вида роботизированного производственного процесса РТК могут быть предназначены для получения заготовок, обработки деталей, выполнения процессов сборки либо для реализации контрольно-сортировочных и транспортно-перегрузочных операций, в том числе для внутрицехового транспортирования и складских операций.

При проектировании РТК выделяют два этапа: на первом этапе рассматривают проблемы анализа производства, выбирают объекты роботизации, состав основного технологического оборудования, вид движения деталей, систему рационального автоматизированного управления технологическим процессом и функциональными задачами; на втором этапе осуществляют непосредственное проектирование РТК, формируют структуру, определяют количество и характеристики промышленных роботов и технологического оборудования, разрабатывают рациональные планировки оборудования РТК в производственном помещении, составляют и отлаживают алгоритмы и программные системы управления РТК, необходимые в период функционирования.

Компоновочные варианты РТК зависят от решаемых технологических

задач, уровня автоматизации, числа и типажа промышленных роботов, их технических и функциональных возможностей. Как правило, компоновочные варианты РТК основываются на принципах индивидуального и группового обслуживания оборудования промышленными роботами.

Индивидуальное обслуживание - робот встраивается в технологическое оборудование; размещается рядом с оборудованием; несколько роботов обслуживают единицу оборудования (рис. 9.1, а, б, в).

Групповое обслуживание - робот обслуживает несколько единиц технологического оборудования, при этом возможны два варианта компоновки: 1) линейное расположение оборудования (рис. 9.1, г); 2) круговое расположение оборудования (рис. 9.1, д).

Выбор оптимальных параметров и рациональных конструкторских решений в период проектирования РТК производится с учетом ряда организационно-экономических факторов: производительности РТК, обеспечения надежности его работы, эффективности функционирования и др. Проектную потенциальную производительность РТЯ можно определить с учетом собственных простоев по формуле

$$P_{nn} = \frac{N_{ц}}{T_{ц}} \cdot \left( \frac{t_p}{t_p + t_{m.o}} \right) \quad (9.17)$$

где  $N_{ц}$  - число деталей, обрабатываемых за цикл;

$T_{ц}$  - цикл работы РТЯ ( $t_{ц} + t_x$ );

$t_p$  - время работы без перерывов за  $T_{ц}$ ;

$t_{t.o}$  - величина простоев, связанных с регулировкой, сменой и подналадкой инструмента, с отказами устройств РТЯ и т. д.;

$$t_{t.o} = t_{об} + t_{пр} + t_{во}$$

где  $t_{об}, t_{пр}, t_{во}$  - потери времени из-за простоев соответственно основного технологического оборудования, промышленных роботов и вспомогательного оборудования.

Особенности РТК	Компоновочные схемы РТК
Индивидуальное обслуживание оборудования	
а) ПР встроен в оборудование	
б) ПР размещён рядом с оборудованием	
в) несколько ПР обслуживают единицу оборудования	
Групповое обслуживание оборудования	
г) обслуживание ПР нескольких единиц оборудования при линейном расположении	
д) обслуживание ПР нескольких единиц оборудования при круговом расположении	

**Рис. 9.1.** Основные варианты компоновочных схем РТК:

1 - промышленный робот (ПР); 2- технологическое оборудование (ТО); 3- конвейер; 4 - устройство числового программного управления (ЧПУ); 5 - магазин инструмента (МИ); 6 - питатель заготовками (П); 7 - стол (С); 8 -

автоматизированная система (АС); 9 - роботоэлектрокар (РЭК); 10 - накопитель деталей (Н)

Если соотношение

$$\frac{t_p}{t_p + t_{m.o}} = K_{m.ис}$$

назвать коэффициентом технического использования РТЯ с учетом собственных простоев, тогда ее проектную производительность можно представить в виде

$$P_{nn} = \frac{N_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} K_{m.ис} \quad (9.18)$$

Известно, что кроме собственных перерывов технологическое оборудование может простаивать из-за организационно-технических перерывов ( $t_{o.o}$ ), которые необходимо учитывать при определении фактической производительности РТЯ.

Коэффициент суммарных внецикловых потерь рабочего времени (собственных и организационно-технических) определяется по формуле

$$K_{o.m.ис} = \frac{t_{mp} + t_u + t_{om}}{[100 - (t_{mp} + t_u + t_{om})]} + \frac{t_{np}}{100 - t_{np}} + \frac{t_{в.o}}{100 - t_{в.o}} \quad (9.19)$$

где  $t_{mp} + t_m + t_{om} = t_{об}$  - время простоев основного оборудования в связи с текущим ремонтом ( $t_{mp}$ ), сменой и наладкой инструментов ( $t_u$ ), техническим и организационным обслуживанием оборудования ( $t_{om}$ );

$$t_{om} = t_{mo} + t_{oo}$$

Тогда фактическую производительность РТК можно рассчитать по формуле

$$P_{n.ф} = \frac{N_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} K_{o.m.ис} \quad (9.20)$$

Роботизированная технологическая линия с гибкой межпозиционной связью располагает бункерными устройствами на входе и выходе, а подобная линия с жесткой межпозиционной связью бункерных накопителей не имеет, и все роботизированные технические ячейки линии должны функционировать

синхронно в одном ритме, так как выход из строя любого агрегата или его элемента ведет к остановке роботизированной технологической линии. Исходя из этого при расчете производительности этой линии необходимо рассчитывать коэффициент ее технического использования. Расчет производится по формуле

$$K_{ис.р\tau\lambda} = \frac{1}{1 + K_{р\tau\lambda}} \quad (9.21)$$

где  $K_{р\tau\lambda}$  - коэффициент собственных внецикловых потерь РТЛ, образованных суммой потерь времени у всех составляющих элементов РТЛ.

Тогда производительность РТЛ можно определить по формуле

$$P_{п.р\tau\lambda} = \frac{N_{ц}}{T_{ц.р\tau\lambda}} K_{ис.р\tau\lambda} \quad (9.22)$$

При решении организационно-экономических проблем использования РТК особенно важно обеспечить необходимый уровень надежности. Этот комплексный показатель промышленного робота рассчитывается по формуле

$$y_H = \frac{t_{ом}}{t_{отк} - t_{вос}} \quad (9.23)$$

где  $t_{ом}$  - время, затрачиваемое на техническое и организационное обслуживание РТК в плановый период (ч, смена);

$t_{отк}$  - наработка работа на отказ за плановый период;

$t_{вос}$  - среднее время восстановления работоспособности РТК.

Повышение надежности РТК позволяет снизить потери времени на планово-предупредительные ремонты и ликвидацию аварийных отказов, а также уменьшить затраты на ремонт всех видов и техническое обслуживание оборудования. Обеспечение ритмичности производственного процесса в условиях РТК и синхронизация операций являются одной из сложных организационных задач. Для РТК устанавливают величину усредненного такта или ритма  $T_{уд}$  и за счет группировки и подбора операций обеспечивают равенство или кратность между продолжительностью операций и тактом. Такт определяется по формуле

$$r_{yc} = t_{umi} / C_{р\tau\lambda} \quad (9.24)$$

где  $t_{umi}$  - штучное время на  $i$ -и операции;

$C_{р\tau\lambda}$  - число роботизированных технологических ячеек.

За счет синхронизации простои основного оборудования РТК сводятся к минимуму, при этом повышаются его производительность и эффективность.

Социально-экономическая эффективность определяется на основе суммы приведенных затрат по базовой технике и РТК с учетом социальных факторов.

#### **9.4. Организационно-технические особенности создания и эксплуатации гибких производственных систем**

В современных условиях сфера распространения поточных форм организации производства и соответствующих видов поточных линий (ОНПЛ, ОППЛ, МНПЛ, МППЛ, АЛ, РЛ) ограничена в основном массовым и крупносерийным типами производства, доля которых в общем объеме производства не столь значительна и постоянно уменьшается под воздействием ряда факторов, порождаемых научно-техническим прогрессом. К таким факторам относятся: увеличение многообразия разработки объектов новой продукции; частая сменяемость выпускаемых изделий; возрастание многономенклатурности производства изделий, сборочных единиц, деталей; снижение объема выпуска отдельных изделий при увеличении объема других и т. д. Развитие радиоэлектроники, вычислительной техники и программирования, серийное производство высокопроизводительных многоцелевых станков с ЧПУ (обрабатывающих центров), робототехника и использование групповой технологии обусловили создание базы для автоматизации серийного, мелкосерийного и единичного производств, а также для перехода к гибкому автоматизированному производству и к массовому внедрению гибких производственных систем (ГПС);

В отличие от поточных и автоматических линий, имеющих узкую специализацию на изготовление определенного вида изделий, создание ГПС направлено на обеспечение выпуска серийных и мелкосерийных изделий дискретными партиями, номенклатура и размеры которых могут меняться во времени. При этом использование ГПС должно способствовать сохранению для многономенклатурного производства отличительных особенностей и преимуществ массового производства (непрерывности и ритмичности) и существенному повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции при сокращении численности рабочих-операторов.

Гибкие производственные системы отличаются от технических систем, состоящих из универсального оборудования и автономно работающих станков с ЧПУ и от производств, оборудованных станками-автоматами и полуавтоматами в линии (АЛ, РЛ и др.) с механической связью. От производств, оснащенных универсальным оборудованием и станками с ЧПУ, ГПС отличаются высокой производительностью оборудования и труда как за счет одновременного выполнения многих операций производственного процесса с одной установки обрабатываемого предмета труда, так и за счет того, что ГПС может работать в автоматическом режиме круглосуточно. От автоматических линий ГПС отличается гибкостью в широком смысле слова, что позволяет обрабатывать в нем широкую номенклатуру изделий и быструю смену объектов производства.

Обладая широкой гибкостью, ГПС обеспечивает высокую производительность оборудования, приближающуюся к уровню

производительности автоматических линий и линий, скомпонованных из специализированных станков. Основным показателем ГПС - степень гибкости - может быть определен величиной затрачиваемого времени, количеством необходимых дополнительных расходов, при переходе на выпуск изделий определенного наименования, а также широтой номенклатуры выпускаемой продукции.

Понятие степень гибкости производственной системы - это не однозначный, а многокритериальный показатель. В зависимости от конкретной решаемой задачи ГПС выдвигаются различные аспекты гибкости:

1) машинная гибкость - простота перестройки технологического оборудования для производства заданного множества изделий каждого наименования;

2) технологическая гибкость - способность системы производить заданное множество деталей каждого наименования разными вариантами технологического процесса;

3) структурная гибкость - возможность расширения ГПС за счет введения новых дополнительных технологических модулей, а также возможность объединения нескольких систем в единый комплекс;

4) гибкость по объему выпуска - способность системы экономично изготавливать изделия каждого наименования при разных размерах партий запуска и может быть охарактеризована минимальным размером партии, при котором использование системы остается экономически эффективным;

5) гибкость по номенклатуре - способность системы к обновлению выпуска продукции, она характеризуется сроками и стоимостью подготовки производства деталей нового наименования. В мелкосерийном производстве в качестве показателя гибкости номенклатуры можно принять максимальный коэффициент обновления продукции, при котором использование системы остается экономически эффективным.

Важное значение для обеспечения гибкости по номенклатуре имеет унификация конструктивных и технологических решений, достигаемая за счет автоматизации процессов конструирования изделий и технологической подготовки производства, а также широкого применения принципов групповой технологии, являющейся технологическим фундаментом современных механообрабатывающих производств.

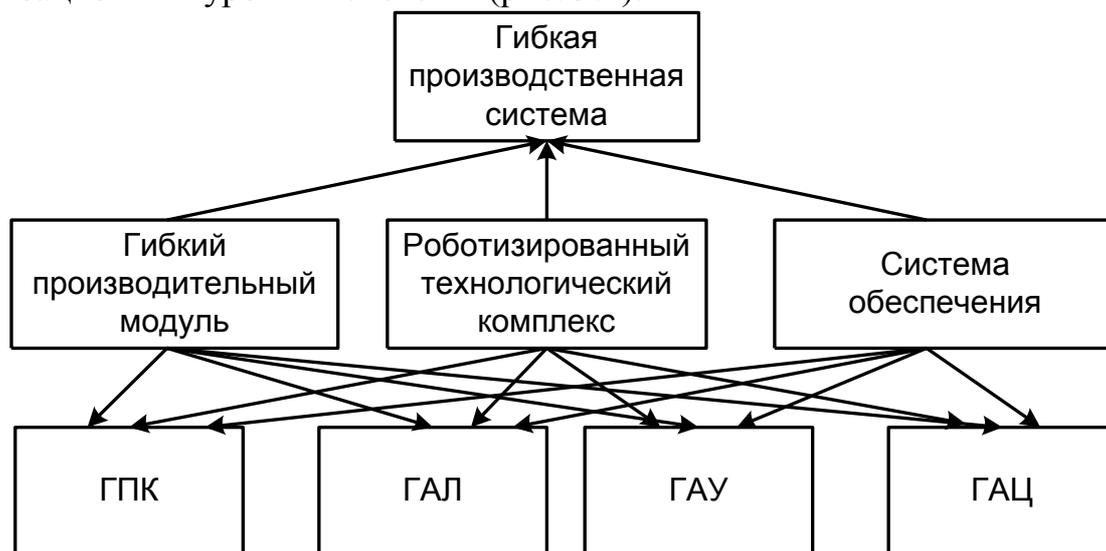
Перечисленные виды гибкости тесно связаны между собой и улучшение одного показателя гибкости может вызвать ухудшение другого. Поэтому при сопоставлении различных ГПС, особенно при анализе вариантов на стадии проектирования, желательно пользоваться не качественными оценками, а некоторой системой количественных характеристик, так как создание ГПС, обладающих высокой гибкостью по всем перечисленным показателям, является не только технически невозможным, но и экономически нецелесообразным. Поскольку, каждая ГПС разрабатывается для нужд конкретного предприятия, цеха, участка, она оказывается специализированной не только по своему технологическому назначению, но и по решаемым производственным задачам.

В общем виде под гибкой производственной системой понимается автоматизированное производство, построенное на современных технических средствах (станках с ЧПУ, роботизированных технологических комплексах, гибких производственных модулях, транспортно-накопительных и складских системах и т. д.), способное обеспечивать выпуск широкой номенклатуры продукции, однородной лишь по своим основным конструктивным и технологическим параметрам и способное безынерционно переходить на выпуск новых изделий любого наименования. К числу основных факторов, обеспечивающих функционирование ГПС, относятся: 1) комплексная автоматизация всех основных и вспомогательных технологических операций; 2) программная переналадка технологического оборудования; 3) оперативная (автоматизированная) конструкторско-технологическая и организационно-экономическая подготовка производства; 4) автоматизация управления производственно-технологическими процессами, осуществляемая в режиме реального времени; 5) реализация и оптимизация оперативно-производственного планирования, позволяющая получить максимальную загрузку оборудования, минимизировать производственный цикл и обеспечить комплектность деталей и сборочных единиц для сборки; 6) групповая технология обработки деталей.

Реализация названных факторов обеспечивается за счет функциональных элементов ГПС, которые можно разделить на две группы:

- производственно-технологические функциональные элементы ГАП, составляющие производственно-технологическую часть ГПС;
- электронно-вычислительные функциональные элементы ГАП, составляющие информационно-вычислительную и управляющую часть ГПС.

При проектировании производственно-технологической части ГПС, как правило, используют блочно-модульный принцип на различных организационных уровнях системы (рис. 9.2).



ГПК - гибкий производственный комплекс; ГАЛ - гибкая автоматизированная линия; ГАУ - гибкий автоматизированный участок; ГАЦ - гибкий автоматизированный цех

**Рис. 9.2.** Структура гибкой производственной системы:

Основными элементами производственно-технологической части ГПС являются: гибкий производственный модуль (ГПМ), роботизированный технологический комплекс (РТК) и система обеспечения.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) - это единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с ЧПУ, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с изготовлением продукции, имеющая возможность встраиваться в более сложную ГПС.

В состав ГПМ входят специальное технологическое оборудование (от одного до трех станков с ЧПУ); контрольно-измерительная аппаратура и установки; промышленные роботы и манипуляторы; средства автоматизации технологического процесса; средства идентификации деталей, заготовок, инструмента и оснастки.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) - это совокупность единиц технологического оборудования от 3 до 10 станков с ЧПУ, роботов и средств их оснащения. Этот комплекс автономно функционирует и осуществляет многократные циклы. Предназначенные для работы в ГПС роботизированные комплексы должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраиваться в ГПС. В качестве средств оснащения они могут быть устройствами накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и т. д.

Таким образом, основными характеристиками ГПМ и РТК являются:

- способность работать автономно, без участия человека;
- автоматически выполнять все основные и вспомогательные операции производственного процесса;
- гибкость, удовлетворяющая требованиям единичного и мелкосерийного производств;
- простота наладки, устранения отказов основного оборудования и системы управления;
- совместимость с оборудованием традиционного и гибкого производства;
- большая степень завершенности обработки деталей с одного станова;
- высокая экономическая эффективность при правильной эксплуатации.

В настоящее время создаются и эксплуатируются ГПС полного технологического цикла, на которых детали или изделия обрабатываются (изготавливаются) со 100%-ной готовностью, и ГПС неполного цикла, когда для завершения изготовления детали требуются дополнительные операции, выполняемые вне данной системы. В соответствии с этим создаются более сложные ГПС в виде гибких производственных комплексов (ГПК), гибких автоматизированных линий (ГАЛ), гибких автоматизированных участков (ГАУ), гибких автоматизированных цехов (ГАЦ)-и гибких автоматизированных заводов (ГАЗ).

ГПК - ГПС, состоящая из нескольких ГПМ (1/3 парка от 6 до 10, а остальные - 11 и более ГПМ) или РТК, объединенных АСУ и автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автономно функционирующая в течение заданного времени и имеющая возможность встраиваться в систему более высокого уровня автоматизации.

ГАЛ - ГПС, состоящая из нескольких ГПМ или РТК, объединенных АСУ, в которой технологическое оборудование располагается в принятой последовательности технологических операций вдоль автоматизированной транспортно-накопительной системы.

ГАУ - ГПС, состоящая из нескольких ГПМ, РТК, ГАЛ и отдельных единиц специального технологического оборудования, автоматизированной транспортно-накопительной системы, объединенных АСУ в гибкий участок, в котором предусмотрено изменение последовательности использования технологического оборудования в пределах заданного технологического маршрута.

ГАЦ- ГПС, объединяющая ГАУ (или ГАЛ), вспомогательные участки и отдельные ГПМ, ГПК, АТСС и управляемая автоматизированной системой.

ГАЗ - ГПС, состоящая из ГАЦ заготовительного производства, ГАЦ обрабатывающей и сборочной стадий, автоматизированных складов материалов, заготовок, комплектующих изделий, готовых деталей и изделий, автоматизированной транспортной системы (АТС), объединенная АСУ.

Система обеспечения функционирования ГПС в автоматическом или автоматизированном режиме включает: а) автоматизированную транспортно-складскую систему - систему взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств с установкой в транспортной таре для временного накопления, распределения и доставки предметов производства и технологической оснастки к ГПМ, РТК или другому технологическому оборудованию в ГПС; б) автоматизированную систему инструментального обеспечения (АСИО), осуществляющую подготовку, хранение, автоматическую замену инструмента; в) автоматизированную систему слежения за износом и поломками инструмента (АССИ); г) автоматизированную систему обеспечения надежности, осуществляющую слежение за состоянием оборудования (АСОН); д) автоматизированную систему управления качеством продукции (АСУКП); е) автоматизированную систему удаления отходов производства (АСУОП).

Производственно-технологическая часть ГПС предназначена для выполнения всех основных и вспомогательных технологических процессов и операций над элементами материального потока.

Основными элементами информационно-вычислительной и управляющей части ГПС являются: система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система управления технологическими процессами ] (АСУТП); автоматизированная система научных исследований (АСНИ); локальные системы управления (ЛСУ); автоматизированная система управления предприятием (АСУП),

обеспечивающая автоматизированное организационно-экономическое управление гибким автоматизированным производством.

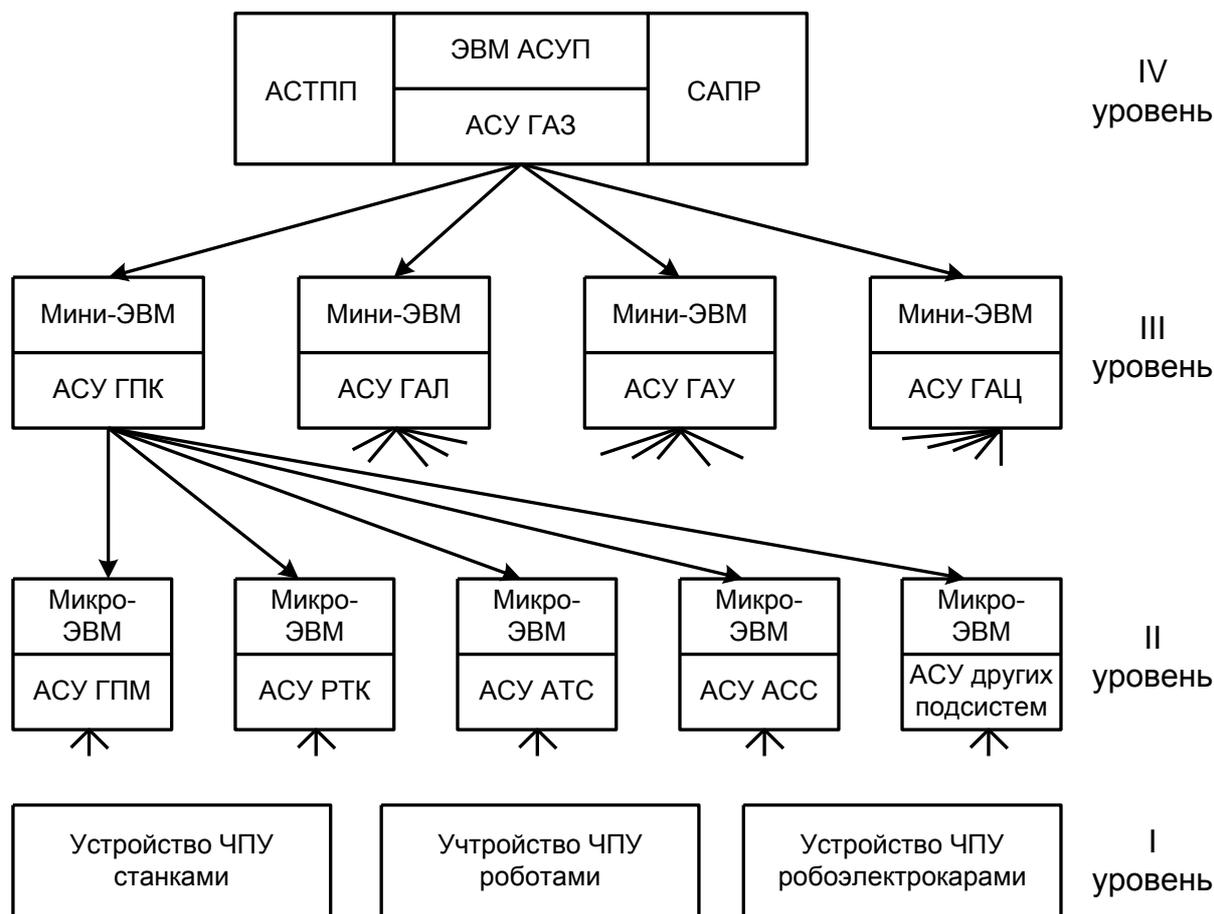
Частичная или полная интеграция производственно-технологической части ГПС с функциональными системами информационно-вычислительной и управляющей частей в единую производственную систему превращает ее в гибкое автоматизированное производство (ГАП).

Информационно-вычислительная и управляющая части ГПС обеспечивают управление и координацию деятельности производственно-технологических функциональных элементов системы, которая реализуется иерархией ЭВМ (рис. 9.3).

На первом уровне иерархии управления используются ЧПУ. С их помощью управляются станки и другое технологическое оборудование, промышленные роботы, роботозлектрокары и прочие транспортные системы.

На втором уровне используются микро-ЭВМ типа «Электроника» и другие программно совместимые с ней ЭВМ. С их помощью управляются ГПМ, РТК, АТС, АСС и другие обеспечивающие системы.

На третьем уровне используются мини-ЭВМ типа СМ-1420 и другие программно совместимые с ними ЭВМ. Мини-ЭВМ управляют группами модулей (ГПК, ГАЛ, ГАУ, ГАЦ). В механообработке в среднем одной микро-ЭВМ может быть подчинено до четырех станков с ЧПУ или один ГПМ, а эти группы станков (ГПМ), в свою очередь, подчиняются мини-ЭВМ следующего



**Рис. 9.3.** Структурная схема автоматизированной системы управления гибкой производственной системой

уровня, которая может объединять в среднем до восьми микро-ЭВМ предыдущего уровня. На этом уровне с помощью мини-ЭВМ осуществляются хранение программ и другой информации, реализация оперативно-календарного плана, регистрация текущего состояния производства, контроль за неисправностью оборудования и т. д.

На четвертом уровне используется ЭВМ типа ЕС в составе АСУП.

На всех этапах разработки гибкие производственные системы рассматриваются как сложные производственные системы, в состав которых входят производственно-технологические и электронно-вычислительные элементы ГАП, предметы труда и обслуживающий персонал, а также система управления. Задача проектирования заключается в том, чтобы обеспечить высокие технико-экономические показатели не только каждого элемента ГПС, но и всей системы в целом.

*9.5. Оценка экономического эффекта от использования средств автоматизации производства*

При проведении работ на конкретном предприятии с целью перехода на автоматизированное производство возникает вопрос об оценке капитальных затрат на внедрение средств автоматизации и определении эффективности этих затрат. Для этого необходимо выяснить структуру затрат на создание автоматизированного производства (АЛ, РЛ, РТК, ГПС) и процедуру определения эффективности этих затрат.

Соизмерение затрат и результатов при создании автоматизированного производства является частью общей проблемы, рассматриваемой в теории экономической эффективности капитальных вложений.

Технический уровень современного производства позволяет автоматизировать почти любую технологическую операцию. Однако далеко не всегда автоматизация при этом будет экономически эффективной. Автоматизация производства может осуществляться с применением различного оборудования, разных средств автоматизации, транспортных и контрольных устройств, любой компоновки технологического оборудования и т. д. Поэтому необходимо производить правильный выбор и комплексную оценку экономической эффективности вариантов автоматизации производства.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что целесообразность применения того или иного технологического оборудования с различной степенью гибкости и автоматизации в основном определяется объемом годового выпуска продукции и номенклатурой или числом типоразмеров. Так,

если надо выпускать один-два типоразмера в количестве 2-5 тыс. шт. в год, целесообразно выбрать АЛ с жесткой кинематической связью или РЛ; при двух-восьми типоразмерах с объемом выпуска 1-15 тыс. шт. в год можно принять переналаживаемую АЛ с ограниченной жесткостью; при пяти-ста типоразмерах с объемом 50-1000 шт. в год выбирают ГПМ или ГПК(ГПС).

Экономическая эффективность автоматизации производства оценивается стоимостными и натуральными показателями. К основным стоимостным показателям относятся себестоимость продукции, капитальные затраты, приведенные затраты и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в средства автоматизации.

При обосновании экономической целесообразности создания и эксплуатации автоматической или автоматизированной производственной системы необходимо исходить из следующих основных принципов теории экономической эффективности капитальных вложений:

1. Экономический эффект от использования средств автоматизации - это экономия общественного труда при производстве каких-либо видов продукции. Экономия труда или экономия времени коренным образом определяет направленность

капитальных вложений.

2. Целесообразность использования средств автоматизации на конкретном предприятии (в цехе) обосновывается соотношением хозяйственного эффекта и затратами по каждому варианту.

3. В качестве критерия сравнения вариантов принимаются приведенные затраты, отражающие текущие затраты и капитальные вложения.

При экономическом обосновании целесообразности использования средств автоматизации в конкретном производстве следует учитывать экономический эффект в сфере производства продукции, производимой в условиях автоматизации. Кроме того, необходимо принимать во внимание следующее.

1. Сравнимые варианты, предлагаемые для организации производства продукции, приводятся к тождественному эффекту.

2. Цель внедрения средств автоматизации - увеличение объема и качества выпускаемой продукции на базе интенсификации.

3. При рассмотрении двух вариантов тот вариант является наилучшим, которому соответствует минимум приведенных затрат.

Формула приведенных затрат позволяет соизмерять разнородные по своему характеру величины - текущие (себестоимость продукции) и единовременные затраты (капитальные вложения в средства автоматизации) - путем отнесения их на годовой объем производства продукции либо (при использовании вместо нормативного коэффициента эффективности нормативного срока окупаемости) на весь срок работы средств автоматизации производства, в течение которого стоимость должна окупиться за счет снижения текущих затрат (себестоимости продукции). При этом величина

годового экономического эффекта ( $\mathcal{E}$ , руб./год) от применения средств автоматизации производства определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2) \quad (9.25)$$

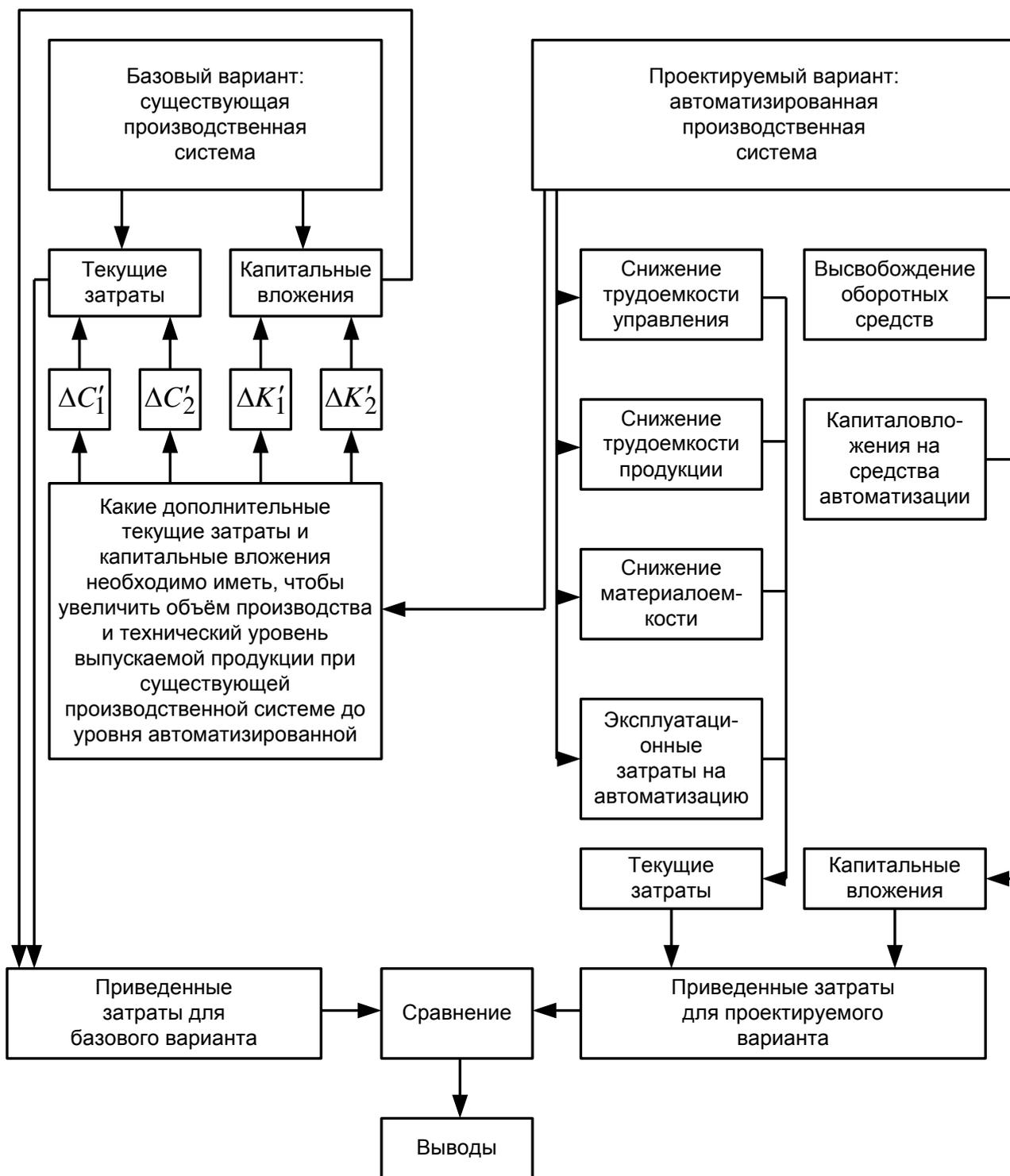
где  $C_1$  и  $C_2$  - себестоимость годового выпуска продукции соответственно до и после внедрения средств автоматизации производства, руб./год;

$K_1$  и  $K_2$  - капиталовложения соответственно до и после внедрения средств автоматизации, руб.;

$E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений.

Положительное значение разности приведенных затрат говорит об экономической целесообразности внедрения системы автоматизированного производства. Кроме того, определяются вспомогательные показатели с учетом особенностей производства: такт (ритм) потока, часовая производительность, производственная мощность, численность обслуживающего персонала, трудоемкость обработки, выработка на одного работающего, продолжительность производственного цикла, величина незавершенного производства, занимаемая производственная площадь, съем продукции с 1 м<sup>2</sup> производственной площади, коэффициент сменности и другие показатели.

При расчете величины годового экономического эффекта должно быть соблюдено условие сопоставимости неавтоматизированного и автоматизированного производств. Схема приведения вариантов в сопоставимый вид представлена на рис. 9.4.



**Рис. 9.4.** Схема приведения вариантов к тождественному эффекту

Сопоставимость означает, что сравниваемые варианты; рассчитаны на годовой выпуск равного количества одинаков вой по технической характеристике продукции. При этом из всех расчетов должно быть исключено влияние стоимостных факторов. Это означает, что цены на сырье, материалы, электроэнергию и другие элементы себестоимости во всех вариантах должны приниматься одинаковыми. Только при таком условии можно проводить технико-экономическое сопоставление вариантов.

Текущие затраты по базовому (существующему) варианту с учетом приведения к тождественному эффекту по объему продукции и качеству ( $C_1$ ) определяются по формуле

$$C_1 = C'_1(N_1, \omega_1) + \Delta C'_1 + \Delta C'_2 \quad (9.26)$$

где  $C'_1$  ( $N_1, \omega_1$ ) - текущие затраты на годовой объем выпуска продукции до внедрения средств автоматизации производства, руб./год;

$\Delta C'_1$  - дополнительные текущие затраты, которые были бы необходимы для выпуска дополнительного объема продукции ( $\Delta N_1$ ), на который увеличится объем выпускаемой продукции в условиях автоматизированного производства, руб./год;

$\Delta C'_2$  - дополнительные текущие затраты, которые были бы необходимы для повышения качества выпускаемой продукции до уровня ( $\omega_2$ ), достигаемого в условиях автоматизированного производства.

Капитальные вложения по базовому (фактическому) варианту с учетом приведения к тождественному эффекту  $\{K^1\}$  определяются по формуле

(9.27)

$$K_1 = K'_k(N_1, \omega_1) + \Delta K'_1 + \Delta K'_2$$

где  $K^1$  ( $N_1, \omega_1$ ) - капиталовложения в производственную систему базового варианта до внедрения средств автоматизации,

руб.;

$\Delta K'_1$  - дополнительные капитальные вложения, необходимых для выпуска дополнительного объема продукции, на

который увеличится объем продукции в условиях автоматизированного производства, руб.;

$\Delta K'_2$  - дополнительные капиталовложения, необходимые для того, чтобы повысить качество выпускаемой продукции до уровня, достигаемого в условиях автоматизированного производства, руб.

Текущие затраты по проектируемому варианту ( $C_2$ ) рассчитываются по формуле

$$C_2 = C'_2(N_2, \omega_2) + C_{\text{экс}} \quad (9.28)$$

где  $C'_2$  ( $N_2, \omega_2$ ) - текущие затраты на годовой объем выпуска продукции повышенного качества после внедрения средств автоматизации производства, руб./год;

$C_{\text{экс}}$  ~ текущие затраты на содержание и эксплуатацию средств автоматизации производства, руб./год.

Капитальные вложения по проектируемому варианту  $\{K^2\}$  определяются

по формуле

(9.29)

$$K_2 = K'_2(N_2, \omega_2) + K_{авт} - \Delta O_{ос}$$

где  $K_2$  ("Г") капиталовложения в производственную систему по проектируемому варианту после внедрения средств автоматизации, руб.;

$K_{авт}$  - капитальные затраты, необходимые для реализации мероприятий по внедрению средств автоматизации,

руб.;

$\Delta O_{ос}$  - оборотные средства, высвобождаемые в результате автоматизации производства.

Преобразовав формулу (9.25), получим новую формулу для расчета величины годового экономического эффекта

(9.30)

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & [C_1(N_1, \omega_1) + \Delta C'_1 + \Delta C'_2 - C'_2(N_2, \omega_2) - C_{экс}] - \\ & - E_n \cdot [K'_2(N_2, \omega_2) + K_{авт} - \Delta O_{ос} - K'_1(N_1, \omega_1) - \Delta K'_1 - \Delta K'_2] \end{aligned}$$

Размер дополнительных текущих затрат ( $\Delta C'_i$ ) определяется по формуле

$$\Delta C'_1 = \sum_{j=1}^m S_j \cdot \Delta N_j \quad (9.31)$$

где  $S_j$  - удельная себестоимость продукции У-го наименования, руб.;

$\Delta N_j$  - дополнительный объем продукции У-го наименования, который может быть выпущен в условиях автоматизации производства, шт./год;

$m$  - число наименований продукции, выпускаемой производственной системой.

Размер дополнительных текущих затрат ( $\Delta C'_g$ ) рассчитывается по формуле

$$\Delta C'_2 = \sum_{j=1}^m \Delta S_j \cdot \Delta \omega_j \quad (9.32)$$

где  $\Delta S_j$  - затраты на повышение качества единицы научно-технического уровня продукции У-го наименования, которые были бы необходимы в базовом варианте для доведения уровня качества до его значения в условиях автоматизированного производства;

$\Delta \omega_j$  - приращение научно-технического уровня продукции у-го наименования по сравнению с тем, которое будет иметь место в условиях

автоматизированного производства, ед.

Текущие затраты на содержание и эксплуатацию средств автоматизации определяются по формуле

$$C_{\text{экс}} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 \quad (9.33)$$

где  $Z_1$  - затраты на техническое обслуживание средств автоматизации (прямая и дополнительная заработная плата персонала, обслуживающего средства автоматизации с начислением налогов), руб./год;

$Z_2$  - амортизационные отчисления от стоимости средств автоматизации, руб./год;

$Z_3$  - затраты на электроэнергию, потребляемую техническими средствами, руб./год;

$Z_4$  - затраты на выполнение профилактических и текущих ремонтов, руб./год;

$Z_5$  - затраты на вспомогательные материалы и другие технические средства, необходимые для нормального функционирования средств автоматизации, руб./год;

$Z_6$  - прочие затраты на эксплуатацию средств автоматизации (затраты на содержание помещения, освещение, вентиляцию и др.), руб./год.

(9.34)

$$Z_1 = \left( \sum_{j=1}^n Ч_{1j} \cdot \Phi_{1j} + \sum_{j=1}^n Ч_{2j} \cdot C_{\text{г}} \cdot F_{\text{эфг}} \cdot K_{\text{прем}} \right) \cdot (1 + H_{\text{д.з.н}})$$

где  $Ч_{i,j}$  - численность инженерно-технических работников (ИТР)  $i$ -й категории, обслуживающих технические средства автоматизации;

$\Phi_{i,j}$  - годовой фонд заработной платы ИТР  $i$ -й категории, руб./чел.-год;

$Ч_{i,j}$  - численность рабочих  $i$ -го разряда, обслуживающих технические средства;

$C_{i,j}$  - часовая тарифная ставка рабочего  $i$ -го разряда, руб./чел.-ч;

$F_{\text{эфг}}$  - годовой эффективный фонд времени рабочего  $i$ -го разряда, ч/год;

$K_{\text{прем}}$  - коэффициент, учитывающий премии по премиальным системам;

$H_{\text{д.з.н}}$  - коэффициент, учитывающий размер дополнительной заработной платы и отчисления в фонд социальной защиты и другие налоги;

$n$  - число категорий инженерно-технических работников и разрядов рабочих.

Амортизационные отчисления определяются по формуле

$$Z_2 = \sum_{j=1}^c K_{m.cj} \cdot q_j \cdot H_{aj} \quad (9.35)$$

где  $K_{tc}$  - балансовая стоимость технического средства автоматизации У-го вида;

$QJ$  - число технических средств У-го вида, используемых в автоматизированной производственной системе;

$H_{aj}$  - годовая норма амортизационных отчислений для технических средств автоматизации У-го вида, %;

$c$  - число видов технических средств в производственной системе ( $i=1,2,\dots,c$ ).

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле,

$$(9.3\phi) \quad Z_3 = W_n \cdot F_{эф} \cdot Ц_э \cdot K_{см} \cdot K_{эв} \cdot K_{эм} \cdot K_{э.т} \cdot \frac{i}{\tau}$$

где  $W_n$  - установленная мощность комплекса технических средств автоматизации, кВт;

$F_{эф}$  - годовой эффективный фонд времени работы технических средств в одну смену, ч;

$Ц_э$  - тариф за 1 кВт • ч электроэнергии, руб.;

$K_{дд}$  - коэффициент, учитывающий использование энергии по времени;

$С_{ем}$  - число рабочих смен в сутки;

$K_{э,}$  - коэффициент, учитывающий использование энергии по мощности;

$С_{з.т}$  - коэффициент загрузки технических средств автоматизации;

$i$  - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети;

$\tau$  - КПД технических средств автоматизации производства.

Затраты на текущий ремонт и профилактику определяются по формуле

$$(9.37) \quad Z_4 = \sum_{i=1}^d N_{pi} \cdot Ц_{pi}$$

где  $N_{pi}$  - число ремонтов технических средств  $i$ -го вида в год;

$Ц_{pi}$  - средняя стоимость одного ремонта технических средств  $i$ -го вида, руб.;

$d$  - число видов ремонтов.

Затраты на вспомогательные материалы и оборудование рассчитываются по формуле

(9.38)

$$Z_5 = \sum_{i=1}^c K_{в.oi} \cdot P_{pi} + K_{ин} + K_{в.м}$$

где  $K_{в.oi}$  - стоимость единицы вспомогательного оборудования 1-го вида, руб./ед.;

$P_{pi}$  - расход вспомогательного оборудования  $i$ -го вида, ед./год;

$c$  - число видов вспомогательного оборудования, обеспечивающих функционирование автоматизированного производства;

$K_{ин}$  - стоимость хозяйственного инвентаря, необходимого для обслуживания технических средств автоматизированного производства, руб./год;

$K_{в.м}$  - стоимость вспомогательных материалов (магнитные ленты, бумага для печатающих устройств и т. д.), обеспечивающих функционирование автоматизированного производства, руб./год.

Прочие затраты ( $Z_6$ ) состоят из затрат на содержание производственно-бытовых площадей, освещение и отопление помещений, а также из других расходов.

Капиталовложения на реализацию мероприятий по внедрению средств автоматизации производства на конкретном предприятии определяются по формуле

$$K_{авт} = K_{тз} + K_{он} + K_{и.о.} + K_{мс} + K_{пт} \quad (9.39)$$

где  $K_{тз}$  - затраты на обследование предприятия для разработки технического задания (ТЗ) на внедрение автоматизации производства, руб.;

$K_{он}$  - затраты на разработку оргпроекта совершенствования управления предприятием в условиях автоматизированного производства, руб.;

$K_{и.о.}$  - затраты на разработку информационного обеспечения процесса производства и управления в условиях автоматизированного производства, руб.;

$K_{мс}$  - затраты на разработку системы материального стимулирования, действующей в условиях автоматизированного производства, руб.;

$K_{пт}$  - затраты на привязку средств автоматизации (типовых модулей ГПС) к условиям конкретного производства, руб.

Слагаемые, входящие в выражение (9.39), рассчитываются по формулам:

$$K_{m.з.} = \sum_{j=1}^n \Psi_{1j} \cdot \Phi_{1j} \cdot (1 + H_{\partial.з.н.}) \cdot T_1 \quad (9.40)$$

где  $\Psi_{1j}$  - численность инженерно-технических работников  $i$ -й категории, занятых разработкой ТЗ;

$\Phi_{1j}$ , - годовой фонд заработной платы ИТР  $i$ -й категории, занятых разработкой ТЗ, руб./чел.;

$T_1$ , - продолжительность разработки ТЗ, лет;

$$K_{он} = \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot \Phi_{2j} \cdot T_2 (1 + H_{\partial.з.н.}) \quad (9.41)$$

где  $\Psi_{2j}$ - численность ИТР  $i$ -и категории, занятых разработкой оргпроекта на автоматизацию производства;

$\Phi_{2j}$  - годовой фонд заработной платы ИТР  $i$ -й категории, занятых разработкой оргпроекта, руб./чел.;

$T_2$  - продолжительность разработки оргпроекта, лет;

$$K_{и.о.} = \sum_{j=1}^n \Psi_{3j} \cdot \Phi_{3j} \cdot T_3 (1 + H_{\partial.з.н.}) \quad (9.42)$$

где  $\Psi_{3j}$ ; - численность ИТР ( $i$ -и категории, занятых разработкой информационного обеспечения;

$\Phi_{3j}$  - годовой фонд заработной платы ИТР  $i$ -и категории, занятых разработкой информационного обеспечения, руб./чел.;

$T_3$  - продолжительность разработки информационного обеспечения, лет;

$$K_{м.с.} = \sum_{j=1}^n \Psi_{4j} \cdot \Phi_{4j} \cdot T_4 (1 + H_{\partial.з.н.}) \quad (9.43)$$

где  $\Psi_{4j}$ - численность ИТР  $i$ -и категории, занятых разработкой системы материального стимулирования;

$\Phi_{4j}$  - годовой фонд заработной платы ИТР  $i$ -й категории, занятых разработкой системы материального стимулирования, руб./чел.;

$T_4$  - продолжительность разработки системы материального стимулирования, лет;

$$K_{nm} = K_{np} + K_{вк} + K_{м.пн} \quad (9.44)$$

где  $C_{,p}$  - затраты на выбор наилучших типовых проектных решений, руб.;

$K_{дц}$  - стоимость выбранной конфигурации автоматизированной системы, руб.;

$K_{м.пн}$  - затраты на транспортировку, монтаж и пусконаладочные работы (принимаются в размере 10-15% балансовой стоимости технических средств), руб.

Слагаемые, входящие в сумму (9.44), рассчитываются по формулам:

(9.45)

$$K_{np} = \sum_{j=1}^n Ч_{5j} \cdot \Phi_{5j} \cdot T_{5j} \cdot (1 + H_{д.з.н.})$$

где  $Ч_{5j}$  - число работников  $i$ -й категории, занятых выбором типовых проектных решений;

$\Phi_{5j}$  - годовой фонд заработной платы ИТР 1-й категории, занятых выбором оптимального проектного решения, руб./чел.;

$T_{5j}$  - продолжительность разработки и выбора оптимального проектного решения, лет;

$$K_{в.к.} = \sum_{j=1}^n K_{тсj} \cdot q_j \cdot K_6, \quad (9.46)$$

где  $K_{тсj}$  - стоимость единицы технических средств автоматизации  $j$ -го вида, руб.;

$q_j$  - число технических средств  $j$ -го вида, используемых в автоматизированной производственной системе;

$K_6$  - стоимость программного обеспечения, руб.

Дополнительные капитальные затраты, которые были бы необходимы для выпуска дополнительного объемам продукции по базовому варианту, определяются по формуле

$$\Delta K_1' = \sum_{j=1}^T \Delta N_j \cdot \bar{K}_j, \quad (9.47)$$

где  $\Delta N_j$  - дополнительный объем продукции  $j$ -го наименования, который может выпускаться в условиях автоматизации производства по сравнению с базовым вариантом, ед.;

$\bar{K}_j$  - средний объем капиталовложений на единицу продукции  $j$ -го наименования, который был бы необходим для организации производства в базовом варианте, руб./ед.;

Величина  $\bar{K}_j$ , рассчитывается по формуле

$$\bar{K}_j = (K_{офj} + O_{оcj}) / \Delta N_j, \quad (9.48)$$

где  $K_{\text{оф}j}$  - стоимость основных производственных фондов, которые необходимо ввести в действие для выпуска дополнительного объема продукции ( $\Delta N_j$ ), руб.;

$O_{\text{о}cj}$  - оборотные средства, необходимые для увеличения выпуска продукции на  $\Delta N_j$ , руб.

Дополнительные капитальные затраты, которые были бы необходимы для повышения качества выпускаемой продукции по базовому варианту до уровня, достигаемого в условиях автоматизированного производства, определяются по формуле

$$\Delta K'_2 = \sum_{j=1}^m \Delta K_j \cdot \Delta \omega_j, \quad (9.49)$$

где  $\Delta K_j$  - капитальные затраты на повышение качества продукции на единицу научно-технического уровня продукции  $j$ -го вида, которые были бы необходимы в базовом варианте для доведения уровня качества до его значения в условиях автоматизированного производства, руб./год.

Количество высвобожденных оборотных средств в результате сокращения технологического цикла при функционировании средств автоматизации определяется по формуле

$$\Delta O_{\text{о}c} = O_{\text{о}c1} - O_{\text{о}c2}, \quad (9.50)$$

где  $O_{\text{о}c1}$  и  $O_{\text{о}c2}$  - оборотные средства в материальных запасах соответственно до внедрения мероприятий по автоматизации производства и после внедрения, руб.

Капиталовложения в производственную систему по базовому и по проектируемому вариантам включают: затраты на технологическое и энергетическое оборудование, дорогостоящий инструмент и оснастку, а также транспортные средства-затраты на доставку, монтаж и пусконаладочные работы оборудования; затраты на производственную площадь занимаемую технологическим и энергетическим оборудованием- затраты на предотвращение загрязнения окружающей среды и на создание нормальных условий труда для работающих. Кроме того, в проектируемый вариант включаются убытки от списания недоамортизированной базовой техники

Методические указания  
Козарез Ирина Владимировна  
Тюрева Анна Анатольевна

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

Методические указания  
по дисциплине  
«Организация производства на предприятиях технического сервиса»

Редактор Павлютина И.П.

Компьютерный набор и верстка Козарез И.А.

---

Подписано к печати 16.12.2014г. Формат 60x84 1/16. Бумага печатная.  
Усл. п.л. 11,5 Тираж 100. Издат. № 2641

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии  
243365. Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, Брянский ГАУ