



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки кадров

Кафедра «Обработка материалов давлением»

О. А. Подольская

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

КУРС ЛЕКЦИЙ

**по одноименной дисциплине для слушателей
специальности 1-59 01 01 «Охрана труда
в машиностроении и приборостроении»
заочной формы обучения**

Гомель 2014

УДК 005.93(075.8)
ББК 65.291.21я73
П44

*Рекомендовано кафедрой «Обработка материалов давлением»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 10.09.2013 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Экономическая теория» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. экон. наук, доц. *А. М. Бондарева*

Подольская, О. А.
П44 Производственный менеджмент : курс лекций по одной дисциплине для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» / О. А. Подольская. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 74 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Комплекс включает теоретический материал по основным темам курса, вопросы для самоконтроля и подготовки к зачету, список основной и дополнительной литературы по курсу производственного менеджмента.

Для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заочной формы обучения ИПК и ПК.

УДК 005.93(075.8)
ББК 65.291.21я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

ТЕМА 1. Исходные положения производственного менеджмента

Основные вопросы:

Сущность предприятия как производственной системы. Специфические особенности предприятия как производственной системы: внутренняя целостность; структурность; единство общей производственной технологии; целеустремленность; преобразовательный характер функционирования; открытость; наличие собственного потенциала.

Содержание функций организации производственного процесса на промышленном предприятии. Основные закономерности организации производства.

Сущность и особенности предприятия как производственной системы

Построение систем управления промышленными предприятиями приводит к необходимости их рассмотрения в качестве сложных целеустремленно функционирующих субъектов рынка - производственных систем.

Производственная система – это открытое, целеустремленное, саморегулирующееся, сложное социально-техническое системное образование, представляющее собой целостную совокупность функционально дополняющих друг друга в едином производственном процессе частей.

К числу основных параметров, определяющих сущность и свойства производственных систем, относятся:

- 1) внутренняя целостность;
- 2) структурность;
- 3) единство общей производственной технологии;
- 4) целеустремленность;
- 5) преобразовательный характер функционирования;
- 6) открытость;
- 7) наличие собственного потенциала.

Целостность производственных систем является их важнейшей характеристикой, определяющей принципиальную возможность выступать в качестве самостоятельных субъектов рыночных процессов.

Целостность производственной системы находит свое выражение в том, что:

а) деятельность предприятия как единого демонстрирует эффект синергии, т.е. предприятие как целое обладает такими свойствами и возможностями, которыми не обладают ни отдельные его части (подразделения), ни общая совокупность таких частей, рассматриваемая в качестве простой суммы;

б) теснота связей между подразделениями предприятия является намного более интенсивной, чем теснота связей между этими подразделениями и внешней рыночной средой;

в) структурные части (подразделения) предприятия возникают только при его общем формировании и не способны функционировать вне взаимодействий с другими такими частями.

Целостность предприятия как производственной системы в первую очередь определяется не внутренними особенностями его подразделений, а характером взаимных связей между ними.

Структурность производственной системы является естественным следствием ее целостности и выражается в наличии между подразделениями такой системы устойчивых связей, регламентирующих характер их взаимодействия и соподчиненности. Отличительной особенностью структурности производственных систем является то, что любая такая система может быть одновременно описана с помощью различных структурных признаков: с т.з. производственной, управленческой, социальной структур и т.д.

Единство общей производственной технологии является главным системообразующим фактором, определяющим возникновение и текущее функционирование производственной системы. Суть этой характеристики заключается в том, что все части (подразделения) производственной системы являются функционально дополнительными по отношению друг к другу, т.е. осуществляя свою деятельность, выполняют отдельные частные функции, которые, интегрируясь между собой, в полной своей совокупности образуют единую технологию деятельности всей системы как целого, т.е. производственную технологию. Специфика функций, выполняемых отдельными частями производственной системы, является основным признаком, позволяющим осуществлять ее структурирование и организовывать процессы управления.

Целеустремленность производственных систем является непосредственным выражением их социальной природы и выражается в том, что осуществляя свою деятельность, такого рода системы:

- а) стремятся к достижению определенных целей, т.е. функционируют не случайным образом;
- б) способны изменять характер перспективных задач своей деятельности по мере их достижения или при изменении условий функционирования.

Цели деятельности производственных систем отличаются двумя основными особенностями: множественностью и структурированностью.

Множественность целей деятельности производственных систем проявляется в том, что любое предприятия в своем функционировании преследует не одну, а множество различных целей, основными субъектами которых являются:

- 1) собственники имущества;
- 2) работники;
- 3) менеджмент;
- 4) потребители продукции;
- 5) поставщики необходимых ресурсов;
- б) общество в целом как социальная система более высокого уровня иерархии.

Структурированность целей деятельности производственных систем выражается в том, что все такого рода цели разделены по уровням иерархии, увязаны между собой логическими связями и наделены соответствующими оценками относительной значимости.

Преобразовательный характер функционирования производственных систем является источником возможностей для достижения всех типов целей этих систем. Его суть заключается в том, что в ходе своей деятельности производственные системы осуществляют увеличение уровня полезности потребляемых ресурсов за счет их преобразования в продукцию с большим объемом добавленной стоимости. В результате такого преобразования, продукты деятельности производственной системы оцениваются рынком как более значимые для удовлетворения соответствующих общественных потребностей, нежели потребленные этой системой ресурсы. Благодаря такой позитивной оценке, выражающейся в факте реализации продукции, предприятие получает возможность присвоить часть созданной им стои-

мости и за счет этого обеспечить определенную степень достижения комплекса своих целей.

Открытость производственной системы является принципиальным условием ее деятельности и предполагает наличие у этой системы определенных каналов связи с внешней экономической средой. Совокупность таких каналов делится на входные и выходные. Первые служат для получения предприятием необходимых для его деятельности производственных факторов (ресурсов), вторые – для передачи на рынок произведенной продукции и для передачи экономическим системам более высокого уровня части вновь созданной стоимости.

Наличие собственного потенциала обеспечивает предприятию как производственной системе возможность функционирования в качестве самостоятельного субъекта рынка. Потенциал предприятия, представляющий собой совокупность присущих ему реальных возможностей осуществления необходимой деятельности, имеет своим первичным источником принадлежащие предприятию ресурсы, однако в процессе своего формирования также опосредуется комплексом внутренних и внешних условий, выражающих формы взаимодействия между элементами предприятия и между самим этим предприятием и средой.

Сущность и функции организации производственного процесса на предприятии

Термин «организация» означает устройство, сочетание кого-либо или чего-либо в единое целое. Организация предполагает внутреннюю упорядоченность частей целого как средство достижения желаемого результата.

В производственном процессе выделяются две стороны: производительные силы и производственные отношения, образующие в своей совокупности способ производства.

Производительные силы - это силы и средства, участвующие в общественном производстве. Важнейшими составляющими элементами производительных сил являются люди и средства производства. Люди являются главным элементом производительных сил, они приводят в движение средства производства, создают орудия и предметы труда, совершенствуют их. Средства производства включают в себя орудия труда и предметы труда. Орудия труда - это машины, аппараты, инструменты, с помощью которых человек воздействует на при-

родное вещество, на предмет труда. Предмет труда – это объект приложения сил человека, все то, на что направлен его труд, из чего получается готовый продукт (сырье, основные и вспомогательные материалы, топливо, полуфабрикаты и т.д.). Человек - личный фактор производства, орудия и предметы труда - вещественные факторы. Для того чтобы все факторы производства могли функционировать в едином производственном процессе, их необходимо объединить. Т.о. первой функцией организации производства является системообразующая функция, в рамках которой происходит соединение личных и вещественных факторов производства в единый производственный процесс.

Производственные отношения - это отношения между людьми, возникающие в рамках процесса производства и распределения материальных благ. Они развиваются под влиянием производительных сил, но и сами оказывают активное воздействие на них, ускоряя или замедляя темпы роста производства. Производственные отношения образуют сложную систему, включающую производственно-технические и социально-экономические отношения.

Производственно-технические отношения выступают как отношения по поводу совместного труда участников процесса производства. Основой этих отношений являются разделение и кооперация труда, которые ведут к обособлению отдельных работ, бригад, участков, цехов и обуславливают необходимость налаживания между ними производственных связей. В этой связи, возникает вторая функция организации производства - установление между отдельными исполнителями и производственными подразделениями разнообразных связей, обеспечивающих совместную деятельность людей, участвующих в едином процессе производства.

Социально-экономические отношения выражают отношения между людьми, определяемые характером и формой общественного присвоения средств производства, отношениями собственности. Социально-экономические отношения являются важным элементом создания единства экономических интересов общества, коллектива и отдельных работников в достижении наивысшей эффективности производства. В этом аспекте, организация производственного процесса реализует свою третью функцию - создание организационных условий, обеспечивающих взаимодействие на экономической основе всех производственных звеньев как единой производственно-технической системы.

Помимо этого, можно выделить и четвертую функцию организации производства, которая заключается в создании условий для повышения уровня трудового профессионализма работников, их постоянного саморазвития и самосовершенствования.

Таким образом, сущность организации производственного процесса на предприятии состоит в объединении и обеспечении взаимодействия личных и вещественных элементов производства, установлении необходимых связей и согласованных действий участников производственного процесса, создании организационных условий для реализации экономических интересов и социальных потребностей работников на производственном предприятии.

Основные закономерности организации производства

Организации производства на промышленных предприятиях присущи определенные закономерности. В числе таких закономерностей в первую очередь выделяется соответствие организации производства его целям. Эта закономерность предопределяет методические подходы к формированию организации производства с учетом требований наиболее полного использования ресурсов, усиления творческого характера труда, создания организационных условий для реализации материальной заинтересованности работников в результатах производства, которые отражают основные цели организации. Достижение намеченных целей обеспечивается решением соответствующих этим целям организационных задач. Характер таких задач весьма разнообразен и определяется особенностями объекта организации. Например, важными задачами, которые должны быть решены для реализации целей организации производства на производственном участке, являются: создание необходимых пропорций в производственной мощности участка, установление рационального баланса рабочих мест и исполнителей, согласование времени выполнения операций на всех рабочих местах, распределение трудовых функций между рабочими, формирование оперативных планов и т.п.

Другой важной закономерностью является соответствие форм и методов организации производства характеристикам его материально-технического базиса. Согласно этой закономерности, содержание организации производства определяется особенностями и уровнем развития техники и технологии. Ручной труд, механизированное производство и комплексно-автоматизированный производственный

процесс требуют разных подходов к своей организации. Изменения, происходящие в технических средствах и технологии производства, ведут к переменам в содержании труда и квалификации работающих и как следствие - к изменениям в характере организации производственного процесса.

Соответствие организации производства конкретным производственно-техническим условиям и экономическим требованиям производства также относится к числу важных закономерностей. Характер форм и методов организации производства определяется видом выпускаемой продукции, типом производства, его масштабами и т.п. В зависимости от тех или иных условий, в процессе организации производства применяются соответствующие им организационные решения: выбираются вид специализации цехов и участков, способ размещения оборудования, форма организации производственных процессов (поточная, групповая и др.) и т.п.

Переход к работе в условиях открытой конкурентной экономики также предъявляет ряд новых требований к организации производства. Организация производства должна быть более гибкой, эластичной, способной быстро и с минимальными затратами перестраиваться на выпуск продукции, необходимой потребителю; она в большей степени должна быть сориентирована на повышение качества.

Комплексность организации производства как общая закономерность предполагает необходимость рассмотрения всех производственных процессов, протекающих на предприятии, во взаимной связи как единого интегрированного целого. Т.о., условие комплексности организации производства распространяется не только на отдельные производственные процессы, но и на производственную систему в целом. На современном предприятии, в условиях комплексной механизации и автоматизации технические средства производства и производственные процессы все больше интегрируются. Создаются системы машин, автоматически выполняющие не только основные технологические, но и транспортные, складские, контрольные операции. На основе внедрения систем автоматизированного проектирования и автоматизации управления появляются единые системы подготовки производства и изготовления продукции. Интегрируются основные производственные процессы, процессы технического обслуживания и материального обеспечения. Все эти изменения обуславливают комплексный характер проблем организации производства.

Непрерывное улучшение действующей организации производства является важной закономерностью, учет которой в практической деятельности служит неперенным условием поддержания состояния организации на конкурентоспособном уровне. Эта закономерность диктует необходимость перехода от поэтапного к постоянному (текущему) совершенствованию организации производства. В связи с этим, в системе управления предприятием появляется новая самостоятельная функция постоянного организационного совершенствования производства. Изменения в существующую организацию производства должны вноситься непрерывно по мере изменений технического базиса производства, характера выпускаемой продукции, состава и квалификации кадров, а также как результат поисков новых, прогрессивных форм и методов организации и управления производством.

В современных условиях во все большей мере проявляется закономерность, выражающаяся в соответствии форм и методов организации производства требованиям повышения содержательности труда работников, расширения их трудовых функций, обеспечения привлекательности труда. При выборе форм организации труда необходимо учитывать квалификационный и культурный уровень работающих, заботиться о том, чтобы труд приносил работнику удовлетворенность, стимулировать творческую активность и рационализаторскую деятельность участников производства. При организации производственного процесса следует учитывать особенности деятельности предприятия в условиях рынка и ориентироваться на стабилизацию занятости работников предприятия. Трудящийся должен быть уверен, что высокая производительность его личного труда и эффективная работа предприятия обеспечат ему гарантию занятости.

Взаимное соответствие структуры системы управления и характеристик организации производства, являясь одной из закономерностей организации, обуславливает необходимость постоянной работы по поддержанию этого соответствия. Производственная структура объединений и предприятий, методы организации производственных процессов находятся в постоянном движении. В большинстве случаев эти изменения требуют перемен в системе управления, в ее структуре.

Важной закономерностью организации производства также является обеспечение участия персонала в работе по построению и оптимизации производственного процесса. Практические шаги в этом направлении реализуются на основе введения соответствующих форм

отношений собственности, бригадных методов работы, коллективных методов повышения качества.

ТЕМА 2. Организация основного производственного процесса на предприятии

Основные вопросы:

Понятие производственного процесса. Основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы. Структура производственных процессов: основные стадии и операции. Основные принципы организации и управления производственными процессами.

Понятие типа производства. Основные факторы, определяющие тип производства. Отличительные особенности единичного, серийного и массового типов производства. Значение основных показателей, определяющих тип производства.

Понятие и структура производственного процесса

Производственный процесс – это сочетание предметов и орудий труда, а также живого труда в пространстве и во времени, функционирующих для удовлетворения потребностей производства. Это сложное системное понятие, состоящее из совокупности следующих частных понятий: предмет труда, орудие труда, живой труд, пространство, время, удовлетворение потребностей. Сущность отдельных составляющих системного понятия «производственный процесс» и простые примеры по некоторым отраслям деятельности представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Сущность частных понятий, входящих в структуру системного понятия «производственный процесс»

Наименование понятия	Сущность понятия	Примеры по некоторым отраслям
1. Предмет труда	Предмет, над которым работает человек для создания промежуточного или конечного продукта с целью удовлетворения определенных потребностей	Книга — для читателя. Нормативы конкурентоспособности будущего объекта, информация, методы — для исследователя. Техническое задание на разработку, чертеж — для конструктора. Заготовка — для токаря. Информация, методика — для экономиста.

Продолжение табл. 2.1

		Строящийся дом — для строителя. Перевозимый груз — для шофера. Болезнь человека — для врача
2. Орудие труда	Часть средств производства или основного капитала, с помощью или посредством которых человек воздействует на предмет труда	Лабораторное оборудование, компьютер — для исследователя. Графопостроитель, компьютер, система автоматизированного проектирования — для конструктора. Станок — для токаря. Стол, компьютер — для экономиста. Подъемный кран — для строителя. Машина — для шофера. Скальпель — для хирурга
3. Живой труд	Непосредственно работник, оказывающий с помощью орудия труда воздействие на предмет труда с целью его преобразования и удовлетворения определенных потребностей	Исследователь. Конструктор. Токарь. Экономист. Строитель. Шофер. Врач
4. Пространство	Место протекания производственного процесса, одна из форм диалектического единства пространства и времени	Лаборатория — для исследователя. Рабочее место — для токаря. Территория и маршрут движения — для шофера. Операционная — для хирурга
5. Время	Длительность производственного процесса, одна из форм диалектического единства пространства и времени	Длительность лабораторных испытаний надежности двигателя. Штучное время обработки детали. Время нахождения машины в пути. Длительность хирургической операции
6. Удовлетворение потребностей	Изготовление продукции, оказание услуги или выполнение работы для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с плановым документом или личной идеей	Работа ученого над новой идеей, монографией. Выполнение научно-исследовательской организацией программы повышения конкурентоспособности машины. Выполнение строительной организацией оперативно-календарного плана. Выполнение токарем сменно-суточного задания. Выполнение консалтинговой фирмой контракта по анализу конкурентных преимуществ организации

Производственные процессы подразделяются на следующие виды: 1) основные; 2) вспомогательные; 3) обслуживающие. В свою очередь основные производственные процессы подразделяются на: а) подготовительные (заготовительные); б) преобразующие (обрабатывающие); в) заключительные (сборочные).

По вертикали производственные процессы могут протекать на рабочем месте, в подразделении и между подразделениями организации. Данное деление носит не геометрический, а организационный характер. Сущность и особенности видов производственных процессов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Сущность видов производственных процессов

Наименование понятия	Сущность понятия	Примеры по некоторым отраслям
1. Подготовительный этап основного процесса	Процесс подготовки живого труда в пространстве и времени и орудия труда для преобразования предмета труда в полезный продукт	Процессы по резке металла, штамповке заготовок, их отливке в заготовительных цехах машиностроительного завода и т. п. Подготовка исследователем рабочего места для проведения экспериментов. Подготовка машины и документации для выполнения транспортных услуг. Подготовка больного к операции в хирургическом отделении больницы
2. Преобразующий этап основного процесса	Процесс преобразования предмета труда путем изменения его форм и/или размеров, физических и/или химических свойств, внешнего вида, вида соединения с другими предметами труда, характеристик и/или показателей, состояния и/или потенциала в соответствии с плановым документом или творческим замыслом и т. п.	Изготовление токарем детали для машины из прутка или штамповки. Проведение исследователем лабораторных испытаний по проверке детали на прочность. Проверка шофером узлов грузового автомобиля в соответствии с производственным заданием. Проведение бригадой хирургов операции по удалению опухоли у больного
3. Заключительный этап основного процесса	Процесс подготовки преобразованного предмета труда к приобретению им формы товара для отправки или сдачи заказчику (комиссии)	Сборка, испытания, сертификация, упаковка товара. Сдача строительного объекта приемочной комиссии. Согласование и утверждение нормативного документа. Сдача шофером привезенного груза заказчику. Проверка хирургом или комиссией характеристик состояния больного после

Продолжение табл. 2.2

		операции. Уборка рабочего места. Оформление документов
4. вспомога- тельный процесс	Процесс, способствующий нормальному протеканию основного процесса по преобразованию предмета труда и связанный с обеспечением основного процесса оборудованием, приспособлениями, режущим и измерительным инструментом, топливно-энергетическими ресурсами и т. п.	Изготовление инструмента и приспособлений для нужд всех подразделений организации. Ремонт технологического оборудования и транспортных средств. Выработка сжатого воздуха компрессорной станцией, горячей воды — котельной. Ремонт зданий и сооружений
5. Обслуживающий процесс	Процесс, конкретно не связанный с данным предметом труда, обеспечивающий нормальное протекание основных и вспомогательных процессов путем оказания транспортных услуг, услуг по логистике на «входе» и «выходе» организации и т. п.	Материально-техническое обеспечение производства в любой отрасли народного хозяйства, организация сбыта продукции (оказание услуг), оказание транспортно-складских услуг конкретному подразделению или заказчику. Выполнение обслуживающих функций в различных отраслях народного хозяйства
6. Производственный процесс на рабочем месте	Любой вид процесса (основного, вспомогательного, обслуживающего), протекающего на конкретном рабочем месте	Изготовление детали на конкретном станке. Работа оператора на компрессорной станции. Работа шофера и т. д.
7. Производственный процесс в подразделении	Процесс, протекающий в подразделении между рабочими местами, или естественный процесс	Внутрипроизводственное (внутрицеховое) транспортное обслуживание. Охлаждение детали после термообработки на свободной площадке цеха
8. Межцеховой производственный процесс	Процесс, протекающий между подразделениями организации	Накопление межцехового страхового или транспортного запаса изделий. Межпроизводственное транспортное обслуживание

Представленные в табл. 2.2 виды производственных процессов, их сущность и взаимосвязи характерны для всех основных, вспомогательных и обслуживающих производственных процессов независимо от отрасли народного хозяйства и места их протекания.

Основные принципы построения производственных процессов

Рациональная организация производства должна отвечать ряду требований, строиться на определенных принципах:

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

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^m \frac{(h - h_2)^2}{m}}, \quad (2.1)$$

где m – количество переделов или стадий изготовления продукта;
 h – пропускная способность отдельных переделов;
 h_2 – запланированный ритм выпуска продукции (объем производства по плану).

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

Базой соблюдения пропорциональности является правильное проектирование предприятия, оптимальное сочетание основных и вспомогательных производственных звеньев. Однако при современных темпах обновления производства, быстрой сменяемости номенклатуры производимой продукции и сложной кооперации производственных звеньев задача поддержания пропорциональности производства становится постоянной. С изменением производства меняются взаимоотношения между производственными звеньями, загрузка отдельных переделов. Перевооружение определенных подразделений производства изменяет установившиеся пропорции в производстве и требует повышения мощности смежных участков.

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

нальности совпадает с планированием ритмичности производства.

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

Усложнение продукции, использование полуавтоматического и автоматического оборудования, углубление разделения труда увеличивает число параллельно проводимых процессов по изготовлению одного продукта, органическое сочетание которых надо обеспечить, т.е. дополняет пропорциональность принципом **параллельности**. Под параллельностью понимается одновременное выполнение отдельных частей производственного процесса применительно к разным частям общей партии деталей. Чем шире фронт работ, тем меньше, при прочих равных условиях, длительность изготовления продукции. Параллельность реализуется на всех уровнях организации. На рабочем месте параллельность обеспечивается совершенствованием структуры технологической операции, и в первую очередь технологической концентрацией, сопровождающейся многоинструментальной либо многопредметной обработкой. Параллельность в выполнении основных и вспомогательных элементов операции заключается в совмещении времени машинной обработки со временем установки к съема деталей, контрольных промеров, загрузки и выгрузки аппарата с основным технологическим процессом и т. п. Параллельное выполнение основных процессов реализуется при многопредметной обработке деталей, одновременном выполнении сборочно-монтажных операций над одинаковыми или различными объектами.

Уровень параллельности производственного процесса может быть охарактеризован при помощи коэффициента параллельности K_n , исчисляемого как соотношение длительности производственного цикла при параллельном движении предметов труда $T_{пр.ц}$ и фактической его длительности $T_{ц}$:

$$K_n = \frac{\sum_1^n T_{пр.ц}}{\sum_1^n T_{ц}}, \quad (2.2)$$

где n – количество переделов.

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

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

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

$$K_n = \frac{\sum_1^m T_{ц.тех}}{\sum_1^m T_{ц}}, \quad (2.3)$$

где m – общее количество переделов.

Непрерывность производства рассматривается в двух аспектах: непрерывного участия в процессе производства предметов труда-сырья и полуфабрикатов и непрерывной загрузки оборудования и рационального использования рабочего времени. Обеспечивая непрерывность движения предметов труда, одновременно необходимо све-

сти к минимуму остановки оборудования для переналадки, в ожидании поступления материалов и т. п. Это требует повышения однородности работ, выполняемых на каждом рабочем месте, а также использования быстропереналаживаемого оборудования (станков с программным управлением), копировальных станков и т. д.

Одной из предпосылок непрерывности производства является **прямоточность** в организации производственного процесса, которая представляет собой обеспечение кратчайшего пути прохождения изделием всех стадий и операций производственного процесса, от запуска в производство исходных материалов и до выхода готовой продукции. Прямоточность характеризуется коэффициентом K_{np} , представляющим соотношение длительности транспортных операций T_{tr} к общей продолжительности производственного цикла $T_{ц}$:

$$K_{np} = 1 - \frac{\sum_1^j T_{mp}}{\sum_1^n T_{ц}}, \quad (2.4)$$

где j – количество транспортных операций.

В соответствии с этим требованием взаимное расположение зданий и сооружений на территории предприятия, а также размещение в них основных цехов должно соответствовать требованиям производственного процесса. Поток материалов, полуфабрикатов и изделий должен быть поступательным и кратчайшим, без встречных и возвратных движений. Вспомогательные цехи и склады должны размещаться возможно ближе к обслуживаемым ими основным цехам.

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

Принцип ритмичности предполагает равномерный выпуск продукции и ритмичный ход производства. Уровень ритмичности может быть охарактеризован коэффициентом K_r , который определяется как сумма отрицательных отклонений достигнутого выпуска продукции от заданного плана:

$$K_p = 1 - \frac{\sum_1^n A}{\Pi}, \quad (2.5)$$

где $\sum_1^n A$ – сумма ежедневно недоданной продукции;

n – длительность планового периода, дни;

Π – плановый выпуск продукции.

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

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

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

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

Современный уровень научно-технического прогресса предполагает соблюдение гибкости организации производства. Традиционные принципы организации производства ориентированы на устойчивый характер производства – стабильную номенклатуру продукции, специальные виды оборудования и т. п. В условиях быстрого обновления номенклатуры продукции меняется технология производства. Между тем быстрая смена оборудования, перестройка его планировки вызвали бы неоправданно высокие затраты, и это явилось бы тормозом технического прогресса; невозможно также часто менять производственную структуру (пространственную организацию звеньев). Это выдвинуло новое требование к организации производства – гибкость. В поэлементном разрезе это означает прежде всего быструю переналаживаемость оборудования. Достижения микроэлектроники создали технику, способную к широкому диапазону использования и производящую в случае необходимости автоматическую самоподналадку.

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

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

более необходимой регламентация технологии и организации выполнения не только основных, но и вспомогательных и обслуживающих процессов производства.

Основные типы производства и их технико-экономические характеристики

Тип производства – совокупность организационно-технических и экономических характеристик и особенностей сочетания факторов и элементов организации производства, обусловленных номенклатурой, масштабом и регулярностью выпуска продукции. В свою очередь, номенклатура и масштаб (программа) выпускаемой продукции определяют уровни концентрации, специализации, кооперирования и комбинирования производства.

В зависимости от сочетания перечисленных форм организации производства и его элементов бывают следующие типы производства: единичное, серийное (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное) и массовое. Каждый тип производства характеризуется определенной загрузкой рабочих мест, квалификацией рабочих, оснащенностью технологии и т.д. В условиях *единичного (индивидуального) производства* рабочие места не имеют закрепленных за ними операций и загружаются различными операциями через неопределенные промежутки времени без какого-либо определенного чередования. В *серийных процессах* рабочие места загружаются несколькими закрепленными за ними операциями, которые выполняются в определенной последовательности. В *массовом производстве* рабочие места загружены выполнением одной и той же операции над одними и теми же деталями.

Тип производства определяет метод его организации. Различают поточный, партионный и единичный методы организации производства.

Поточный метод организации производства — метод, основанный на ритмичной повторяемости согласованных во времени и пространстве основных, вспомогательных и обслуживающих производственных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных по ходу технологического процесса. Поточный метод организации производства характерен для массового и крупносерийного типов производства.

Партионный метод организации производства — метод, при котором периодически изготавливается относительно ограниченная номенклатура продукции в количествах, определяемых партиями их вы-

пуска и запуска. Партионный метод характерен для серийного типа производства.

Единичный метод организации производства — метод, при котором изготавливается широкая номенклатура продукции в единичных экземплярах.

Факторами, влияющими на выбор метода организации производства, являются:

- 1) номенклатура выпускаемой продукции;
- 2) масштаб (годовая программа) выпускаемой продукции;
- 3) периодичность выпуска;
- 4) трудоемкость продукции;
- 5) характер технологии производства.

ТЕМА 3. Организация производственного процесса во времени

Основные вопросы:

Производственный цикл и его длительность. Значимость длительности производственного цикла как фактора эффективности производства. Структура производственного цикла: трудовые, естественные процессы и производственные перерывы.

Отличительные особенности, достоинства, недостатки и сферы применения последовательного, параллельного и последовательно-параллельного способов чередования операций. Расчет длительности технологического цикла для каждого из способов чередования операций.

Структура производственного цикла сложного процесса. Веерная схема сборки изделия и линейные (цикловые) графики сборки.

Алгоритм построения и корректировки цикловых графиков сборки изделия.

Основные виды эффектов, обеспечиваемых за счет сокращения длительности производственных циклов. Основные направления сокращения длительности трудовых процессов, естественных процессов и времени перерывов.

Общая структура производственного цикла изготовления изделия

Важнейшим параметром организации производственного процесса во времени является производственный цикл изготовления предмета

труда, оказания услуги или выполнения работы от подготовительных операций до заключительных. **Длительность производственного цикла** состоит из рабочего времени и времени перерывов.

Рабочий период изготовления предмета труда состоит из времени технологических операций, транспортно-складских операций и контрольных операций.

В свою очередь время технологических операций состоит из подготовительно-заключительного времени и штучного времени. Подготовительно-заключительное время затрачивается в начале рабочей смены на подготовку рабочего места, отладку оборудования, приспособлений, установку инструментов и в конце рабочей смены — на снятие приспособлений, инструментов и т. п. Это время тратится на партию обрабатываемых в течение смены предметов труда.

Перерывы в рабочее время подразделяются на естественные процессы (сушка, нормализация после термообработки и другие операции, протекающие без участия человека), организационные перерывы (ожидание освобождения рабочего места, задержка поставки комплектующих изделий и т. п.), регламентированные перерывы (перерывы на обед, отдых и т. п.).

Длительность производственного цикла изготовления изделия в целом рассчитывается после построения графика протекания сложного процесса сборки изделия и расчета длительности производственных циклов изготовления штучных деталей или их партий. Эта работа выполняется технологами. Например, длительность производственного цикла изготовления партии одноименных деталей определяется как сумма по всем операциям подготовительно-заключительного времени, штучного времени (при этом учитываются одновременность выполнения одной и той же операции на нескольких рабочих местах, параллельность выполнения всех операций, планируемый коэффициент перевыполнения норм выработки), времени естественных процессов, транспортирования, контроля качества, перерывов.

Основными факторами сокращения длительности производственных процессов являются:

- упрощение кинематической схемы изделия, его конструкции, повышение уровня блочности для изделий крупносерийного и массового производства. «Простота конструкции — мерило ума конструктора»;
- упрощение и совершенствование технологических процессов изготовления изделия;
- унификация и стандартизация составных частей изделия, его кон-

структивных элементов, элементов технологических процессов, оборудования, оснастки, организации производства;

- углубление поддетальной, технологической и функциональной специализации на основе унификации и увеличения программы выпуска изделий и его составных частей;

- сокращение удельного веса механически обрабатываемых деталей;
- анализ соблюдения принципов рациональной организации производственных процессов: пропорциональности, параллельности, непрерывности, прямоочности, ритмичности и др.;

- механизация и автоматизация учета времени, контрольных и транспортно-складских операций;

- сокращение времени естественных процессов путем замены их соответствующими технологическими процессами;

- сокращение межоперационных перерывов;

- увеличение удельного веса технически обоснованных норм времени, норм обслуживания, норм расхода ресурсов, стимулирование экономии времени и выполнения требований по качеству.

Основные конфигурации производственного цикла простых процессов

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

1) **последовательный**, характерный для единичной или партионной обработки или сборки изделий;

2) **параллельный**, применяемый в условиях поточной обработки или сборки;

3) **параллельно-последовательный**, используемый в условиях прямоочной обработки или сборки изделий.

При последовательном виде движения производственный заказ – одна деталь, или одна собираемая машина, или партия деталей 1 (серия машин 2) – в процессе их производства переходит на каждую последующую операцию процесса только после окончания обработки (сборки) всех деталей (машин) данной партии (серии) на предыдущей операции. В этом случае с операции на операцию транспортируется вся партия деталей одновременно. При этом каждая деталь партии машины (серии) пролеживает на каждой операции сначала в ожидании своей очереди обработки (сборки), а затем в ожидании окончания обработки (сборки) всех деталей машин данной партии (серии) по

этой операции.

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

Время обработки при последовательном виде движения предметов труда $T_{\text{пос}}$ прямо пропорционально числу деталей в партии и времени обработки одной детали по всем операциям, т. е.:

$$T_{\text{пос}} = E_t * n, (3.1)$$

где E_t – время обработки одной детали по всем операциям в мин;
 n – число деталей в партии.

При параллельном виде движения обработка (сборка) каждой детали (машины) в партии (серии) на каждой последующей операции начинается немедленно после окончания предыдущей операции, независимо от того что обработка (сборка) других деталей (машин) в партии (серии) на данной операции еще не окончена. При такой организации движения предметов труда несколько единиц одной и той же партии (серии) могут одновременно находиться в обработке (сборке) на разных операциях. Общая продолжительность процесса обработки (сборки) партии деталей (серии машин) значительно уменьшается по сравнению с тем же процессом, выполняемым последовательно. В этом заключается существенное преимущество параллельного вида движения, позволяющего значительно сократить продолжительность производственного процесса.

Время обработки (сборки) партии деталей (серии машин) при параллельном виде движения $T_{\text{пар}}$ может быть определено по следующей формуле:

$$T_{\text{пар}} = E_t + (n - 1) * r, (3.2)$$

где r – такт выпуска, соответствующий в данном случае наиболее продолжительной операции, в мин.

Однако при параллельном виде движения, в процессе обработки (сборки) партии деталей (машин) на некоторых рабочих местах могут возникать простои людей и оборудования, продолжительность которых определяется разностью между тактом и длительностями отдель-

ных операций процесса. Такие простои неизбежны в том случае, если операции, следующие одна за другой, не синхронизированы (не выровнены по их длительности), как это обычно делается на поточных линиях. Поэтому практическое применение параллельного вида движения предметов труда оказывается безусловно целесообразным и экономически выгодным при поточной организации производственного процесса.

Необходимость выравнивания (синхронизации) длительности отдельных операций существенно ограничивает возможность широкого применения параллельного вида движения, что способствует применению третьего – параллельно-последовательного вида движения предметов труда.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда характеризуется тем, что процесс обработки деталей (сборки машин) данной партии (серии) на каждой последующей операции начинается раньше чем полностью заканчивается обработка всей партии деталей (сборки машин) на каждой предыдущей операции. Детали передаются с одной операции на другую частями, транспортными (передаточными) партиями. Накопление некоторого количества деталей на предыдущих операциях перед началом обработки партии на последующих операциях (производственный задел) позволяет избежать возникновения простоев.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда позволяет значительно уменьшить продолжительность производственного процесса обработки (сборки) по сравнению с последовательным видом движения. Применение параллельно-последовательного вида движения экономически целесообразно в случаях изготовления трудоемких деталей, когда длительности операций процесса значительно колеблются, а также в случаях изготовления малотрудоемких деталей крупными партиями (например, нормалей мелких унифицированных деталей и т. д.).

При параллельно-последовательном виде движения предметов труда могут быть три случая сочетания длительности операций:

- 1) предыдущая и последующая операции имеют одинаковую длительность ($t_1 = t_2$);
- 2) длительность предыдущей операции t_2 больше длительности последующей t_3 , т. е. $t_2 > t_3$;
- 3) длительность предыдущей операции t_3 меньше длительности последующей t_4 , т. е. $t_3 < t_4$.

В первом случае передача деталей с операции на операцию может быть организована поштучно; из соображения удобства транспортировки может быть применена одновременная передача нескольких деталей (передаточной партией).

Во втором случае последующая, менее продолжительная операция может быть начата только после окончания обработки всех деталей на предыдущей операции, входящих в первую передаточную партию. В третьем случае нет необходимости накапливать детали на предыдущей операции. Достаточно передать одну деталь на последующую операцию и начать ее обработку без всякого опасения возможности возникновения простоя. В этом, как и в первом случае, передаточная партия устанавливается только из транспортных соображений.

Момент начала работы на каждой следующей операции (рабочем месте) определяется по графику или путем расчета минимальных смещений c .

Минимальное смещение c_2 определяется разностью между длительностями предыдущей большей t_2 и последующей меньшей операциями t_3 , а именно:

$$c_2 = n * t_2 - (n - n_{\text{тр}}) * t_3, \quad (3.3)$$

где $n_{\text{тр}}$ – величина передаточной (транспортной) партии, которая для второго случая сочетания длительности операций определяется из соотношения c_1 / t_1 (c_1 – минимальное смещение первой операции), во всех остальных случаях – из условий удобства транспортировки.

Минимальное расчетное смещение включается в общую продолжительность производственного процесса T при сочетании длительности операции, относящемся ко второму случаю. В первом и третьем случаях минимальное смещение устанавливается равным времени, необходимому для формирования передаточной партии.

Определяя общую продолжительность производственного процесса при параллельно-последовательном виде движения предметов труда, следует учитывать расчетную величину смещения E_c :

$$T_{\text{пл}} = E_c + n * t_k \quad (3.4)$$

где t_k – длительность последней (конечной) операции в данном производственном процессе.

Мероприятия организационного порядка направлены на улучшение обслуживания рабочих мест инструментом, заготовками, улучшение работы контрольного аппарата, внутрицехового транспорта, складского хозяйства и т. д. Перестройка производственной структуры завода, цеха, например организация предметно-замкнутых производственных участков, способствующая уменьшению времени перерывов в производственном процессе за счет уменьшения времени межоперационного пролеживания и транспортировки, приводит к сокращению длительности производственного цикла; особенно значительный экономический эффект дает внедрение поточных форм организации производственного процесса.

Сокращение длительности производственного цикла представляет собой одну из наиболее важных задач организации производства на предприятии, от надлежащего решения которой в большой мере зависит его эффективная, рентабельная работа.

Оценка длительности производственного цикла сложных процессов

Сложный производственный процесс отличается наличием сборочных операций. В структуру такого процесса входят частные процессы изготовления всех необходимых деталей, процессы сборки всех узлов и подузлов, генеральная сборка конечного изделия, его контрольное испытание и наладка, а также операции упаковки и подготовки к реализации. В единичном производстве в структуру производственного цикла сложного процесса принято также включать операции по проектированию и технической подготовке производства соответствующего изделия.

В общем случае производственный цикл сложного процесса включает в себя множество структурных элементов, распределенных между различными подразделениями предприятия (цехами) и выполняемых во времени как последовательно, так и параллельно. Выполнение отдельных элементов сложного процесса нуждается в определенной координации, целями которой являются:

- 1) минимизация общей продолжительности производственного цикла изготовления изделия;
- 2) обеспечение максимально полной загрузки всех подразделений и рабочих мест;
- 3) завершение всего производственного процесса к установленным срокам.

Непосредственному построению сложного производственного процесса во времени предшествует расчет календарно-плановых нормативов производства, к числу основных из которых в данном случае относятся:

- 1) размеры партий обрабатываемых предметов труда по каждому их наименованию и каждому производственному подразделению;
- 2) длительность производственного цикла обработки партий каждого вида в каждом из подразделений;
- 3) нормативные величины межоперационных и межцеховых перерывов.

Построение сложного производственного процесса во времени предполагает отображение хода такого процесса в виде специального циклового графика. Алгоритм построения такого графика включает следующие основные этапы:

1. Осуществляется построение первичного циклового графика с учетом максимально возможного запараллеливания отдельных работ и частных процессов. Основой для построения такого графика являются:

- а) величина расчетных календарно-плановых нормативов
- б) данные о принятом режиме работы предприятия
- в) веерная схема сборки изделия, т.е. логическая структура, которая показывает, из каких элементов и в какой последовательности должны изготавливаться отдельные узлы и изделия в целом.

Построение циклового графика осуществляется в последовательности, обратной ходу производственного процесса.

2. Осуществляется закрепление операций по обработке каждой из деталей и сборке каждого из узлов за отдельными производственными подразделениями и отдельными рабочими местами. По результатам такого закрепления просчитывается ожидаемый уровень загрузки каждого из рабочих мест. Если такая загрузка оказывается избыточной, и отсутствует возможность расширения фронта работ, то изначально закрепленные за данным рабочим местом операции перепроектируются, и время их выполнения сдвигается на более ранние сроки. В результате этого, на отдельных участках производственного процесса параллельность работ нарушается, а их общая продолжительность увеличивается. Сдвиги работ во времени выполняются для всех перегруженных рабочих мест циклически до тех пор, пока загрузка таких рабочих мест не будет превышать установленного уровня.

3. С учетом запланированных изменений в ходе производственного процесса строится итоговый вариант циклового графика, на основе которого определяется ожидаемая длительность производственного процесса, устанавливается опережение запуска в обработку отдельных деталей и узлов и фиксируется срок начала всего производственного процесса. Для сложных многокомпонентных изделий построение и оптимизация циклового графика оказываются достаточно трудоемкими, поэтому выполнение таких расчетных операций целесообразно осуществлять с помощью специализированных программ для ЭВМ.

Основные пути сокращения длительности производственного цикла

Сокращение длительности производственного цикла имеет большое экономическое значение, поскольку позволяет повысить гибкость производства и минимизировать величину оборотных средств предприятия, связываемых в незавершенном производстве.

В заводской практике производственный цикл сокращается одновременно по трем основным направлениям:

- 1) уменьшается время трудовых процессов;
- 2) сокращается время естественных процессов;
- 3) полностью ликвидируются или сводятся к минимуму различные перерывы.

Сокращение штучного времени выполнения технологических операций обычно осуществляется по следующим основным направлениям:

- 1) интенсификация технологических операций за счет внедрения скоростных методов обработки и концентрации отдельных операций (многоинструментальная обработка);
- 2) замена технологических операций более производительными;
- 3) комплексная механизация и автоматизация производства;
- 4) повышение технологичности конструкции изделий на основе стандартизации отдельных их деталей и узлов;

Продолжительность подготовительно-заключительных операций может минимизироваться за счет:

- 1) применения прогрессивных методов смены технологической оснастки;
- 2) расширения использования универсальных технологических при-

способлений и инструмента, адаптированных к выполнению различных операций (групповая технологическая оснастка);

3) выполнения работ по переналадке оборудования во внерабочие смены и междусменные перерывы.

Продолжительность транспортных операций может минимизироваться за счет:

1) перепланировки цехов и участков с целью повышения прямоточности производственного процесса;

2) механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных и транспортных операций;

3) расширения использования предметной формы специализации производственных подразделений.

Продолжительность контрольных операций может быть сокращена за счет:

1) оптимизации используемых планов контроля;

2) оптимизации размеров контролируемых выборок предметов труда;

3) расширения использования самоконтроля производственных рабочих;

4) совмещения технологических и контрольных операций;

5) автоматизации контрольных операций.

Основным методом сокращения длительности естественных процессов является их замена соответствующими трудовыми процессами с большей интенсивностью протекания. 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.

Продолжительность межоперационных перерывов может быть сокращена следующими основными методами:

1) изменение размеров передаточных партий предметов труда;

2) расширение использования параллельного и последовательно-параллельного способов сочетания операций;

3) синхронизация длительности отдельных операций, выполняемых на одном и том же рабочем месте.

Межцеховые перерывы могут быть минимизированы за счет развития предметной формы специализации производственных подразделений, а также за счет перехода к использованию более прогрес-

сивных систем оперативного управления производством (например, система управления по цикловым комплектам).

Сокращение междусменных перерывов может осуществляться за счет изменения режима работы предприятия, в частности за счет внедрения двух- и трехсменной работы тех подразделений, которые изготавливают наиболее трудоемкие детали и узлы изделий, лимитирующие ход всего производственного процесса.

Для выявления наиболее приоритетных направлений оптимизации производственного цикла используется метод фотографии рабочего дня.

ТЕМА 4. Организация производственного процесса в пространстве

Основные вопросы:

Понятие производственной структуры предприятия. Основные, вспомогательные, побочные цеха и обслуживающие хозяйства промышленного предприятия. Основные факторы, определяющие конфигурацию производственной структуры предприятия. Основные типы производственных структур.

Содержание, отличительные особенности и сферы применения технологической, предметной и смешанной форм специализации производственных цехов участков предприятия.

Понятие генерального плана предприятия. Основные принципы разработки оптимального генерального плана. Экономико-математическое моделирование генерального плана.

Производственная структура предприятия и факторы, ее определяющие

Производственная структура предприятия – это совокупность основных, вспомогательных и обслуживающих подразделений предприятия, обеспечивающих переработку «входа» системы в ее «выход» — готовый продукт с параметрами, заданными в бизнес-плане. Характер построения подразделений, их число определяются такими *формами организации производства*, как специализация, концентрация, кооперирование, комбинирование.

Предприятия отличаются друг от друга не только размерами, занимаемой ими территорией, зданиями и сооружениями, располагаемым оборудованием и масштабом производства, но также и степенью специализации предприятия. Масштаб производства определяется также количеством производственных рабочих. Чем больше количество производственных рабочих, тем больше масштаб производства. Предприятие по изготовлению материальных ценностей представляет собой комплекс различных связанных между собой цехов и хозяйств. Все цехи и хозяйства, входящие в состав предприятия, могут быть разделены на цехи основного производства, вспомогательные цехи и обслуживающие хозяйства.

К цехам основного производства, например машиностроительного предприятия, изготовляющего основную продукцию, относятся следующие цехи:

- заготовительные (литейные, кузнечные, штамповочные и т. п.);
- обрабатывающие (механические, термические, цехи металлопокрытий, окрасочные и т. п.);
- сборочные (узловой и общей сборки с испытательной станцией, сварочно-сборочные).

К вспомогательным производствам относятся инструментальный, штамповый, ремонтный, модельный и другие цехи, задачами которых являются обеспечение основного производства инструментом, технологической оснасткой, а также осуществление ремонта оборудования, зданий и сооружений.

Обслуживающие хозяйства завода (складское, транспортное, энергетическое и т. п.) служат для обеспечения соответствующих нужд основных и вспомогательных цехов.

Состав цехов и обслуживающих хозяйств завода, а также форма сочетания их деятельности определяют *производственную структуру* предприятия, которая должна обеспечить (с учетом характерных особенностей производства) установление рациональных производственных связей и пропорций между отдельными подразделениями – цехами, производственными участками и рабочими местами основного производства, правильное соотношение между потребностями основных цехов и возможностями вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств.

Основной структурной единицей предприятия является *цех*. *Цехом* называется часть предприятия, располагающая администра-

тивной самостоятельностью, организуемая на основе технологической (например, литейный, кузнечный, термический, сварочный, механический цехи) или предметной (например, цех шасси, моторный, метизный, инструментальный) обособленности каго-либо общего производственного процесса изготовления всей продукции предприятия или образующих ее частей, а также обеспечивающая какие-либо нужды предприятия (ремонтный, инструментальный, модельный цехи). Производственная структура предприятия отражает характер разделения труда между отдельными цехами (т. е. характер их производственно-технологической или предметной специализации) и определяет степень взаимной связи различных цехов и других подразделений предприятия между собой, т. е. определяет формы и методы внутриводской кооперации.

В зависимости от формы специализации производственные подразделения предприятия организуются по технологическому (на выполнении отдельной операции или вида работ), предметному (на изготовлении отдельного вида продукции или ее составной части) и смешанному (предметно-технологическому) принципам. По технологическому принципу на машиностроительных предприятиях организуются литейные, кузнечные, термические, сборочные цехи; на текстильных предприятиях — прядильные, ткацкие, отделочные (красильные) цехи; на металлургических предприятиях — доменные, сталелитейные, прокатные цехи и т. д. При использовании технологического принципа оборудование располагают исходя из выполнения однородных технологических операций для обработки разных деталей. Оборудование формируют по однотипным группам; например, в механическом цехе на одном участке могут быть сгруппированы только токарные станки, на другом — строгальные, на третьем — фрезерные.

Технологический принцип облегчает руководство цехом или участком: мастер, отвечающий за группу однородных станков, может все-сторонне изучить их; при чрезмерной загрузке одного станка работа может быть передана на любой освободившийся станок. Однако технологический принцип имеет и недостатки. Так, при большом разнообразии продукции нужны частые переходы от одних технологических операций к другим. Это требует дополнительного времени на переналадку станков, удлиняет цикл изготовления, усложняет планирование и производственные связи подразделений и др. Поэтому этот принцип неэкономичен. Его применяют в условиях единичного и мелкосерийного типа производства с большой номенклатурой деталей.

При использовании *предметного принципа* построения цехов каждый из них специализируется на изготовлении какого-либо определенного изделия или его составной части. По этому принципу сформированы цехи в крупносерийном и массовом производстве. Так, на автомобильном и тракторном заводах выделены цехи моторов, шасси, колес, кабин; на обувной фабрике — цех рантовой обуви и т. д. Оборудование в цехах при использовании предметного принципа располагают в порядке (последовательности) выполнения технологических операций. Оно здесь разнородно и предназначено для изготовления отдельных деталей или составных частей изделия. Цехи делятся на отдельные предметные участки, например участки по изготовлению валов, шестерен, поршней и т. д. Оборудование устанавливается так, чтобы обеспечить прямолинейное движение деталей, закрепленных за участком. Детали обрабатывают партиями, время операции на отдельных станках не согласовано со временем операции на других. Детали во время работы хранят у станков и затем транспортируют всей партией. Предметные участки часто имеют замкнутый цикл. Как правило, они оснащены всем комплексом оборудования, необходимым для изготовления продукции. Так, на механических участках, организованных по предметно-замкнутому циклу, кроме механической производят термическую обработку, сварку, окраску и т. д. По такому принципу построены участки механических цехов многих заводов.

При организации цехов и участков по *предметному принципу* создаются благоприятные условия для применения передовых методов организации производства и труда. Расстановка оборудования по ходу выполнения технологических операций резко сокращает путь движения обрабатываемых деталей и затраты времени на их транспортировку. Возникают благоприятные предпосылки для организации поточных и автоматических линий, более полно используется оборудование, рабочие специализируются на выполнении узкого круга операций, в результате чего повышается их квалификация, улучшается организация труда, усиливается ответственность за качество выпускаемых изделий. При этом мастер полностью отвечает за весь цикл изготовления изделия. Все это ведет к росту производительности труда и снижению себестоимости продукции. К недостаткам, присущим предметным цехам и участкам, можно отнести неполную загрузку оборудования на отдельных операциях вследствие небольшого объема работ. Организация таких участков наиболее целесообразна при относительно постоянной и небольшой номенклатуре выпускаемых изделий, т. е. она присуща крупносерийному и частично массовому производству.

При *поточном принципе* построения цехов происходит разделение участков на поточные линии. Поточные линии организуют или в виде отдельных поточных участков, специализированных на обработке одного или нескольких изделий, или в виде одной сквозной поточной линии. Поточные методы работы свойственны массовому производству.

Начальным звеном производственной структуры служит рабочее место. Расположение рабочих мест зависит от типа производства. Например, на поточных линиях они расположены по ходу технологического процесса и по времени связаны единым тактом потока. На предприятиях, где не используется поточный метод организации производства, рабочие места размещают преимущественно по группам однотипного оборудования.

При *предметно-технологическом (смешанном) принципе построения* цехов заготовительные цехи (литейные, штамповочные, прессовые, кузнечные) специализируются по технологическому принципу, а обрабатывающие — по предметному. Данная производственная структура характерна для большинства крупных машиностроительных предприятий мелкосерийного и серийного типов производства, отличающихся высоким уровнем комбинирования и низким уровнем предметной и технологической специализации. Производственные структуры предприятий (организаций, фирм и т. п.) других отраслей народного хозяйства в целом значительно проще.

Основными факторами развития производственных структур предприятий являются:

- регулярное изучение достижений в области проектирования и развития производственных структур с целью обеспечения мобильности и адаптивности структуры предприятий к нововведениям и новой продукции;
- оптимизация числа и размеров производственных подразделений предприятия;
- обеспечение рационального соотношения между основными, вспомогательными и обслуживающими подразделениями;
- обеспечение конструктивной однородности выпускаемой продукции;
- рациональность планировки подразделений и генерального плана предприятия;
- повышение уровня автоматизации производства;
- обеспечение соответствия компонентов производственной структуры предприятия принципу пропорциональности по производственной

мощности, прогрессивности технологических процессов (с точки зрения требований конструкции), уровня автоматизации, квалификации кадров и других параметров;

- обеспечение соответствия структуры принципу прямоочности технологических процессов с целью сокращения длительности (пути) прохождения предметов труда;

- обеспечение соответствия уровня качества процессов в системе (производственной структуре предприятия) уровню качества «входа» системы. Тогда и качество «выхода» системы будет высоким;

- создание внутри крупного предприятия (объединения, акционерного общества, фирмы и т. п.) юридически самостоятельных мелких организаций с предметной или технологической специализацией производства;

- сокращение нормативного срока службы основных фондов;

- соблюдение графиков планово-предупредительного ремонта основных производственных фондов предприятия, сокращение продолжительности проводимых ремонтов и повышение их качества, своевременное обновление фондов.

Особенности разработки генерального плана предприятия

Генеральным планом предприятия называется проектируемое или фактическое размещение всех его основных цехов и вспомогательных служб, соответствующих особенностям рельефа местности и требованиям благоустройства территории.

Разработка генерального плана предприятия традиционно осуществляется на основе следующих основных принципов.

Для обеспечения прямоочности движения продукции здания основных цехов и общезаводских складов сырья, основных материалов и готовой продукции должны располагаться по ходу производственного процесса, обеспечивая постоянное направление движения главных грузопотоков. Расположение зданий цехов и складов осуществляется в этом случае по следующей схеме: склады сырья и основных материалов → заготовительные цехи → обрабатывающие цехи → сборочные цехи → склады готовой продукции.

Склады сырья и основных материалов размещаются со стороны ввоза грузов (подъездных путей), вблизи заготовительных цехов, а склады готовой продукции - в непосредственной близости от сборочных (выпускающих) цехов у путей вывоза грузов с завода.

Вспомогательные цехи должны располагаться по возможности ближе к производственным цехам, потребляющим их продукцию, не усложняя и не стесняя при этом основные грузопотоки. Прежде всего это относится к инструментальным, ремонтно-механическим и электроремонтным цехам, которые должны находиться вблизи производственных цехов, имеющих наибольшее число оборудования,

Для уменьшения времени и расходов на внутризаводскую транспортировку при расположении цехов и складов необходимо добиваться наименьшего пути пробега материалов, заготовок, деталей и изделий без обратных и встречных движений. Это в равной мере относится как к основным, так и к вспомогательным цехам.

При расположении цехов и хозяйств необходимо учитывать также направление преобладающих ветров и наиболее благоприятные условия для естественного освещения и проветривания цехов. Взаимное расположение зданий и разрывы между ними должны удовлетворять установленным санитарно-техническим и противопожарным нормам.

Отдельные небольшие производственные и вспомогательные цехи целесообразно объединять в виде блока цехов в одном здании. Блокирование цехов сокращает транспортные пути; облегчает механизацию межцехового транспорта; сокращает размеры территории завода, длину внутризаводских путей и коммуникационных линий; уменьшает расходы на благоустройство и ограждение территории.

Наиболее рационально блокировать в одном здании цехи, однородные по технологическому процессу и имеющие тесную производственную связь. Широкое распространение получила блокировка цехов в группы: литейную, кузнечную, деревообрабатывающую, механосборочную и др.

Цехи, которые однородны по характеру производства, пожарным и санитарно-техническим требованиям, необходимо по возможности располагать в определенной зоне. Цехи, выделяющие в атмосферу загрязняющие вещества следует размещать с подветренной стороны по отношению к другим зданиям.

При разработке генерального плана предприятия обычно устанавливаются зоны горячих, обрабатывающих, деревообрабатывающих цехов, а также энергетических цехов (станций), общезаводских служб и учреждений.

Расположение зданий и сооружений на территории завода должно обеспечить возможность дальнейшего его развития без нару-

шений основной идеи генерального плана и без сноса ранее построенных объектов.

Пространственное размещение основных и вспомогательных служб влияет на экономику и организацию производства, определяет эффективность использования площади, направление и протяженность транспортных грузопотоков. Так, эффективность использования площади участка предприятия характеризуется коэффициентом плотности застройки участка и коэффициентом использования площади участка, которые представляют собой соответственно отношение площади, занимаемой зданием и крытыми сооружениями, или площади, занимаемой зданиями, сооружениями и всеми устройствами, к площади всего участка. Для новых заводов первый из этих коэффициентов находится в пределах 0,35-0,45, а второй - 0,45-0,55. Наилучшее использование площади участка достигается при плотном расположении зданий; правильной конфигурации и соотношении размеров участка; максимально возможной блокировке зданий; простоте их конфигурации; максимально допустимой этажности; рациональной схеме расположения проездов, подъездных и железнодорожных путей.

Протяженность транспортных путей зависит от размещения цехов и вспомогательных общезаводских служб на территории предприятия; участков и вспомогательных общеучастковых, общецеховых служб на территории цеха; рабочих мест и вспомогательных общеучастковых служб на территории участка.

Учитывая многовариантность пространственной планировки, размещение подразделений предприятия, цеха и участка целесообразно осуществлять поэтапно.

Первоначально размещают цехи, общезаводские производственные службы на территории предприятия; затем участки и общецеховые производственные службы на территории цеха и, наконец, рабочие места и общеучастковые производственные подразделения на территории участка.

В общем случае, оптимальный вариант размещения подразделений предприятия на его территории может быть выбран на основе решения экономико-математической задачи, предполагающей минимизацию общей величины грузооборота между этими подразделениями:

$$\sum_{d=1}^n \sum_{b=1}^m G_{db} \cdot x_{db} \rightarrow \min, \quad (4.1)$$

где n – общее число цехов предприятия;

m – общее число географических площадок;

x_{db} – значение логической (булевой) переменной, показывающее, закрепляется ли d -й цех за b -й площадкой или нет:

$$\sum_{d=1}^n x_{db} = 1, \quad (4.2)$$

$$\sum_{b=1}^n x_{db} = 1, \quad (4.3)$$

$$x_{db} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \quad (4.4)$$

где G_{db} - величина грузооборота, возникающего между складами предприятия и его d -м цехом, в случае, если этот цех размещается на b -й площадке:

$$G_{db} = \sum_{s=1}^k g_{sd} \cdot l_{sb}, \quad (4.5)$$

где k - общее количество складов, с которыми у d -го цеха установлены грузопотоки;

l_{sb} - расстояние между s -м складом и b -й площадкой, на которой размещается d -й цех;

g_{sd} - годовая масса грузов, поступающих с s -го склада в d -й цех:

$$g_{sd} = \sum_{i=1}^f N_i, \quad (4.6)$$

где f - общее количество наименований грузов, поступающий с s -го склада в d -й цех;

N_i - годовая масса грузов i -го вида.

Сформулированная задача является типовой задачей о назначениях, решаемой стандартными экономико-математическими методами (в частности, симплекс-методом).

ТЕМА 5. Организация и управление поточным производством

Основные вопросы:

Определение поточной формы производства. Основные признаки поточного производства. Ритм и такт потока. Условия эффективности применения поточной формы производства.

Классификация поточных линий по степени их специализации, степени непрерывности производственного процесса, способу поддержания ритма, используемых транспортных средств, характеру движения конвейера, уровню механизации и автоматизации производственных операций.

Общий алгоритм подбора оптимальной для конкретных производственных условий поточной линии: установление требуемой степени специализации линии, выбор уровня непрерывности производственного процесса и синхронизация операций, подбор основного технологического оборудования и транспортных средств, компоновка линий.

Основные виды эффектов, обеспечиваемых при использовании поточной формы производства. Технико-экономическое обоснование эффективности применения поточных линий.

Общая характеристика поточного производства

Развитие предметной формы специализации производственных подразделений естественным образом приводит к появлению и расширению использования поточных методов производства, которые при прочих разных условиях обеспечивают наиболее высокую эффективность производственного процесса.

Поточным называется производство, в котором в полной мере выполняются принципы специализации, прямоточности, непрерывности, параллельности, пропорциональности и ритмичности.

Специализация поточного производства выражается в приспособленности поточных линий к изготовлению ограниченного перечня схожих видов продукции, а также в закреплении за каждым рабочим такой линии узкой номенклатуры выполняемых технологических операций.

Прямоточность поточного производства определяется размещением оборудования и рабочих мест в порядке следования операций

технологического процесса и наличием единой транспортной системы, объединяющей все рабочие места и регламентирующий процесс их совместной работы.

Непрерывность производственного процесса на поточных линиях выражается в немедленном или с минимальными перерывами переходе предметов труда с одного рабочего места на другое, причем такой переход происходит либо поштучно, либо небольшими передаточными партиями.

Параллельность работы поточных линий связана с тем, что в каждый отдельный момент времени на такой линии ведется обработка нескольких единиц изделия или несколько передаточных партий. Возможность такой одновременной обработки связана с узкой специализацией каждого из рабочих мест и их выстраивание по ходу технологического процесса.

Пропорциональность является ключевым параметром, определяющим работу поточных линий. Выражается она в том, что отдельные, выполняемые на линии операции, в максимальной степени согласованы друг с другом по длительности своего выполнения и фронту работ. Пропорциональность отдельных звеньев поточных линий обеспечивает возможность их равномерной загрузки, работу без простоев и с минимальными производственными заделами.

Ритмичность работы поточных линий является следствием их пропорциональности и выражается в том, что совокупность выполняемых на линии операций регулярно повторяется через равные промежутки времени, называемые ритмом. Если движение предметов труда на линии происходит поштучно, то ритм рассчитывается для каждой отдельной единицы таких предметов и характеризует интервал времени, по истечении которого с линии сходит очередная единица продукции. Такой ритм рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{F_{\text{эф}}}{N_3}, \quad (5.1)$$

где $F_{\text{эф}}$ - эффективный фонд времени работы линии в анализируемом периоде, мин.;

N_3 - программа запуска по изделию на рассматриваемый период, шт.

Если движение предметов труда происходит передаточными партиями, то ритмичность устанавливается в целом для таких партий. Ритм чередования в таком случае определяется по формуле:

$$R = r \cdot p; \quad (5.2)$$

где p - размер передаточной партии, шт.

Значение ритма может выступать основой для синхронизации пропускной способности смежных звеньев поточной линии. Такая синхронизация сводится к обеспечению постоянного соотношения между ритмом работы линии, штучным временем каждой из операций и числом рабочих мест, выполняющих эти операции.

В целом для поточного производства характерны следующие основные признаки:

1. Разделение технологического процесса на отдельные узко специализированные операции и закрепление их за отдельными рабочими местами.

2. Оснащение рабочих мест специальным оборудованием, инструментами и оснасткой, обеспечивающими максимально производительное выполнение закрепленных операций.

3. Стабильная повторяемость используемых в производстве материальных ресурсов.

4. Единая транспортная направленность, обеспечиваемая специализированными транспортными средствами (конвейерами), регламентирующая работу отдельных рабочих мест.

5. Высокая степень механизации и автоматизации производственных операций.

6. Наличие ритмичности работы всех рабочих мест.

Внедрение поточных методов производства требует выполнения ряда условий, основными из которых являются следующие:

1. Большой объем выпуска схожих видов продукции, обеспечивающийся за счет специализации производства и конструктивной унификации отдельных изделий.

2. Детальная проработка конструктивных параметров изделий для обеспечения их поточной технологичности.

3. Наличие тщательно проработанного технологического процесса, обеспечивающего синхронизацию основных операций.

4. Наличие стабильных хозяйственных связей с поставщиками

ресурсов и способность этих поставщиков гарантировать постоянный уровень качества своей продукции.

Классификация поточных линий

Первичным элементом поточного производства являются специализированные технологические линии, которые традиционно принято классифицировать по следующим основным признакам:

- 1) степень специализации линий;
- 2) степень непрерывности технологического процесса;
- 3) способы поддержания ритма;
- 4) тип используемых транспортных средств;
- 5) уровень механизации и автоматизации.

В зависимости от степени своей специализации, поточные линии делятся на однопредметные и многопредметные.

Однопредметные линии являются узкоспециализированными, используются для выпуска только одного вида продукции и реализуют единый несменяемый технологический процесс. Использование таких линий целесообразно только в крупносерийном и массовом производстве при долговременном выпуске однородной продукции.

Многопредметные линии имеют возможность выпуска нескольких видов продукции, причем в зависимости от способа чередования таких видов линии данного вида делятся на переменнo-поточные и групповые. Переменнo-поточные линии обеспечивают выпуск крупных партий однородных видов продукции поочередно, причем при переходе с одного вида на другой на таких линиях проводится полная переналадка оборудования. Групповые линии являются более гибкими, поскольку позволяют изготавливать несколько схожих видов продукции как поочередно, так и одновременно, не требуя при этом переналадки оборудования. Работа таких линий основывается на использовании групповых универсальных технологий и групповой технологической оснастки. Во всех случаях многопредметные линии оснащены более универсальным оборудованием, чем однопредметные.

По степени непрерывности технологического процесса выделяются непрерывные и прерывные поточные линии.

На *непрерывных поточных линиях* передача предметов труда с одной операции на другую происходит сразу же после окончания их обработки на предшествующей операции, то есть без межоперационного пролеживания. Основным условием работы таких линий является

ся синхронизация всех технологических операций, при которой длительность каждой из них оказывается равной или кратной ритму работы всей линии в целом. Непрерывные поточные линии чаще всего используются в сборочном производстве, поскольку составляющие его операции достаточно легко разделяются и группируются, обеспечивая возможность синхронизации потока.

Прерывные поточные линии характеризуются наличием межоперационного пролеживания предметов труда. Такие линии создаются в тех случаях, когда из-за специфики технологического процесса отсутствует возможность полной синхронизации операций. В этом случае для обеспечения бесперебойности работы отдельных рабочих мест на наиболее трудоемких операциях создаются специальные оборотные заделы, состоящие из частично обработанных деталей и узлов и предназначенные для питания последующих рабочих мест. Чаще всего прерывно поточные линии используются в механообрабатывающих цехах, разделение технологических операций в которых не всегда возможно.

В зависимости от способа поддержания ритма работы, поточные линии делятся на линии с регламентированным ритмом и линии со свободным ритмом.

На линиях с регламентированным ритмом отдельные рабочие места группируются возле специальных транспортных устройств, которые перемещают предметы труда с фиксированной, заранее установленной скоростью.

На линиях со свободным ритмом скорость передачи предметов труда между рабочими местами может изменяться, и поддержание ритма работы в этом случае возлагается на самих производственных рабочих. Чаще всего, линии со свободным ритмом являются прерывно-поточными и оснащаются транспортными средствами периодического действия (кран-балки, электрокары и т.д.).

В зависимости от вида используемых транспортных средств поточные линии делятся на линии с транспортными средствами непрерывного действия и с транспортными средствами дискретного действия.

На линиях первого типа в качестве транспортных средств используются конвейеры, объединяющие все рабочие места линии. В зависимости от выполняемых ими функций, конвейеры делятся на транспортные, рабочие и распределительные.

Транспортные конвейеры используются только для передачи предметов труда между рабочими местами и сами по себе непосредственно не участвуют в выполнении технологических операций. При использовании таких конвейеров рабочие снимают предметы труда с транспортера, обрабатывают их на своем рабочем месте и затем возвращают обработанные изделия на транспортер.

Рабочие конвейеры, помимо транспортировки предметов труда также непосредственно участвуют в выполнении технологических операций, выступая при этом частью самих рабочих мест. На таких конвейерах обработка предметов труда осуществляется рабочими без их перемещения на какие-либо специальные рабочие места. С этой целью сами конвейеры могут оснащаться рядом вспомогательных приспособлений, обеспечивающих условия для нормального протекания операций.

Распределительные конвейеры могут быть как транспортными, так и рабочими, и отличаются тем, что обеспечивают возможность разветвления технологического потока при наличии на отдельных операциях широкого фронта работ (несколько одинаковых рабочих мест).

К транспортным средствам дискретного действия могут относиться гравитационные транспортные устройства (например, скаты), подъемно-транспортное оборудование (кран-балки), электрокары, рельсовые тележки и т.п. Чаще всего подобные транспортные средства применяются на линиях со свободным ритмом.

В зависимости от уровня своей автоматизации и механизации, поточные линии делятся на частично и комплексно механизированные, частично и комплексно автоматизированные. При этом механизация выражается в форме высвобождения рабочих из непосредственных технологических операций и замене их физического труда трудом машин, а автоматизация - в замене интеллектуального труда рабочих по управлению работой оборудования функционированием специализированных АСУ.

Алгоритм выбора оптимального варианта поточной линии

Поточные линии, в независимости от своего типа, являются высоко специализированным элементом производственной структуры. В связи с этим подбор оптимального варианта поточной линии всегда осуществляется индивидуально с учетом особенностей конкретного

производства. В общем случае выбор оптимальной поточной линии реализуется по следующему алгоритму:

1. Устанавливается требуемая степень специализации линии. Основными факторами, учитываемыми на данном этапе, являются тип производства, характер планов производственной программы и укрупненный технологический процесс изготовления продукции. Выбор однопредметной линии может быть осуществлен только при стабильном планируемом выпуске больших объемов однородной продукции, а также в случае уникальности техпроцесса, требующего высокоспециализированного оборудования и оснастки. Если же технологический процесс не имеет каких-либо уникальных особенностей, и производственная программа не позволяет полностью загрузить оборудование одним видом продукции, то в качестве базового варианта выбирается многопредметная линия.

2. Устанавливается ожидаемая степень непрерывности работы линий. Основным фактором, учитываемым на данном этапе, является технологический процесс. Наиболее целесообразным является выбор непрерывной поточной линии, которая, однако, требует синхронизации всех технологических операций. Выполнение такой синхронизации может осуществляться двумя путями: экстенсивным и интенсивным. Экстенсивный путь является более затратным и предполагает изменение числа рабочих мест на операциях с большой трудоемкостью. Данный способ синхронизации производственного процесса применяется только тогда, когда интенсивный вариант синхронизации является невозможным или не обеспечивает требуемого результата. Сам же интенсивный способ предполагает неизменность фронта работ на операциях и основывается на изменении структуры операций и интенсивности технологических режимов их выполнения.

3. В случае, если в качестве базового выбрана многопредметная линия, проводится анализ технологического процесса и планируемой производственной программы с целью определения возможности использования групповых схем обработки. По результатам проведения анализа фиксируются требования к оборудованию линии по степени его продуктовой универсальности и универсальности по применяемым инструментам и оснастке.

4. Для всего набора технологических операций линии подбирается оптимальный набор технологического оборудования. Основными факторами, учитываемыми при таком выборе, являются:

- степень сложности и планируемая интенсивность выпол-

нения соответствующих операций;

- требования по габаритам и массе обрабатываемых предметов труда;
- требования по производительности;
- требования по уровню качества обработки;
- требования по возможности использования групповых технологий и оснастки.

5. Осуществляется выбор оптимального вида транспортных средств. Основными учитываемыми факторами выступают:

- планируемый способ поддержания ритма линии;
- ожидаемые габариты и масса предметов труда;
- необходимость включения транспортных устройств в структуру рабочих мест;
- требования по производительности и объему перевозок за фиксированный промежуток времени.

6. Проектируется схема пространственной планировки линии. Традиционными требованиями к разработанной планировке выступают:

- прямоточность;
- возможность организации многостаночного обслуживания;
- максимально эффективное использование производственных мощностей;

В качестве типовых компоновочных схем обычно применяются линейная, S-образная и U-образная, причем для максимального сокращения общей длины потока рабочие места на линии могут размещаться в шахматном порядке (по обе стороны от конвейера). Оценка выбранного варианта планировки линии принято осуществлять с помощью таких показателей, как:

- доля площади под технологическое оборудование в общей площади, занимаемой линией;
- выпуск продукции в натуральных единицах с единицы площади линии;
- общая длина маршрута движения предмета труда в ходе его обработки на линии;
- средняя длина маршрута движения рабочих, осуществляющих многостаночное обслуживание технологического оборудования линии.

Экономическая эффективность поточного производства

Использование поточных методов производства при прочих равных условиях обеспечивает более высокие показатели производственной эффективности по сравнению с непоточными методами работы. В наибольшей степени такой эффект проявляется в росте производительности труда рабочих, повышении уровня фондоотдачи, сокращении удельной себестоимости выпускаемой продукции и в минимизации объема оборотных средств, связанных в незавершенном производстве.

Рост производительности труда рабочих на поточной линии определяется совместным влиянием следующих основных факторов:

- 1) высвобождение рабочих из непосредственного производственного процесса за счет его комплексной механизации и автоматизации;
- 2) освобождение рабочих от необходимости выполнения транспортных операций и закрепление этих операций за специализированными техническими устройствами (конвейерами);
- 3) сокращение длительности выполнения рабочими ручных операций, достигаемых за счет эффектов обучения;
- 4) интенсификация режимов работы оборудования и сокращение штучного времени по операциям;
- 5) ликвидация простоев рабочих мест из-за несогласованности работы смежных звеньев линии.

Рост фондоотдачи при использовании поточных методов производства происходит как по активной, так и по пассивной части основных фондов. Отдача активной части основных средств растет за счет:

- 1) оптимизации загрузки производственных мощностей;
- 2) применения интенсивных режимов работы оборудования;
- 3) ликвидации простоев оборудования из-за несбалансированности его пропускной способности;
- 4) использования прогрессивных систем ремонта и технического обслуживания.

Рост отдачи пассивной части основных фондов обеспечивается за счет увеличения выпуска продукции с единицы производственной площади на основе применения рациональных пространственных планировок поточных линий.

Снижение удельной себестоимости продукции при внедрении поточных методов производства происходит за счет:

- 1) роста производительности труда и отдачи основных фондов;

- 2) сокращения материальных затрат за счет оптимизации видов используемых материалов, применения более точных заготовок и рациональных систем раскроя и подготовки материала;
- 3) минимизации удельных энергетических затрат, обеспечиваемой выбором оптимальных режимов работы оборудования;
- 4) минимизации затрат на инструмент и оснастку, обеспечиваемой подбором оптимальных средств технологического оснащения операций;
- 5) минимизации затрат, связанных с промежуточным хранением полуфабрикатов, достигаемой на основе бесперебойности производственного процесса на технологических линиях.

Объем средств, связанных в незавершенном производстве, при применении поточных методов сокращается за счет минимизации длительности производственного цикла (технологические заделы) и за счет сокращения межоперационного пролеживания предметов труда (оборотные заделы).

Вместе с тем, внедрение поточных методов производства обычно требует комплексного технического перевооружения, и потому нуждается в значительных инвестиционных вложениях. В связи с этим, целесообразность внедрения поточных линий определяется на основе расчета ряда показателей, выражающих абсолютную или относительную величину получаемого экономического эффекта. Такого рода технико-экономическое обоснование может осуществляться либо традиционными методами, либо методами дисконтирования и, как правило, проводится при определении целесообразности замены существующего оборудования поточной линией или при выборе оптимального варианта линий из нескольких возможных альтернатив.

При традиционной оценке целесообразности внедрения поточной линии основным оценочным показателем выступает статический срок окупаемости капиталовложений, рассчитываемый по формуле:

$$T_{ок}^c = \frac{K_г^{nl}}{\mathcal{E}_{год}^{cp}}, \quad (5.3)$$

где $T_{ок}^c$ - статический срок окупаемости капиталовложений в поточную линию;

$K_г^{nl}$ - сумма капиталовложений, необходимых для внедрения линии;

$\mathcal{E}_{год}^{cp}$ - среднегодовой экономии на текущих производственных затратах при внедрении линии.

При расчете плановых капиталовложений обычно учитываются следующие основные статьи:

- 1) прямые затраты на необходимое технологическое оборудование линии;
- 2) затраты, связанные со списанием и демонтажем не полностью амортизированных основных средств действующего производства;
- 3) затраты на монтаж и первоначальную наладку линии;
- 4) затраты на обучение и переквалификацию персонала;
- 5) вложения в необходимые дополнительные оборотные средства.

Выбор оптимального варианта поточной линии при использовании традиционного оценочного подхода основан на расчете годового экономического эффекта, связанного с сокращением приведенных затрат по каждой паре сравниваемых вариантов линии. Подобное технико-экономическое обоснование обычно выполняется по следующему алгоритму:

1. Выбирается пара альтернативных вариантов линии, и фиксируются технические характеристики их работы.

2. По каждому из выделенных вариантов рассчитывается необходимая сумма капиталовложений.

3. Выбирается требуемый срок окупаемости капиталовложений по вариантам, на основании чего устанавливается значение коэффициента приведения затрат:

$$E_n = \frac{1}{T_{ок}^{nl}}, \quad (5.4)$$

где E_n - принимаемый коэффициент приведения долговременных затрат;

$T_{ок}^{nl}$ - планируемый срок окупаемости капиталовложений по рассматриваемому варианту.

4. Рассчитывается текущая себестоимость годового объема производства по каждому из вариантов.

5. Устанавливается значение коэффициента эквивалентности объемов выпуска по сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{эо}} = \frac{V_{nl}^A}{V_{nl}^B}, \quad (5.5)$$

где $K_{\text{эо}}$ - принимаемый коэффициент эквивалентности объемов выпуска; $V_{\text{пл}}^A$ - плановый объем выпуска продукции по варианту А; $V_{\text{пл}}^B$ - плановый объем выпуска продукции по варианту В.

6. Проводится расчет суммы приведенных затрат по каждому варианту:

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{тек}} + E_n \cdot K_{\text{пл}}, \quad (5.6)$$

где $Z_{\text{пр}}$ - приведенные затраты по рассматриваемому варианту; $C_{\text{тек}}$ - текущая себестоимость годовой производственной программы; $K_{\text{пл}}$ - планируемая сумма капиталовложений по рассматриваемому варианту; E_n - принятый для рассматриваемого варианта коэффициент приведения долговременных затрат.

7. Рассчитывается величина экономического эффекта как разница приведенных затрат по сравниваемым вариантам:

$$\mathcal{E} = Z_{\text{пр}}^A - K_{\text{эо}} \cdot Z_{\text{пр}}^B, \quad (5.7)$$

где \mathcal{E} - получаемый эффект (экономии) на приведенных затратах.

Аналогичные расчеты попарно реализуются для всех возможных вариантов линии, после чего выбирается тот вариант, который обеспечит экономию приведенных затрат по отношению ко всем прочим аналогам.

Традиционный метод технико-экономического обоснования не учитывает временной стоимости инвестиционных ресурсов и предполагает неизменность таких параметров работы линии, как объем выпуска продукции, структура и величина текущих производственных затрат. Для учета данных параметров целесообразно использовать динамические методы оценки, основанные на методах дисконтирования. При использовании таких методов, ключевыми показателями, по которым определяется целесообразность выбора того или иного варианта линии выступают:

- 1) чистая дисконтируемая стоимость каждого инвестиционного проекта;
- 2) внутренняя норма рентабельности таких проектов;
- 3) динамический срок их окупаемости.

ТЕМА 6. Организация и управление автоматизированным производством

Основные вопросы:

Понятие и виды автоматизации производственных процессов. Историческая эволюция подходов к организации автоматизированного производства. Понятие и отличительные особенности автоматических линий. Технологическая, цикловая, фактическая и потенциальная производительность автоматических линий.

Понятие и особенности автоматизированных роторных линий. Механизмы согласованной работы рабочих и транспортных роторов. Основные календарно-плановые нормативы роторных линий. Оценка надежности роторных линий.

Понятие и отличительные особенности робототехнических комплексов. Историческая эволюция робототехники. Основные технико-экономические характеристики робототехнических комплексов.

Сущность и отличительные особенности гибких производственных систем. Основные виды гибкости производственных единиц. Структура производственно-технологической и управленческой частей гибких производственных систем, основные разновидности и факторы эффективности использования гибких производственных систем.

Содержание, формы и значение автоматизации производства

Одним из базовых принципов современного производственного менеджмента является целенаправленное систематическое повышение уровня автоматизации производственных процессов. По своей сути, автоматизация производства представляет собой процесс высвобождения человека из производственного процесса путем замены его труда по управлению технологическим оборудованием работой искусственных управляющих систем (средств автоматизации).

Процессы автоматизации производства неразрывно связаны с процессами его механизации и включают последние в свою структуру как один из составных элементов. Формальное же различие между автоматизацией и механизацией производства состоит в том, что если механизация предполагает замену работой машин только непосред-

венных физических усилий человека по выполнению основных и вспомогательных производственных операций, то автоматизация, помимо этого, также обеспечивает освобождение человека и от рутинных операций по управлению техническими устройствами.

Автоматизация производственного процесса может иметь две формы: частичную и комплексную. При частичной автоматизации производственного процесса часть функций по управлению оборудованием автоматизирована, а часть - выполняется рабочими-операторами (полуавтоматические производственные комплексы). Комплексная же автоматизация производства предполагает реализацию всех стадий производственного процесса без непосредственного участия человека и требует использования автоматизированных систем управления не только для основного технологического оборудования, но и для вспомогательных и обслуживающих технических средств (транспортных, накопительно-складских, контрольных и т.д.). На современном этапе развития промышленности именно комплексная автоматизация производственных процессов является одним из основных направлений технического прогресса, обеспечивающим рост производительности труда, снижение себестоимости и улучшение качества выпускаемой продукции.

Эффект от автоматизации производственного процесса имеет комплексный характер и проявляется одновременно по нескольким направлениям:

Во-первых, автоматизация производства обеспечивает существенный рост уровня отдачи основных производственных ресурсов, в т.ч. рост производительности труда рабочих, рост фондоотдачи оборудования и т.д. Основными факторами такого роста при этом выступают: сокращение численности производственного персонала, минимизация времени выполнения вспомогательных производственных операций (транспортных, контрольных и т.д.), повышение точности и интенсификация режимов обработки изделий.

Во-вторых, автоматизация производства приводит к сокращению уровня брака, стабилизации и повышению качественных характеристик выпускаемой продукции. Основными причинами этого являются повышение точности контроля параметров технологического процесса и качества исходных материалов, а также исключение так называемого человеческого фактора (ошибки из-за усталости рабочих, недостаточного уровня их квалификации и т.д.).

В-третьих, использование автоматически управляемого оборудо-

дования позволяет повысить уровень безопасности труда и высвободить человека с тех участков производства, которые характеризуются значительными вредными воздействиями.

В-четвертых, внедрение средств автоматизации качественным образом меняет характер труда персонала и повышает степень его интеллектуальной насыщенности. Рабочие, высвобождаемые из непосредственного производственного процесса, начинают выполнять работы по надзору за оборудованием и его наладке, в результате чего их труд все более и более приближается к труду техников и инженеров.

Вместе с тем, необходимо учитывать, что на современном этапе развития промышленности рост уровня автоматизации производства в большинстве случаев приводит к определенному сокращению уровня его гибкости. Основной причиной этого является недостаточно высокая степень развития используемых в АСУ систем искусственного интеллекта, которые при всех своих преимуществах пока не могут в полной мере заменить интеллектуальную деятельность человека, в особенности - деятельность по изменению базовых параметров производства (номенклатуры продукции, технологии ее изготовления и т.д.) в ответ на изменения внешней рыночной среды. В связи с этим, выбор того или иного варианта автоматизации производства всегда предполагает поиск определенного баланса в параметрах «преобразовательная эффективность / гибкость производства» и может существенно различаться в зависимости от таких факторов, как тип производства, степень сложности выпускаемой продукции, степень производственной специализации предприятия и т.д.

В условиях крупносерийного и массового производства гибкость не является критически важным фактором эффективности работы предприятия и основным направлением повышения такой эффективности становится максимизация уровня отдачи основных производственных ресурсов (преобразовательная эффективность). При этом формируются благоприятные условия для комплексной автоматизации производства, которая находит свое выражение в широком использовании автоматических линий.

В единичном же и мелкосерийном производстве требование гибкости часто доминирует над требованием преобразовательной эффективности, что делает нецелесообразным использование автоматических линий, и приводит к необходимости использования других, более адаптивных направлений автоматизации. Основными из таких направлений являются:

- 1) внедрение одноцелевых станков, оснащенных устройствами ЧПУ;
- 2) внедрение многоцелевых станков с ЧПУ типа обрабатывающих центров;
- 3) внедрение гибких производственных систем (ГПС).

Одноцелевые станки с ЧПУ наиболее эффективны в единичном производстве, где вспомогательные (ручные) операции, выполняемые при обработке различных изделий, существенно различаются и обеспечить их полное выполнение без непосредственного участия человека невозможно. Применение таких станков преимущественно нацелено на сокращение машинного времени выполнения технологических операций, повышение точности их выполнения и снижение уровня брака. Основная же трудность, связанная с использованием таких станков, заключается в применении традиционной технологии обработки деталей с постаночным разделением операций, что не позволяет значительно сократить вспомогательное время, а следовательно, - и значительно повысить производительность труда.

Многоцелевые (многооперационные) станки с ЧПУ ориентированы на решение указанной проблемы и наиболее эффективно применяются в условиях мелкосерийного производства. Такие станки оснащаются наборами различных инструментов и обеспечивают выполнение комплекса различных операций над обрабатываемыми деталями с одной их установки. При этом смена деталей и инструмента в таких станках выполняется автоматически по заранее заданной программе. Применение таких обрабатывающих центров обеспечивает значительное сокращение длительности производственного цикла (за счет минимизации числа вспомогательных операций), сокращение численности производственного персонала, уменьшение расходов на внутризаводскую транспортировку полуфабрикатов и высвобождение значительных производственных площадей. Вместе с тем, станки данного типа являются более дорогостоящими, чем одноцелевые, и их применение является оправданным при относительно больших масштабах производства.

Сущность, виды и основные параметры работы автоматических линий

В условиях крупносерийного и массового производства основной формой автоматизации производственного процесса является внедрение автоматических поточных линий. Такие линии представ-

ляют собой комплекс автоматически управляемых технологических агрегатов, транспортных устройств и контрольно-измерительного оборудования, согласованно работающих и изготавливающих продукцию по единому ритму. Роль рабочего на автоматической линии сводится лишь к общему наблюдению за ее работой, наладке и подналадке отдельных механизмов, а иногда - к подаче заготовки на первую операцию и снятию готового изделия на последней операции. Это позволяет рабочему одновременно управлять значительным числом машин и механизмов.

В зависимости от характера обрабатываемых предметов труда, объемов и длительности их выпуска, принято выделять следующие типы автоматических линий:

- 1) линии, предназначенные для выполнения части производственного процесса по изготовлению изделий в пределах одной технологической стадии;
- 2) линии, предназначенные для выполнения всего производственного процесса в целом в пределах одной технологической стадии;
- 3) линии, обеспечивающие выполнение всех технологических стадий изготовления изделия от заготовки до окончательной сборки.

Линии первого типа являются лишь частью общей поточной линии по изготовлению того или иного изделия. Они выполняют наиболее простые, но, вместе с тем, трудоемкие операции, поддающиеся разделению на отдельные технологические переходы, что позволяет использовать для их реализации специальные технологические агрегаты. Другие же, более сложные операции для изготавливаемых изделий выполняются на обычных рабочих местах общей поточной линии с применением специального или универсального оборудования. Примером линий данного типа могут служить линии по производству сложных шестерен, на которых все операции токарной обработки выполняются на локальной автоматической линии, а остальные операции - на отдельных станках.

Линии второго типа предназначены для полного изготовления относительно несложных стандартных деталей, выпускаемых в больших количествах и предназначенных для последующего укомплектования более сложных стандартных изделий. Примером линий данного типа являются линии по изготовлению роликов для приводных цепей, линии по изготовлению пружин и т.д.

В третьем случае в общий автоматизированный поток объединяется ряд взаимосвязанных линий, образуя при этом комплексно-

автоматизированный цех или завод. Примером таких сложных автоматических линий являются линии по изготовлению подшипников.

В зависимости от характера кинематической связи между технологическими агрегатами, автоматические линии принято подразделять на линии с жесткой, полужесткой и гибкой связью.

На линиях с жесткой кинематической связью все станки и механизмы связываются в жесткую систему единым межоперационным транспортом, осуществляющим в соответствии с заданным ритмом одновременную принудительную передачу всех деталей с операции на операцию. Линии данного типа являются наименее дорогостоящими, однако имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются минимальная степень гибкости, необходимость равенства или кратности штучного времени выполнения всех операций линии и необходимость остановки всей линии в случае поломки любого из станков.

Линии с полужесткой и гибкой кинематической связью оснащаются независимым межоперационным транспортом, позволяющим передавать детали с операции на операцию независимо одна от другой. На таких линиях после каждой операции (гибкая связь) или их группы (полужесткая связь) устанавливаются специальные устройства для накопления межоперационного задела (т.е. частично обработанных деталей), за счет которого обеспечивается непрерывная работа станков на последующих операциях при временной остановке одного или нескольких из них на предыдущих операциях. Линии данных типов являются более дорогостоящими по отношению к линиям с жесткой связью, поскольку, во-первых, требуют дополнительных затрат на создание и обслуживание накопительных устройств и механизмов, а во-вторых, - вызывают дополнительные расходы, связанные с формированием и хранением межоперационных заделов. Вместе с тем, такие линии исключают потери от простоев из-за остановки отдельных технологических агрегатов и, что более важно, - имеют существенно большую гибкость, позволяющую относительно быстро изменять номенклатуру изготавливаемых на них изделий и оперативно менять технологические режимы выполнения отдельных операций.

Основными параметрами, характеризующими эффективность работы автоматических линий, являются показатели производительности, основными из которых являются:

- технологическая производительность
- цикловая производительность

- потенциальная производительность
- фактическая производительность

Расчет всех показателей производительности выполняется для наиболее трудоемких операций технологического процесса.

Технологическая производительность автоматической линии характеризует возможное число ее полных рабочих ходов в единицу времени и определяется по формуле:

$$P_m = \frac{1}{t_m}, \quad (6.1)$$

где t_m - машинное время непосредственной обработки детали, т.е. время рабочих ходов станков линии или т.н. основное время (t_o), мин.

Цикловая производительность автоматической линии характеризует возможное число полных рабочих циклов технологического агрегата в единицу времени, т.е. учитывает помимо машинного времени также и время выполнения вспомогательных операций (время установки и закрепления заготовок на станке, время снятия изделия со станка, время холостых движений рабочих инструментов и т.д.):

$$P_{ц} = \frac{1}{T_{ц}} = \frac{1}{t_m + t_{г}}, \quad (6.2)$$

где $T_{ц}$ - продолжительность одного рабочего цикла линии, мин.
 $t_{г}$ - время выполнения вспомогательных операций при обработке одной детали, мин.

Показатели технологической и цикловой производительности являются эталонными значениями, поскольку рассчитываются для таких условий производства, при которых линия работает непрерывно. В реальности же периоды непрерывной работы чередуются с простоями линии, которые в зависимости от своей природы делятся на режимные и организационно-технические.

Режимные простои линии являются объективно необходимыми и связаны с ее ремонтом, техническим обслуживанием и выполнением наладочных операций.

Простои же по организационно-техническим причинам являются действительными потерями времени и могут быть связаны с появлением брака на предыдущей стадии производства, неявкой рабочих, обслуживающих линию, перебоями в поставках материалов и т.д.

С учетом простоев двух видов показатель цикловой производительности линии может быть скорректирован, в результате чего могут быть установлены показатели *потенциальной* и *фактической производительности* линии:

$$P_n = \frac{1}{T_u + t_{np}^p}, \quad (6.3)$$

$$P_\phi = \frac{1}{T_u + t_{np}^p + t_{np}^{om}}, \quad (6.4)$$

где t_{np}^p - удельное время режимных простоев линии, мин.;

t_{np}^{om} - удельное время простоев линии по организационно-техническим причинам, мин.

Соотношение различных показателей производительности линии позволяют рассчитать коэффициенты ее технического и общего использования.

$$K_{mi} = \frac{P_n}{P_u}, \quad (6.5)$$

$$K_{ou} = \frac{P_\phi}{P_u}. \quad (6.6)$$

В современной промышленности широкое распространение получила одна из разновидностей автоматических производственных линий, называемая ротормными линиями. Отличительной особенностью линий данного типа является то, что в них обрабатываемые предметы труда вместе с воздействующими на них рабочими инструментами в ходе технологического процесса перемещаются по дугам окружности специальных технических устройств, называемых роторами.

Конструктивно роторные линии состоят из двух основных элементов - транспортных и рабочих роторов. Каждый из таких элементов представляет собой дисковую кинематическую систему, по периметру которой располагаются заготовки изготавливаемых деталей.

Транспортные роторы обеспечивают перемещение предметов труда от одного рабочего механизма к другому. Рабочие же роторы обеспечивают непосредственное выполнение технологических операций.

Рабочие роторы, в свою очередь, состоят из двух частей: несущей и исполнительной. Несущая часть служит для фиксации предметов труда в процессе их обработки, а исполнительная часть обеспечивает непосредственное рабочее движение инструментов и оснастки.

Транспортные и рабочие роторы имеют общий привод, обеспечивающий их синхронное вращение через равные промежутки времени, называемые ритмом линии.

Эффективность роторных линий проявляется в сокращении потребности в производственных площадях, росте производительности линии и в увеличении ее гибкости, которая достигается за счет того, что с одной установки на такой линии можно обрабатывать несколько конструктивно схожих видов продукции.

Оценка эффективности роторных линий осуществляется по показателям производительности, расчет которых выполняется с учетом количества изделий, одновременно обрабатываемых за один рабочий цикл.

Роторные линии чаще всего используются на операциях узловой сборки, упаковки, расфасовки продукции и т.д.

Назначение и особенности использования робототехнических производственных комплексов

В современных условиях развития автоматизации производства особое место принадлежит 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 ее 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 заменя-

ют 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 своеобразными сенсорными способностями, 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.

В историческом развитии промышленных роботов выделяются три базовых ступени. 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 наделены 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 роботизированных предприятий, является *роботизированная технологическая ячейка* (РТЯ), в которой выполняется небольшое число технологических операций. Примером РТЯ может быть роботизированная единица технологического оборудования с ЧПУ.

Более крупным роботизированным комплексом является *роботизированный технологический участок* (РТУ). Он выполняет ряд технологических операций и включает несколько единиц РТЯ. Если

операции осуществляются в едином технологическом процессе на последовательно расположенном оборудовании, то в таком случае 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 (робоэлектродов). Высшей формой организации производства является создание комплексно роботизированного завода.

В зависимости от вида роботизированного производственного процесса, РТК могут быть предназначены для получения заготовок, механической обработки деталей, выполнения процессов сборки, либо для реализации контрольно-сортировочных и транспортно-перегрузочных операций, в том числе - для внутрицехового транспортирования и складских операций.

Проектирование РТК осуществляется в два этапа. На первом осуществляется анализ производственных проблем, выбираются возможные объекты роботизации, состав основного технологического оборудования, вид движения деталей, система рационального автоматизированного управления технологическим процессом и функциональными задачами. На втором этапе осуществляется непосредственное проектирование РТК, предполагающее:

- а) формирование структуры, определение количества и характеристик промышленных роботов и технологического оборудования;
- б) разработку рациональных планировок оборудования РТК в производственном помещении;
- в) составление и отлаживание алгоритмов и программных систем управления РТК.

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.

Возможны три основных варианта *индивидуального обслуживания*:

- а) робот встраивается в технологическое оборудование;
- б) робот размещается рядом с оборудованием;

в) несколько роботов обслуживают единицу оборудования.

При *групповом обслуживании* робот взаимодействует с несколькими единицами технологического оборудования, при этом возможны два варианта компоновки:

- а) линейное расположение оборудования вдоль робота;
- б) круговое расположение оборудования вокруг робота.

Выбор оптимальных параметров и рациональных конструкторских решений в период проектирования РТК производится с учетом ряда организационно-экономических факторов, таких, в частности, как производительность РТК, ожидаемый уровень его надежности и эффективности функционирования и т.д.

К числу основных параметров РТК относятся:

- 1) проектная потенциальная производительность;
- 2) фактическая производительность;
- 3) уровень надежности;
- 4) такт РТК.

Потенциальная производительность РТЯ с учетом собственных простоев оборудования определяется по формуле:

$$\rho_m = \frac{N_u}{T_u} \cdot \left(\frac{t_p}{t_p + t_{mo}} \right), \quad (6.7)$$

где N_u – число деталей, обрабатываемых РТЯ за один рабочий цикл, шт.;

T_u – продолжительность рабочего цикла РТЯ, мин.;

t_p – время работы оборудования РТЯ без перерывов в рамках одного цикла, мин.;

t_{mo} – время простоев, связанных с регулировкой, сменой и подналадкой инструмента, с отказами устройств РТЯ и т.д.:

$$t_{mo} = t_{об} + t_{np} + t_{во}, \quad (6.8)$$

где $t_{об}$, t_{np} , $t_{во}$ – потери времени из-за простоев соответственно основного технологического оборудования, промышленных роботов и вспомогательного оборудования.

Соотношение (6.9) называется коэффициентом технического использования РТЯ. Соответственно, выражение (6.7) можно переписать в форме (6.10):

$$K_{mi} = \frac{t_p}{t_p + t_{mo}}, \quad (6.9)$$

$$\rho_{nn} = \frac{N_{ц}}{T_{ц}} \cdot K_{mi}. \quad (6.10)$$

Необходимо учитывать, что помимо собственных перерывов, технологическое оборудование также может простаивать и из-за организационно-технических причин. Для учета общей величины простоев используется т.н. коэффициент суммарных внецикловых потерь рабочего времени, рассчитываемый по формуле:

$$K_{cвп} = \frac{t_{mp} + t_u + t_{mo}}{100 - (t_{mp} + t_u + t_{mo})} + \frac{t_{np}}{100 - t_{np}} + \frac{t_{го}}{100 - t_{го}}, \quad (6.11)$$

где $(t_{mp} + t_u + t_{mo}) = t_{об}$ – время простоев основного оборудования в связи с текущим ремонтом (t_{mp}), сменой и наладкой инструментов (t_u), техническим и организационным обслуживанием ($t_{го}$), мин.

Учитывая этот коэффициент, можно рассчитать *фактическую производительность* РТК:

$$\rho_{nn} = \frac{N_{ц}}{T_{ц}} \cdot K_{cвп}. \quad (6.12)$$

Одним из важных показателей, характеризующих эффективность функционирования РТК является *уровень его надежности*. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$y_H = \frac{t_{ом}}{t_{отк} - t_{вос}}, \quad (6.13)$$

где $t_{ом}$ – время, затрачиваемое на техническое и организационное обслуживание РТК в анализируемом периоде; $t_{отк}$ – наработка РТК на отказ за период; $t_{вос}$ – среднее время восстановления работоспособности РТК в случае его отказа.

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 наиболее сложных организационных задач. Для РТК принято устанавливать величину усредненного такта или ритма и за счет группировки и подбора операций обеспечивать равенство или кратность между продолжительностью операций и тактом. Усредненный такт определяется по формуле:

$$r_{ус} = \frac{t_{шт.i}}{Ч_{РТЯ}}, \quad (6.14)$$

где $t_{шт.i}$ – штучное время на i -й операции, мин.; $Ч_{РТЯ}$ – число РТЯ в составе РТК, ед.

За счет синхронизации такта и продолжительности операций, простои основного оборудования РТК сводятся к минимуму, при этом повышаются его производительность и эффективность.

Сущность, виды и структура гибких производственных систем

Несмотря на постоянный рост уровня своей эффективности, традиционные средства автоматизации производства в большей степени ориентированы на условия крупносерийного и массового производства. Необходимость же повышения эффективности мелкосерийного производства требует использования специализированных средств автоматизации, в качестве которых выступают гибкие производственные системы (ГПС).

ГПС представляют собой разновидность комплексно автоматизированного производства, построенного по блочно-модульному принципу и обеспечивающего возможность с минимальными затратами менять режимы своей работы и номенклатуру производимой продукции.

Основными принципами работы ГПС являются:

- 1) блочно-модульная форма построения;
- 2) использование групповых технологических процессов;
- 3) комплексная автоматизация всех основных и вспомогательных операций.

ГПС отличаются от традиционных автоматических линий возможностью выпуска мелких партий изделий постоянно изменяющейся номенклатуры. Вместе с тем, ГПС сохраняют основные преимущества комплексно автоматизированного производства, в частности, обеспечивают существенный рост производительности труда и отдачу оборудования, непрерывность производственного процесса и стабильность качества изготавливаемых изделий.

Основным параметром, по которому проводится подбор ГПС для конкретного производства, является степень гибкости, которая оценивается средними затратами времени или средней стоимостью изменения режимов работы технологического оборудования. Гибкость ГПС является многокритериальным параметром и имеет следующие основные формы:

- 1) гибкость по номенклатуре продукции - способность быстро и экономично переходить на выпуск изделий новой номенклатуры;
- 2) гибкость по объему выпуска - способность экономично изготавливать партии изделий меняющегося объема;
- 3) машинная гибкость - возможность быстрой замены технологического оборудования или вспомогательных устройств внутри отдельных производственных модулей;
- 4) структурная гибкость - возможность быстрой и экономичной переконфигурации производственных модулей при необходимости изменения производственного процесса;
- 5) технологическая гибкость - способность реализовывать различные варианты технологического процесса на одном и том же оборудовании.

Выделенные виды гибкости в некоторых случаях могут противоречить друг другу, в связи с чем, выбор оптимального варианта ГПС должен учитывать индивидуальные особенности конкретного производства.

Структурно ГПС состоит из двух частей: производственно-технологической и информационно-управляющей.

Производственно-технологическая часть ГПС предназначена для выполнения всех основных и вспомогательных технологических операций над элементами материального потока. В свою очередь, она состоит из набора гибких производственных модулей и системы обеспечения.

Гибкие производственные модули представляют собой набор нескольких универсальных единиц оборудования, оснащенных устрой-

ствами ЧПУ и объединенных между собой автоматизированными транспортно-накопительными устройствами (промышленными роботами) и единой системой контрольно-измерительных устройств.

В зависимости от размера ГПС и характера выполняемых ею функций, гибкие производственные модули интегрируются между собой, формируя такие разновидности гибкого производства как:

- гибкая автоматизированная линия;
- гибкий автоматизированный участок;
- гибкий автоматизированный цех;
- гибкое автоматизированное предприятие.

Система обеспечения предназначена для синхронизации работы отдельных производственных модулей и выполнения всех необходимых вспомогательных операций. В большинстве случаев в структуру системы обеспечения ГПС входят:

- 1) автоматизированная система складирования и транспортировки полуфабрикатов;
- 2) автоматизированная система инструментального обеспечения (отслеживает износ при поломке инструмента и проводит его автоматическую замену);
- 3) автоматизированная система контроля качества (отслеживает параметры работы оборудования и изготовления изделий, сигнализирует персоналу о необходимости переналадки);
- 4) автоматизированная система удаления отходов производства.

Информационно-управляющая часть ГПС представлена иерархией АСУ и поддерживающих их ЭВМ, регламентирующих работу отдельных производственных модулей, их комплексов и элементов системы обеспечения.

На практике, автоматизированные системы управления ГПС интегрируются с автоматизированными системами подготовки производства, в частности, с системой автоматизированного проектирования (САПР) и системой автоматизированной технологической подготовки производства (АСТПП). Формируемая в результате этого комплексная система автоматизированного управления производством охватывает все основные стадии разработки и изготовления продукции и обеспечивает взаимосвязь таких стадий.

Вопросы для самопроверки (самостоятельная работа слушателя)

1. Сущность и специфические особенности предприятия как производственной системы.
2. Содержание функций организации производственного процесса на промышленном предприятии.
3. Основные закономерности организации производства.
4. Понятие производственного процесса. Основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы.
5. Структура производственных процессов: основные стадии и операции.
6. Основные принципы организации и управления производственными процессами.
7. Понятие типа производства. Основные факторы, определяющие тип производства.
8. Отличительные особенности единичного, серийного и массового типов производства. Значение основных показателей, определяющих тип производства.
9. Производственный цикл и его длительность. Значимость длительности производственного цикла как фактора эффективности производства.
10. Структура производственного цикла: трудовые, естественные процессы и производственные перерывы.
11. Отличительные особенности, достоинства, недостатки и сферы применения последовательного, параллельного и последовательно-параллельного способов чередования операций.
12. Расчет длительности технологического цикла для каждого из способов чередования операций.
13. Структура производственного цикла сложного процесса. Верная схема сборки изделия и линейные (цикловые) графики сборки.
14. Алгоритм построения и корректировки цикловых графиков сборки изделия.
15. Основные виды эффектов, обеспечиваемых за счет сокращения длительности производственных циклов. Основные направления сокращения длительности трудовых процессов, естественных процессов и времени перерывов.
16. Понятие непоточного производства. Основные факторы, определяющие построение производства по непоточному принципу.
17. Технологическая, предметная и смешанная формы специали-

зации непоточных производств.

18. Понятие и основные разновидности предметно-замкнутых участков.

19. Структура и укрупненный алгоритм расчета основных календарно-плановых нормативов необходимости для организации работы предметно-замкнутых участков.

20. Построение и оптимизация стандарт-планов работы предметно-замкнутых участков.

21. Особенности работы участков серийной сборки изделий. Основные календарно-плановые нормативы, регламентирующие работу сборочных подразделений предприятия.

22. Особенности последовательной и параллельной схем сборки изделий. Расчет длительности циклов сборки партий изделий.

23. Определение поточной формы производства. Основные признаки поточного производства.

24. Ритм и такт потока. Условия эффективности применения поточной формы производства.

25. Классификация поточных линий по степени их специализации, степени непрерывности производственного процесса, способу поддержания ритма, используемым транспортным средствам, характеру движения конвейера, уровню механизации и автоматизации производственных операций.

26. Общий алгоритм подбора оптимальной для конкретных производственных условий поточной линии.

27. Основные виды эффектов, обеспечиваемых при использовании поточной формы производства. Техничко-экономические обоснование эффективности применения поточных линий.

28. Понятие и виды автоматизации производственных процессов. Историческая эволюция подходов к организации автоматизированного производства.

29. Понятие и отличительные особенности автоматических линий. Технологическая, цикловая, фактическая и потенциальная производительность автоматических линий.

30. Понятие и особенности автоматизированных роторных линий. Механизмы согласованной работы рабочих и транспортных роторов.

31. Основные календарно-плановые нормативы роторных линий. Оценка надежности роторных линий.

32. Понятие и отличительные особенности робототехнических

комплексов. Историческая эволюция робототехники.

33. Основные технико-экономические характеристики робототехнических комплексов.

34. Сущность и отличительные особенности гибких производственных систем. Основные виды гибкости производственных единиц.

35. Структура производственно-технологической и управленческой частей гибких производственных систем, основные разновидности и факторы эффективности использования гибких производственных систем.

Информационно-методическая часть

Основная литература:

1. Комков С. Ю. Производственный менеджмент: практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-26 02 02 «Менеджмент» днев. и заоч. форм обучения / С.Ю.Комков, Е. М. Карпенко. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 47 с.

2. Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учебно-методическое пособие. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 392с.

3. Новицкий Н.И. Основы менеджмента: организация и планирование производства / Н. И. Новицкий. – М.: Издательство "Финансы и статистика", 1998. – 208 с.

4 Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент): Учебник / Под ред. Ю.В. Скворцова. - М.: Высшая школа. 2003. – 470 с.

5. Организация производства на предприятии: пособие для студентов экон. специальностей днев. и заоч. формы обучения / авт.-сост.: Е. М. Карпенко, С.Ю. Комков. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. - 182 с.

6. Производственный менеджмент: лабораторный практикум для студентов экон. специальностей днев. и заоч. формы обучения / авт.-сост.: Е. М. Карпенко, С. Ю. КОМКОВ. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. - 85 с.

7. Производственный менеджмент: метод. Указания к курсовой работе для студентов специальности 1-26 02 02 «Менеджмент» днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост.: Е. М. Карпенко, С.Ю.Комков. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого. 2007. - 59 с.

8. Производственный менеджмент: Учебник / Под ред. В.А. Козловского. - М.: ИНФРА-М. 2003. – 574 с.

9. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для ВУЗов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. - 447с.

Дополнительная литература:

1. Кремнев Г.Р. Управление производительностью и качеством: 17-модульная программа для менеджеров "Управление развитием организации" Модуль 5. – М.: Инфра, 1999. – 312 с.

2. Монден Я. «Тоета»: методы эффективного управления. / Сокр. пер. с англ. - М.: Экономика, 1989. – 288 с.
3. Организация, планирование и управление машиностроительным производством; Учебное пособие / Под. общ. ред. Б.Н. Родионова. - М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
4. Пелих С.А., Гоев А.И. Операционный менеджмент: Учебное пособие. –Мн.: БГЭУ, 2001. – 182 с.
5. Соколицын С.А., Кузин Б.И. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: Учебник для ВУЗов. - Л.: Машиностроение, 1988. - 527с.
6. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник. - М: ИНФРА-М. 2002. – 672 с.
7. Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях. / Сокр пер. с англ. - М.: Экономика, 1990. – 272 с.

Содержание:

ТЕМА 1. Исходные положения производственного менеджмента	3
ТЕМА 2. Организация основного производственного процесса на предприятии	11
ТЕМА 3. Организация производственного процесса во времени	22
ТЕМА 4. Организация производственного процесса в пространстве	32
ТЕМА 5. Организация и управление поточным производством	41
ТЕМА 6. Организация и управление автоматизированным производством	53
Вопросы для самопроверки	70
Информационно-методическая часть	73

Подольская Оксана Александровна

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

**Курс лекций
по одноименной дисциплине для слушателей
специальности 1-59 01 01 «Охрана труда
в машиностроении и приборостроении»
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 27.03.14.

Рег. № 60Е.

<http://www.gstu.by>