

А.Д. КОРОБКИН
Б.В. ПРИЛЕПСКИЙ
А.И. КРИЧЕВСКИЙ

ИНТЕГРИРОВАННАЯ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЯМИ
НЕПРЕРЫВНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Д. КОРОБКИН,
Б. В. ПРИЛЕПСКИЙ,
А. И. КРИЧЕВСКИЙ

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный редактор д-р техн. наук
Н. Б. Мироносецкий



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск • 1983

Коробкин А. Д., Прилепский Б. В., Кричевский А. И. Интегрированная система управления предприятием непрерывного производства.— Новосибирск: Наука, 1983.

В монографии рассматриваются вопросы создания автоматизированной системы сбора, передачи и хранения информации, контроля и оперативного анализа производства, автоматизации производственных процессов посредством управляющих вычислительных комплексов. Структура и принципы разработки интегрированной многоуровневой АСУ обсуждаются на примере предприятий микробиологической промышленности.

Книга рассчитана на работников промышленных предприятий, разработчиков АСУ, специалистов в области управления производством.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсификация общественного производства, повышение эффективности экономики предполагает совершенствование методов управления во всех звеньях народного хозяйства страны. Достижения научно-технического прогресса дают в руки исследователей, хозяйственных руководителей разнообразные экономико-математические методы оптимального планирования и управления, современные средства вычислительной техники, включая ЭВМ третьего поколения, мини-и микроЭВМ и т. д. Эти средства являются основой создания автоматизированных систем организационно-экономического (АСУП) и технологического (АСУТП) управления предприятиями различных отраслей народного хозяйства. Вопросы построения АСУП предприятий с дискретным характером производства в настоящее время исследованы достаточно глубоко и представлены обширным количеством публикаций. Создание же АСУ на предприятиях с непрерывным и периодическим характером производства, особенно интегрированных, организационно-технологических систем встречает ряд трудностей из-за недостаточных исследований по комплексному анализу задач, методов и принципов создания таких систем.

В различных отраслях народного хозяйства, таких как пищевая, целлюлозно-бумажная, микробиологическая, медицинская промышленность, производство имеет ряд специфических особенностей по ведению технологического процесса, способам воздействия на предметы труда; однако есть и много общих принципов в планировании, управлении и анализе производства, учете ресурсов, построении организационной структуры управления предприятиями и т. д. Поэтому авторы, рассматривая вопросы создания интегрированных систем управления на предприятиях микробиологической промышленности, полагают, что принципы построения АСУ для микробиологических производств могут быть с успехом применены и для предприятий непрерывного и периодического характера производства других отраслей народного хозяйства страны.

С общесистемных позиций наиболее важным в создании АСУ являются вопросы декомпозиции системы управления на составляющие элементы, определение функций управления по каждому элементу, выявление критериев и ограничений и на этой основе созда-

ние системы взаимодействия этих элементов по иерархическим уровням, выявление прямых и обратных связей между ними. В публикациях, относящихся к микробиологической промышленности, эти вопросы занимают весьма скромное место. Целью настоящей работы является исследование процессов организационно-экономического и технологического управления предприятиями непрерывного и периодического типа производства (на примере микробиологического предприятия) в едином контуре управления, выявление иерархических уровней управления и на этой основе разработка подхода к созданию комплексной интегрированной АСУ микробиологическим предприятием.

Одним из путей повышения эффективности работы предприятий микробиологического производства является применение экономико-математических методов и вычислительной техники в рамках интегрированной автоматизированной системы управления предприятием, охватывающей в едином контуре управление технологическими процессами и организационно-экономическое управление на предприятии. Основными источниками эффективности являются:

- совершенствование планирования и управления производством на всех уровнях;

- выявление и использование внутрипроизводственных резервов; совершенствование системы управления технологическими процессами;

- прогнозирование технико-экономических результатов деятельности предприятия и более рациональное использование ресурсов (материальных, трудовых, энергетических);

- выявление узких мест посредством создания балансовых методов контроля и анализа результатов производственной деятельности;

- механизация и автоматизация трудоемких производственных процессов, изменение структуры трудовых ресурсов.

Для решения этих проблем необходимы, во-первых, автоматизация технологических процессов посредством управляющих вычислительных комплексов; во-вторых, создание автоматизированной системы сбора, передачи, представления и хранения информации для учета, контроля и оперативного анализа производства; в-третьих, создание системы оптимального планирования и управления производством на всех уровнях на основе экономико-математических методов и средств вычислительной техники.

Микробиологическое производство имеет ряд специфических особенностей, таких как многозвенность производственных структур с последовательным и параллельным соединением агрегатов большой единичной мощности, наличием связей материальных и энергетических потоков, множество различных механических, тепловых, биохимических, микробиологических процессов, протекающих непрерывно или периодически, сложная и вероятностная природа микробиологического синтеза, существенное влияние качества сырья и материалов на объем выпускаемой продукции, требование асептики производства и т. д. Указанные выше особенности предъявляют определенные требования к созданию автоматизированной системы управления в ча-

сти функций и структур управления, математического, информационного и технического обеспечения. Исходя из особенностей производства для решения указанных выше проблем, целесообразно придерживаться таких принципов создания системы, которые обеспечат органическое сочетание функций по управлению технологическими процессами и организационно-экономическое управление предприятием. Таким принципам построения системы наиболее полно удовлетворяет АСУ «Сигма», которая и послужила основой для разработки интегрированной многоуровневой АСУ микробиологическим предприятием.

Излагаемые результаты отражают опыт многолетней работы авторов по созданию АСУ, современный подход и перспективные направления применения экономико-математических методов и ЭВМ в управлении предприятиями микробиологического производства, в повышении эффективности их работы.

Рассматриваемые в работе вопросы создания интегрированных систем опираются на результаты исследований таких ученых, как Г. И. Марчук, А. Г. Аганбегян, Л. В. Канторович, И. М. Бобко, Н. Б. Мироносцевский, В. Н. Щукин и др.

Основным отличием книги от ранее опубликованных является то, что вопросы создания АСУ на предприятиях непрерывного и перерывного характера производства рассматриваются не как система организационно-экономического управления, охватывающая вопросы экономического характера, а как комплексная система оптимального планирования, управления и анализа производства, включая оперативное управление (оперативные планы-графики производства, оперативные карты ведения технологического процесса) и управление технологическим процессом, удовлетворяющих единому для данного предприятия критерию оптимальности.

В книге подробно рассмотрены особенности управления предприятием микробиологической промышленности, выявлены иерархические уровни и определены функции управления каждого уровня, предложены информационные модели управления (объекты управления и информационно-управляющий орган), методы представления, агрегирования информации о процессе производства, использовании ресурсов, нормативных данных и управляющих воздействий. Эти модели и схемы управления явились основой для построения интегрированной АСУ предприятием. Показано, что управление процессом производства в условиях АСУ осуществляется в обобщенном контуре управления. Основой иерархической АСУ является единая информационная база с заданными уровнями ее агрегирования.

Большое внимание в книге уделено экономико-математическим моделям производственного планирования и управления. Рассмотрены пути адаптации известных методов и моделей к условиям микробиологического производства, а также предлагаются новые методы и модели, связанные с построением оптимальных напряженных планов, с расшивкой узких мест, определением внутривыпускных ресурсов, моделированием взаимосвязей технико-экономических и технологических показателей. Подробно рассмотрен математический

аппарат, позволяющий учитывать в моделях планирования и управления стохастические факторы и воздействия. Предложены методы анализа, описания и моделирования случайных воздействий, рассмотрены вопросы построения статистических имитационных моделей, показано их место в условиях интегрированной системы управления производством.

Исследования, результаты которых представлены в книге, выполнены в творческом сотрудничестве с коллективами Вычислительного центра, Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР, Новосибирского института народного хозяйства и рядом других организаций. Авторы искренне признательны этим коллективам за участие в разработке излагаемых проблем.

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность академику Г. И. Марчуку, академику А. Г. Аганбегяну, доктору технических наук, профессору И. М. Бобко за внимание к работе, признательны научному редактору книги доктору технических наук, профессору Н. Б. Мироносецкому.

Работа над книгой была распределена между авторами следующим образом: Б. В. Прилепский — гл. 1 и 5 (§ 1.3 подготовлен при участии А. И. Кричевского и В. П. Дарагана, § 5.2 — В. П. Дарагана, § 5.3 — В. П. Дарагана и Е. Б. Полякова); А. Д. Коробкин — гл. 2 и 3 (§ 2.1 и 3.1 написаны совместно с Б. В. Прилепским; § 2.3 — с В. М. Левченко, § 3.3 — с Ю. М. Михайленко); А. И. Кричевский — гл. 4.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

§ 1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Современное промышленное предприятие со сложным технологическим процессом, каким является микробиологическое предприятие, предъявляет высокие требования к обеспечению ресурсами соответствующего качества, согласованности (по времени и месту) проведения совокупности технологических процессов, а отсюда — ко всей системе управления, реализующей функции планирования, организации и управления производственным процессом на всех уровнях и стадиях, начиная с контроля качества поступающего сырья, его рационального использования и кончая стадией контроля и реализации готового продукта. В системе должен быть предусмотрен и реализован автоматизированный оперативный контроль и управление технологическими процессами, организационно-экономической деятельностью и качеством продукции, экспресс-анализ состояния производства и технико-экономических показателей с целью выявления и оперативного использования внутрипроизводственных резервов.

В связи с этим остро встает проблема повышения оперативности и достоверности производственной информации, более точного прогнозирования результатов деятельности предприятия, рационального использования ресурсов — материальных, трудовых, энергетических.

Для решения этих задач необходимо, во-первых, создание системы оптимального планирования и управления на основе экономико-математических методов и средств вычислительной техники; во-вторых, создание автоматизированной системы сбора, передачи, представления и хранения производственной информации для учета, контроля и оперативного анализа производства; в-третьих, автоматизация технологических процессов посредством управляющих вычислительных комплексов.

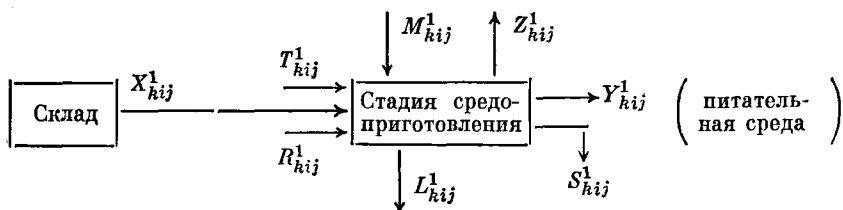
Это может быть достигнуто путем создания на предприятии различных автоматизированных систем управления (АСУ): автоматизированной системы управления производством, автоматизированной системы управления технологическими процессами, автоматизированной системы управления качеством и т. д. Однако проблема повышения оперативности, гибкости и качества управления производством не будет решена, если эти системы не будут связаны между собой. Следовательно, необходима интегрированная система управления,

при разработке которой должны быть учтены особенности конкретного производства, структура и функции.

Для микробиологического предприятия характерна многозвенность производственных структур с последовательным и параллельным соединением агрегатов большой единичной мощности, наличием обратных связей материальных и энергетических потоков, большое количество различных видов процессов, протекающих непрерывно или периодически, сложная и вероятностная природа микробиологического синтеза.

Предприятия микробиологической промышленности, специализирующиеся на производстве препаратов микробиологического синтеза, имеют типовую технологию основного производства: приготовление питательной среды, микробиологический синтез (стадия ферментации), концентрирование культуральной жидкости, сушка, стандартизация и упаковка готовой продукции. В зависимости от биологической природы продуцента и требований к технологическому регламенту состав оборудования на каждой стадии может меняться. В целом производственный процесс на технологической линии осуществляется посредством биохимических, микробиологических, физико-химических воздействий на предмет труда (исходное сырье) с целью получения готового продукта с заданными свойствами. Основу технологического процесса составляет микробиологический синтез целевого продукта в специальном оборудовании — в аппаратах большой единичной мощности.

Процесс производства микробиологической продукции включает несколько стадий. Первая из них, стадия средоприготовления, основная задача которой — готовить из исходного сырья питательные среды для микробиологического синтеза целевого продукта. Модель этой стадии можно представить следующим образом:



Питательную среду готовят в специальных технологических установках, а потом стерилизуют на установках непрерывной стерилизации. Поскольку качество целевого продукта в значительной степени зависит от исходного сырья, каждая партия проверяется в биохимической лаборатории, где дается окончательное заключение о пригодности этой партии и возможности ее использования в производстве. Дело в том, что биохимический состав и физико-химические свойства, хотя и соответствуют ГОСТу, имеют разброс значений в допустимых пределах.

На стадии подготовки питательных сред наряду с технологическими установками действуют также транспортные и складские уста-

новки, однако, проходя через них, сырье не претерпевает никаких изменений. Производственные склады как бы создают условия бесперебойной работы технологических и транспортных установок, т. е. способствуют относительной независимости производства от поставок сырья.

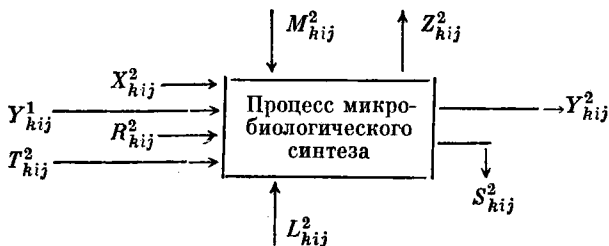
Для планирования производства представляет интерес величина входных и выходных потоков в технологических установках. Наряду с ними большое значение представляет запас сырья на складе. Дело в том, что материалоемкость продукции микробиологической промышленности достаточно высока и наличие излишних запасов сырья на складах неизбежно ухудшает экономические показатели производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Вместе с тем при достаточном запасе можно оперировать биохимическим составом сырья для производства определенных продуктов. Производя предварительный биохимический анализ сырья и зная зависимости между составом сырья и ходом процесса микробиологического синтеза, можно выбрать сырье, наиболее соответствующее производству конкретных видов продукции, что приведет к улучшению технико-экономических показателей, в результате эффект определенно превысит дополнительные затраты, связанные с увеличением запасов сырья на складах предприятия.

Доставка сырья к месту его использования осуществляется автомобильным транспортом. Расходы на его содержание составляют до 6% издержек на производство продукции.

Чтобы технологический процесс на стадии средоприготовления был организован наиболее рационально, необходимо осуществлять в едином комплексе планирование потребности сырья и материалов, оперативно-календарное планирование и управление процессов подготовки производства, включая управление технологическими режимами, ввести систему бестарного хранения в бункерах сыпучего сырья, автоматизацию процессов передачи сырья и подготовки питательных сред для продуктов согласно плану-графику производства.

Следующей стадией технологического процесса является микробиологический синтез. Он осуществляется в аппарате-ферментере, где происходит процесс культивирования микроорганизмов. Технологический процесс выращивания культуры включает в себя следующие операции: подготовку ферментера к приему питательной среды; прием питательной среды; посев культуры; ведение режима ферментации по технологическому регламенту.

Дадим модель стадии микробиологического синтеза:



Здесь $\{Y_{kij}^1\}$ — вектор входного потока, определяющий количественные и качественные показатели питательной среды ($k=1$), где $i=1, 2, 3, 4$ — объемные биохимические, физико-химические и микробиологические показатели питательной среды; при $i=1$ $j=1, 2, 3$ — количество питательной среды, количество воды в объеме питательной среды, количество k -го компонента в общем объеме питательной среды; при $i=2$ $j=1$ — увеличение рН среды; $j=2, 3, 4$ — содержание аминного азота, крахмала и фосфора; при $i=3$ $j=1$ — температура питательной среды; при $i=4$ $j=1$ — стерильность питательной среды; $j=2$ — отсутствие или наличие посторонней микрофлоры;

$\{X_{kij}^2\}$ — вектор потока ресурсов, потребляемых на стадии, где $k=1$ — поток пеногасителя, $k=2$ — то же, гидролизата крахмала, $k=3$ — поток посевного материала, $k=4, 5 \dots$ — поток прочих ресурсов, потребляемых на стадии (содержание оборудования, содержание лабораторий, охрана труда, транспортные расходы и т. д.); $i=1$ — количественные показатели пеногасителя; $i=2$ — временные показатели; $i=3$ — микробиологические показатели пеногасителя; при $i=1$ $j=1$ — количество пеногасителя на 1 операцию, $j=2$ — количество пеногасителя, израсходованное за смену, $j=3$ — количество пеногасителя, израсходованное за сутки; при $i=2$ $j=1, 2, 3$ — время подачи пеногасителя за 1 операцию, за 1 месяц, за 1 сутки; при $i=3$ $j=1$ — стерильность пеногасителя;

$\{R_{kij}^2\}$ — вектор потока энергоресурсов, потребляемых на стадии, где $k=1, 2, 3, 4$ — теплоэнергия (пар), электроэнергия, вода и воздух; $i=1$ — количественные показатели; $i=2$ — физико-химические параметры k -го ресурса; $j=1, \dots, J_{ik}$ — индексы величин показателей i -го типа у k -го потока;

$\{M_{kij}^2\}$ — вектор потоков управляющих воздействий на процесс, где $k=1$ — воздействия на процесс, производимые автоматически; $k=2$ — воздействия, производимые обслуживающим персоналом; $i=1, 2, 3, 4$ — временные воздействия, физические, биохимические и микробиологические воздействия; $i=1(1)$, J_{ik} — индексы величин показателей i -го типа воздействия у k -го потока воздействий;

$\{Z_{kij}^2\}$ — вектор потоков внутреннего состояния процесса, где $k=1$ — потоки, определяемые автоматически; $k=2$ — потоки, определяемые производственным персоналом; $k=3$ — потоки, определяемые методом лабораторного анализа; $i=1, \dots, 6$ — временные параметры, расходные, физические, биохимические, микробиологические параметры технического состояния оборудования; $j=1(1)$, J_{ik} — индексы величин показателей i -го типа параметров у k -го потока внутренних состояний;

$\{L_{kij}^2\}$ — вектор потоков возмущающих воздействий, где $k=1$ — внешние воздействия, $k=2$ — внутренние воздействия; для $k=1$ $i=1$ — группа факторов по несоответствию параметров энергоресурсов требованиям регламента, $i=2$ — по низкому качеству посевного материала; $i=3$ — по несоответствию параметров сырья

требованиям регламента; для $k = 2$ $i = 1$ — погрешность контрольно-измерительных приборов и неточность лабораторного анализа биохимических и микробиологических параметров процесса; $i = 2$ — ошибки производственного персонала при принятии решений по управлению процессом; $i = 3$ — несовершенство системы авторегулирования параметров процесса; $j = 1(1)J_{ik}$ — индексы величин факторов i -й группы в k -м потоке возмущающих воздействий;

$\{Y_{kij}^2\}$ — вектор выходного потока, определяющий количественные, качественные показатели культуральной жидкости ($k = 2$), где значения i, j аналогичны соответствующим значениям вектора входного потока Y_{kij}^1 . Кроме того, $i = 5$ обозначает технологические показатели культуральной жидкости, где $j = 1(1)J_{ik}$ — значения технологических показателей;

$\{S_{kij}^2\}$ — вектор потоков отходов и потерь на стадии микробиологического синтеза, где $k = 1$ — потери при нормальном протекании технологического процесса; $k = 2$ — потери при фаговой операции (брак производства); $i = 1$ — энергетические потери; $i = 2$ — потери сырья и материалов; $i = 3$ — трудовые потери; $i = 4$ — простои оборудования; $j = 1(1)J_{ik}$ — индексы величин потерь ресурса i -го типа в k -м потоке потерь;

$\{T_{kij}^2\}$ — вектор потоков трудовых ресурсов, где $k = 1, 2, 3$ — основные производственные рабочие, обслуживающий персонал, ИТР; $i = 1(1)T_h$ — номенклатура профессий и должностей работников; $j = 1(1)J_{ik}$ — индексы количественных значений показателей i -й профессии (должности) в k -й группе трудовых ресурсов.

Процессы культивирования микроорганизмов имеют много общего с химико-технологическими операциями и могут быть классифицированы по механизмам реакций, протекающих при превращении сырья в конечный продукт. Сюда входят восстановление, простое и комплексное окисление, потребление субстрата, трансформация, гидролиз, сложный биосинтез и выращивание клеток. Моделирование этих процессов до сих пор остается скорее эмпирическим. Не касаясь вопросов о существовании и внутренней структуре моделей микробиологического синтеза, рассмотрим связи между основными переменными процесса, ограничения на процесс, критерии оптимальности, связи между основными переменными в динамике.

Управление технологическими процессами, протекающими в аппаратах, предусматривает стабилизацию физико-химических процессов посредством системы автоматического регулирования таких параметров, как давление, температура, расход воздуха. Выбор заданий для регуляторов должен обеспечивать наилучшее в определенном смысле ведение технологического процесса. Обычно величины этих заданий предусматриваются технологическим регламентом. Так как микробиологический синтез имеет вероятностную природу, то в зависимости от биохимии среды, состояния роста культуры необходимо оперативно вносить корректировки в ход технологического процесса. Такую корректировку обеспечивает аппаратчик под руководством сменного мастера и микробиолога посредством добавки в аппарат не-

обходимых компонентов для выведения рН, уменьшения уровня пены в аппарате и т. д.

Внедрение математических методов в моделирование технологических процессов с последующей оптимизацией открывает возможность установить режим аппарата на основе заданий, поступающих от высшей по рангу системы. Итак, управление технологическим процессом на стадии ферментации можно представить в виде передаточных функций, определяемых как

$$M_{kij}^2 = f_2(Z_{kij}^2),$$

т. е. определение однозначной зависимости внутреннего состояния процесса от управляющих воздействий.

Модель стадии микробиологического синтеза позволяет определять различные технологические и технико-экономические характеристики аппаратов на этой стадии. Так, в частности, можно определить величину затрат на производство:

$$C = X_{kij}^2 \Pi X_{ki}^2 + R_{kij} \Pi R_{ki}^2 + Z^2 + \Pi p,$$

где X_{kij}^2 — материальные ресурсы, потребляемые на стадии;

ΠX_{ki}^2 — оптовая цена материального ресурса k -го типа;

R_{kij} — энергетические ресурсы;

ΠR_{ki}^2 — оптовая цена i -го энергоресурса k -го типа;

Z^2 — заработная плата производственных рабочих;

Πp — прочие расходы (в том числе цеховые расходы и расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, отнесенные на стадию микробиологического синтеза).

Величина общего количества культуральной жидкости, полученной на этой стадии, равна

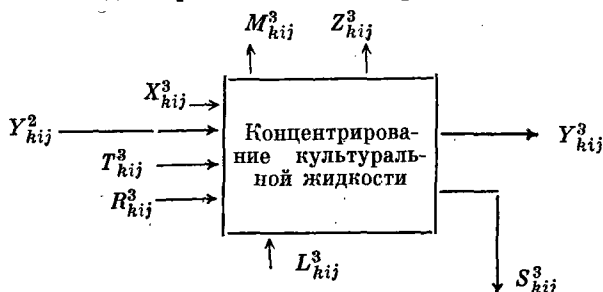
$$A = Y_{1,1,1}^2 Y_{1,5,1}^2,$$

где $Y_{1,1,1}^2$ — общий объем полученной культуральной жидкости;

$Y_{1,5,1}^2$ — активность культуральной жидкости.

Аналогично могут быть получены величины продолжительности подготовки аппаратов за смену, сутки, месяц; продолжительности ферментации; коэффициент заполнения аппарата; съём с 1 операции.

На стадии концентрирования культуральной жидкости происходит процесс частичного удаления влаги путем различных механизмов воздействия на культуральную жидкость (сепарирование, вакуум-выпаривание и т. д.). Приведем модель процесса на этой стадии:



Здесь Y_{kij}^2 — вектор определяющий количественные, качественные показатели поступающей культуральной жидкости;

X_{kij}^3 — вектор материальных ресурсов;

R_{kij}^3 — вектор энергоресурсов;

M_{kij}^3 — вектор управляющих воздействий на процесс;

Z_{kij}^3 — вектор внутреннего состояния процесса;

L_{kij}^3 — вектор возмущающих воздействий;

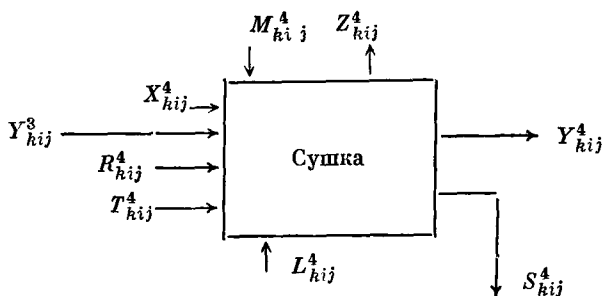
Y_{kij}^3 — вектор, определяющий количественные, качественные показатели концентрированной культуральной жидкости на выходе;

T_{kij}^3 — вектор трудовых ресурсов;

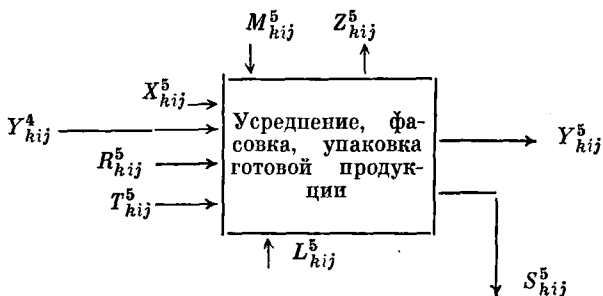
S_{kij}^3 — вектор отходов и потерь на этой стадии.

Процесс носит детерминированный характер и средствами авто-регулирования можно добиться оптимального его режима.

На стадии сушки посредством температурных воздействий удаляются остатки влаги из культуральной жидкости и получается сухой концентрат продукта. Влажность готового концентрата не должна превышать 5—8%. Процесс детерминированный, поддается автоматическому управлению и регулированию. Модель процесса:



И, наконец, на стадии усреднения и фасовки сухой концентрат доводится до требуемых по ГОСТу или ТУ параметров посредством добавки наполнителя. Затем он фасуется и упаковывается. Модель процесса:



В общем виде структуру технологического процесса можно представить в виде линейной схемы (рис. 1), на входе которой име-

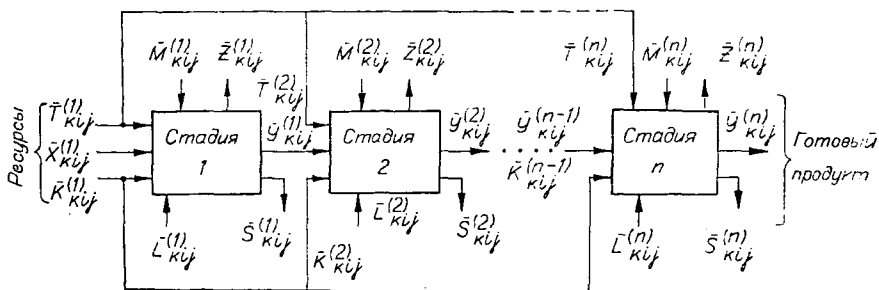


Рис. 1.

ем векторы $x = \{x_{kij}^m\}$ — потоков материальных ресурсов; $\bar{R} = \{R_{kij}^m\}$ — потоков энергоресурсов; $\bar{T} = \{T_{kij}^m\}$ — потоков трудовых ресурсов, где m — стадия технологического процесса, $m = 1(1)M$; k — вид потока, $k = 1(1)k^m$; i — номер группы однотипных показателей k -го потока, $i = 1(1)I_k$ (I_k — количество типов показателей у k -го потока); j — номер показателя в i -й группе для k -го ресурса, $j = 1(1)J_{ik}$ (J_{ik} — количество показателей i -го типа в k -м потоке).

На выходе каждой стадии представлены потоки полупродуктов (или готовой продукции) — вектор $\bar{y} = \{y_{kij}^m\}$ и потоки отходов и потерь — вектор $\bar{S} = \{S_{kij}^m\}$. Внутреннее состояние процесса описывается вектором $\bar{Z} = \{Z_{kij}^m\}$, управляющие воздействия — вектором $\bar{M} = \{M_{kij}^m\}$ и возмущающие воздействия на процесс — вектором $L = \{L_{kij}^m\}$.

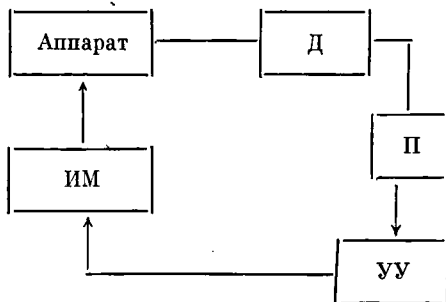
Эта модель в формализованном виде описывает процесс производства препаратов микробиологического синтеза и помогает наглядно представить информационные потоки на предприятии. На основе информации о внутренних состояниях процессов (вектор Z_{kij}^m) и соответствующего набора значений управляющих воздействий (вектор M_{kij}^m) можно формализовать процесс управления производством.

§ 1.2. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Как видно из описания технологического процесса производства продукции, каждая его стадия выполняется в аппарате или в группе однотипных аппаратов, связанных материальными и энергетическими коммуникациями. Конструктивно аппараты выполнены в соответствии с целевым назначением. Так, на стадии приготовления питательных сред используются емкости, смесители различной единичной мощности с устройствами для нагрева и перемешивания среды. Для проведения процесса микробиологического синтеза используется специально сконструированный аппарат — ферментер емкостью 15—63 м³ и более. Для процесса концентрирования культу-

ральной жидкости используются сепараторы, вакуум-выпарные установки и т. д. Аппараты на стадиях, как правило, технологически не связаны по выходу, но имеют общие входы для приема питательной среды или полупродукта с предыдущих стадий. На одних и тех же аппаратах возможен выпуск различных продуктов в течение планового периода (месяца). Таким образом, задача управления состоит не только в том, чтобы обеспечить выпуск определенного количества продукции на каждом аппарате или группе аппаратов в установленной номенклатуре, но и добиться стабилизации технологических параметров в соответствии с регламентом.

В общем виде схема управления на уровне аппарата может быть представлена следующим образом:



От датчика Д сигнал поступает на преобразователь П и далее в устройство управления УУ, где определяется степень рассогласования между фактическим значением параметра и регламентным. В случае рассогласования вырабатывается сигнал, который поступает на исполнительный механизм ИМ, устраняющий это рассогласование.

Для определения физико-химических параметров процесса используются автоматические датчики, для биохимических и микробиологических параметров — лабораторный контроль. Так, если измерение таких показателей, как температура, давление, расход воздуха, поступление некоторых материальных ресурсов производится автоматически, то и поддержание значений этих показателей в пределах регламента может быть выполнено автоматически. В этих условиях в функции человека, как элемента управляющего устройства, входит контроль и регистрация этих параметров.

Регулировка и управление другой группой параметров, таких как биохимический состав среды, отсутствие посторонней микрофлоры, морфологическое состояние культуры и т. д., определяемых лабораторным путем, производится человеком посредством управляющих воздействий на исполнительные механизмы для перераспределения материальных потоков, энергии и т. д. Таким образом, задачу управления на уровне аппарата можно определить как

$$\overline{M}_{kij}^m = f(Z_{kij}^m) = 0.$$

Увеличение числа контролируемых параметров, требования поддержания этих параметров в строго ограниченных пределах, необходимость оперативного влияния на процесс в условиях усложнения функций управления приводит к необходимости создания специализированных устройств управления отдельными аппаратами.

Чтобы планировать производство, необходимо установить нормативные характеристики. На уровне аппарата это — производительность, т. е. количество перерабатываемого полупродукта в единицу времени, либо производственная мощность — допустимая производительность, так как, вообще говоря, производительность аппарата зависит не только от ее внутренних характеристик, но и от работы остальных аппаратов, качества сырья, энергоресурсов и т. д. Процессы, проходящие в аппарате, периодически повторяются, поэтому технологическое оборудование необходимо после каждой операции проверять, устранять неисправности, ремонтировать, т. е. необходимо осуществлять функции технологического обслуживания. Следовательно, нужны нормативы на техническое обслуживание, нормы расхода материальных ресурсов на проведение ремонтных работ. Уменьшение времени подготовки аппаратов и времени проведения планово-предупредительного ремонта увеличивает пропускную способность аппарата.

Вся технологическая, нормативная, плановая и учетная информация регистрируется в соответствующих документах. Информация может регистрироваться автоматически (температура, давление в аппарате, расход воздуха, кислотность среды pH и т. д.) или в различных документах, выдаваемых лабораториями, или в журналах оперативного учета и рабочих листках, оформляемых производственным персоналом.

Таким образом, функции, обеспечивающие проведение технологического процесса на уровне аппарата, будут следующие:

Аппаратчик

- Подготовка аппарата
- Контроль и регулирование параметров процесса
- Регистрация информации о процессе
- Контроль за состоянием материальных ресурсов
- Учет расхода материальных ресурсов

Производственно-технический отдел

- Установление нормативных и плановых показателей процесса

Лаборатория

- Определение фактических значений показателей полупродукта

Служба механика, КИПиА

- Обеспечение технического обслуживания аппарата

Энергетик

- Обеспечение энергоресурсами

Биохимик

- Биохимический анализ среды

Микробиолог

- Микробиологический анализ среды

Модель системы на этом уровне может быть представлена как совокупность параметров на входе, выходе, управляющих и возму-