

Лекция 10.

Модуль 2. Модели и методы решения задач планирования Производственных процессов. 2.1. Математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования

Результатом реализации функции планирования является создание системы планирования на предприятии. Системы планирования организаций совершенствовались в течение многих лет по мере того, как росло понимание важности внешних перемен. Главная задача первых систем планирования – управление издержками. Современная экономическая ситуация с возрастающей глобализацией рынков капитала, обостряющей конкуренцию за инвестиционный капитал; с ростом стоимости предприятия как основным критерием выбора инвесторов диктует необходимость создания системы планирования, ориентированной на повышение стоимости предприятия.

Система планирования понимается как целенаправленная совокупность процессов планирования и контроля, между которыми существуют специфические связи – это результат объединения всех существующих процессов планирования и контроля, направленных на повышение стоимости предприятия за счет интеграций всех функций менеджмента в единую систему управления в реальном времени.

Спланировать деятельность предприятия – это значит составить план его функционирования и развития и в дальнейшем контролировать выполнение этого плана.

На предприятии действует система взаимосвязанных планово-экономических показателей и механизмов, определяющих конечный результат производственно-финансовой и социально-трудовой деятельности организации.

Таблица 1

Классификация планов

Критерий классификации	Вид плана
I. По содержанию	1. Стратегический. 2. Тактический. 3. Оперативный. 4. Бизнес-план
II. По срокам	1. Долгосрочный. 2. Среднесрочный. 3. Краткосрочный
III. По объектам	1. Государственные, в том числе республиканские, региональные, областные, муниципальные. 2. Внутрифирменный
IV. По сферам функционирования	1. Производственный план. 2. План НИОКР. 3. План материально-технического снабжения. 4. План маркетинга. 5. План по сбыту. 6. Финансовый план. 7. Инвестиционный план. 8. План по труду и заработной плате

Для создания и успешного функционирования системы планирования на предприятии должны быть определенные ресурсы:

- Кадровые, т.е. готовность руководства управлять предприятием в рамках системы планирования, на основе четко сформулированных корпоративных целей и принципов управления.
- Организационные, т.е. наличие оптимальной организационной структуры предприятия.
- Информационные – наличие прогнозно-аналитической системы для осуществления мониторинга, анализа и прогнозирования динамики развития внешней среды.
- Финансовые – наличие финансовых средств для создания и функционирования системы планирования.
- Материальные – наличие необходимых основных и оборотных средств для непрерывного и успешного функционирования системы планирования.
- Инновационные – готовность и способность менеджмента к инновационным решениям.

Организационная структура отдела производственного планирования и контроля крупного предприятия представлена на рис. 1.

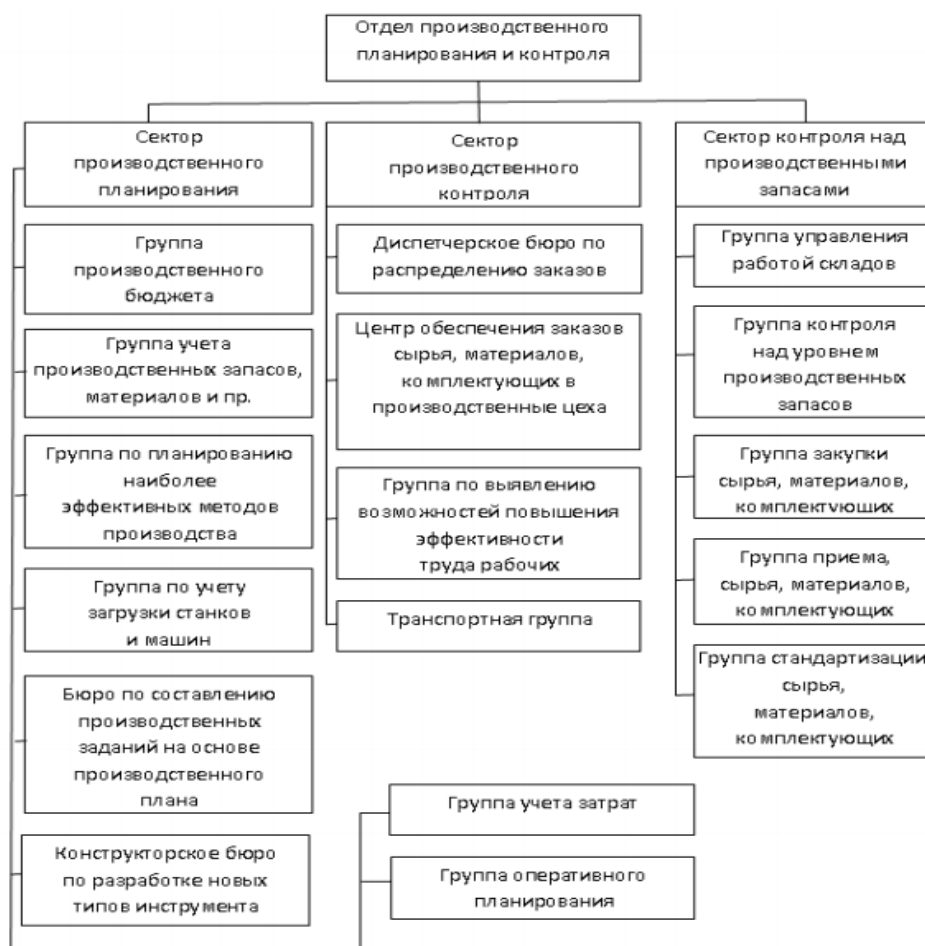


Рис. 1. Организационная структура отдела производственного планирования и контроля крупного предприятия

Концепцию кибернетической организации желательно использовать как для вновь проектируемых, так и действующих химических производств, общую задачу их кибернетической организации можно представить состоящей из двух взаимосвязанных задач:

- задачи синтеза химических производств с учетом требований оптимального функционирования;
- задачи оптимального функционирования химических производств.

Взаимосвязи между задачами кибернетической организации МАХП представлены на рис. 2. Каждый класс задач синтеза и оптимального функционирования выдвигает свои объективные требования к проектируемым и действующим многоассортиментным химическим производствам. Это учитывается выбором соответствующих критериев и анализом конкретных производственных (или производственно-экономических) ситуаций.

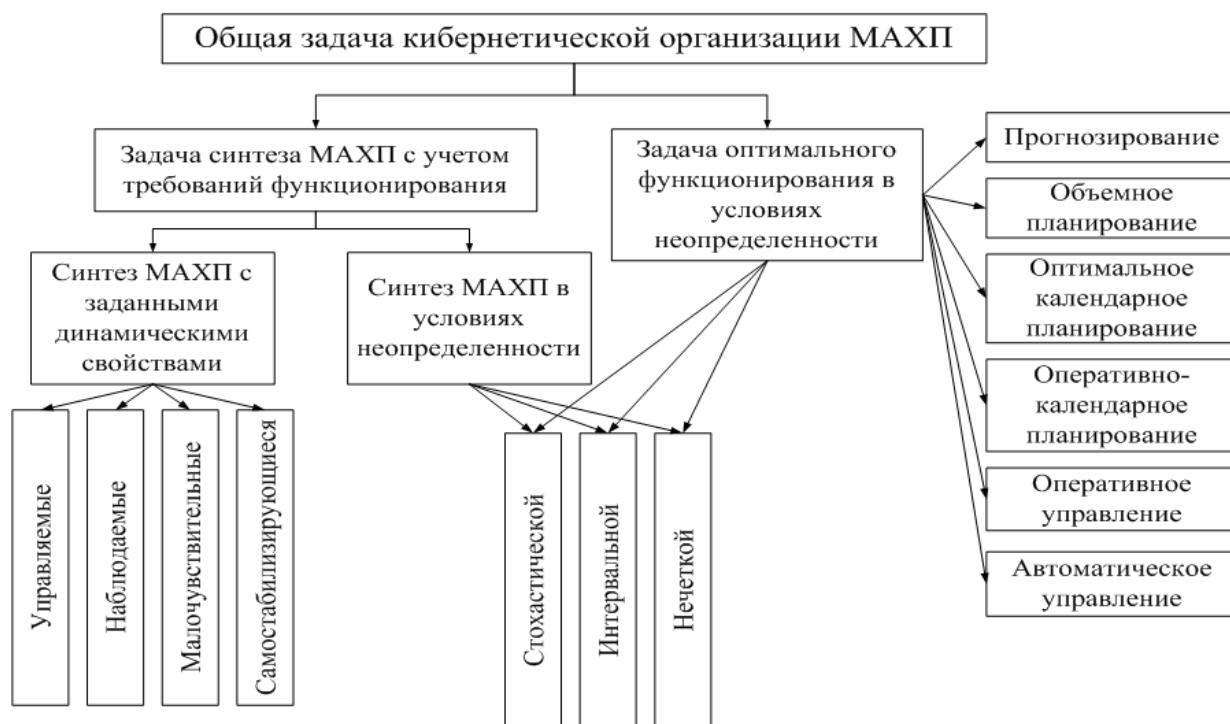


Рис. 2. Взаимосвязи между задачами кибернетической организации МАХП

Прогнозирование – это научно обоснованное предположение о ходе развития системы, которое является основой для разработки перспективных планов. Прогнозы носят вероятностный характер и, в отличие от планов, не определяют путей и средств осуществления намеченных целей. Они способствуют повышению уровня преимственности, обоснованности, рациональности и реальности планов. При разработке прогнозов используются методы математического моделирования, экстраполяции и др. Цель прогнозирования – оценка внутренних слабых и сильных сторон фирмы, её будущих возможностей, адаптации к изменяющейся внешней среде, а так же оценка перспективного развития внешней среды организации по различным направлениям и уровням: экономики страны в целом, региона, отрасли; рынков, деятельность которых отвечает интересам данной фирмы.

Долгосрочное планирование основывается на том, что технико-экономические показатели производственно-хозяйственной деятельности фирмы на будущий период можно установить, используя метод экстраполяции, т. е. продолжения ряда ранее достигнутых показателей на будущее по выявленной закономерности.

Система управления производством состоит из ряда иерархических взаимосвязанных уровней (рис. 3). Взаимосвязь этих задач определяется их соподчиненностью друг другу и соответствует принятой иерархии управления на предприятии.

На уровне перспективного прогнозирования работы предприятия ставятся разовые

задачи, имеющие частично субъективные модели развития производства, решения которых оцениваются совокупностью основных показателей работы производства. Руководство предприятия, принимающее решения на этом уровне, может использовать экспертную систему, учитывающую опыт и знания специалистов.

Для решения данных задач используются человеко-машинные системы, а формальная постановка задач большей частью сводится к многокритериальным задачам математического программирования [1].

На уровне объемного планирования рассматриваются интервалы работы производства порядка одного года и менее. При формализации задач объемного плана используют нормативные модели и условия работы производства. Если задачи приводятся к оптимальным постановкам, то критериями их являются различные технико-экономические показатели работы производств. Широкое распространение получили линейные модели производства, позволяющие использовать для решения оптимизационных задач объемного плана методы линейного программирования [1]. В ряде случаев для более точного учета существующей неопределенности значений отдельных ресурсов на планируемый период принимается вероятностный характер отдельных ограничений. Это приводит к формулировкам оптимизационных задач, решаемых методами стохастического программирования [1].

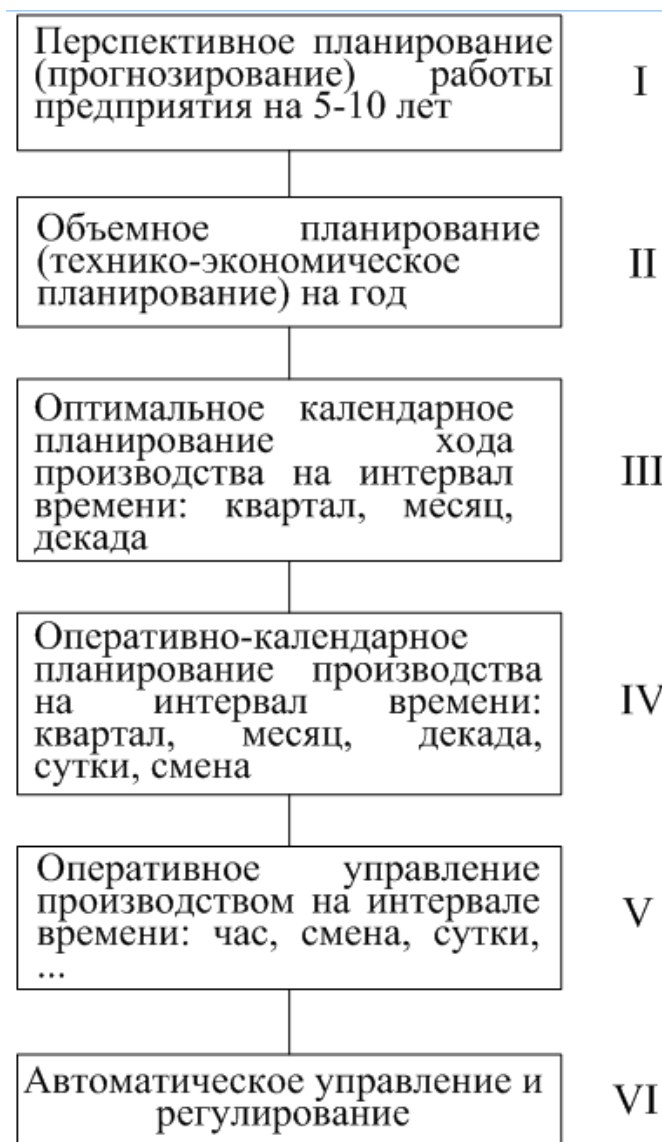


Рис.3. Иерархия задач планирования и управления многоассортиментными химическими производствами

Основным содержанием годового ТЭП является разработка комплекса взаимосвязанных планов по важнейшим направлениям деятельности фирмы (рис. 4). Эти планы определяют развернутую программу всей производственно-хозяйственной и социальной деятельности фирмы на планируемый период. В процессе разработки планов проводятся расчеты различных показателей производственной деятельности фирмы, устанавливаются сроки и ответственные исполнители, при необходимости корректируются величины ранее установленных норм и нормативов. Кроме планов функционального назначения, к годовому ТЭП относятся перспективные работы по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам, подготовка к освоению новых видов изделий и т. п. При разработке плана годового ТЭП учитываются планируемые организационно-технические нововведения, такие как: внедрение новой техники и технологии, снижение себестоимости, изменение номенклатуры продукции и другие аргументированные изменения в деятельности фирмы в течение всего периода.

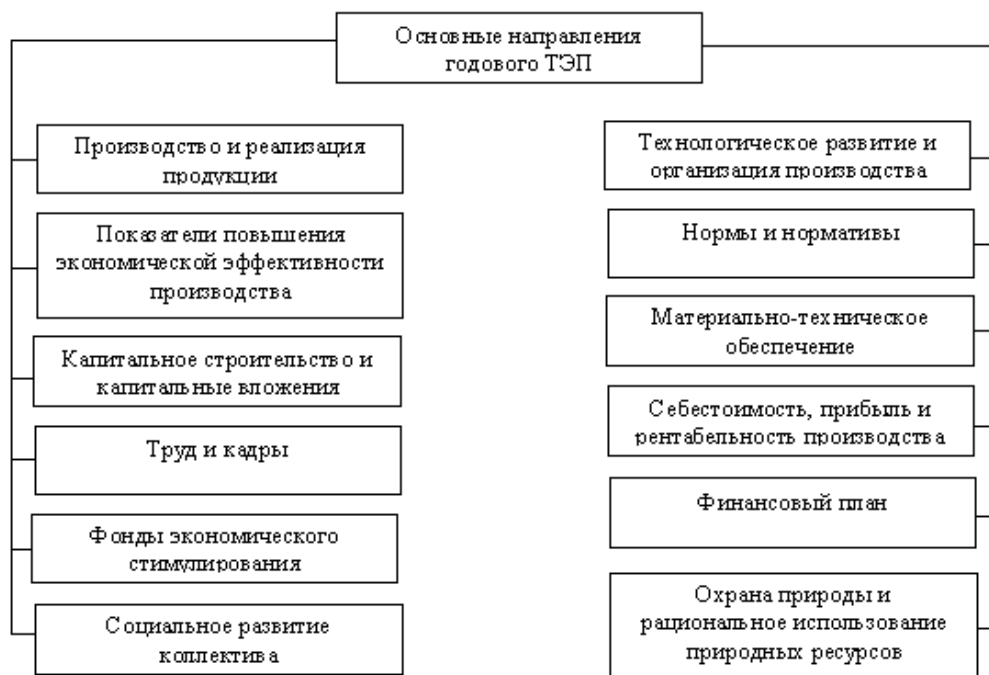


Рис. 4. Основные объекты долгосрочного ТЭП

На уровне оптимального календарного планирования определяется временная траектория работы производства. Если задачи календарного планирования ставятся как оптимизационные, то критериями являются либо минимизация отклонения основных показателей работы производства на конечной точке траектории от заданных объемным планом значений, либо (при выполнении заданного объемного плана) определенные технико-экономические показатели. При формализации указанных задач обычно используются те же модели, что и на уровне объемного планирования, а весь горизонт планирования разбивается на ряд дискретных интервалов. Одной из основных трудностей при решении задач календарного планирования является чрезвычайно большая размерность задач, пропорциональная числу интервалов, на которые разбивается горизонт планирования. Для компенсации этой особенности широко применяют приближенную аппроксимацию задачи с разделением горизонта планирования на два интервала (текущий интервал и все остальное время планирования) и решением ряда двухинтервальных задач.

На уровне оперативно-календарного планирования одновременно решаются задача календарного планирования и задача корректировки плана с учетом текущих низкочастотных возмущений на каждом такте планирования. При решении задач этого уровня необходимо учитывать модели технологического оборудования, структуру связей между технологическим оборудованием и емкостями различных стадии, текущие возмущения, переходящие уровни запасов в емкостях и ограничения на них.

Как правило, эти задачи формализуются в виде ряда линейных или нелинейных задач дискретного динамического математического программирования с постепенным

уменьшением размерности. В качестве критерия оптимизации могут выступать те же критерии, как и в задаче календарного планирования [2].

Для решения задач оперативного управления необходимо учитывать все конкретные особенности работы производства: текущие модели технологического оборудования, существующую на момент решения задачи структуру связи технологического оборудования и емкостей, имеющиеся запасы сырья, полуфабрикатов, готовых продуктов, текущие возмущения, известные ограничения на ресурсы. Автоматизированное решение этих задач представляет значительные сложности, обусловленные чрезвычайно большой размерностью задач, нелинейным характером моделей, требуемой оперативностью получения решений, существенной связью качества получаемого решения с полнотой, точностью и достоверностью текущей информации о ходе производства [3].

На уровне автоматического управления и регулирования происходит компенсация высокочастотных возмущений. При этом стабилизируются и оптимизируются режимы работы технологического оборудования. В задачах стабилизации минимизируются отклонения регулируемых показателей от их заданных значений. Для этого используются различные алгоритмы автоматического регулирования: стандартные ПИД-законы, активные и пассивные адаптивные регуляторы, управление на скользящих режимах, бинарные системы управления, регуляторы с перестраиваемой структурой, а также алгоритмы цифрового управления и нечеткие алгоритмы управления.

Словесная формулировка и математическая постановка задачи технико-экономического планирования

Задачи ТЭП формулируются и решаются, как задачи линейного программирования (ЗЛП).

ЗЛП – задачи, в которых математическая модель, система ограничений и критерий оптимизации записываются в линейном виде, относительно переменных решения задач.

В свою очередь ЗЛП могут быть:

1. Транспортные задачи;
2. Задачи об оптимальном раскрое материала;
3. Задачи составления расписаний;
4. Задачи распределения финансов.

При решении задачи ТЭП фигурируют ресурсы предприятия.

Ресурсами являются:

- Сырьевые и энергетические;
- Технические;

- Трудовые;
- Финансовые;
- Информационные;
- Интеллектуальные.

Основные этапы задачи ТЭП, как задачи ЗЛП:

1. Словесная постановка задачи;
2. Математическая постановка:
 - Запись математической модели системы и ограничений;
 - Запись критерия оптимизации;
 - Собственно постановка задачи ТЭП, как ЗЛП.
3. Решение задачи ТЭП.

Основные шаги формулирования задачи ТЭП, как задачи линейного программирования:

1. Выделить переменные решения задачи, значение которых нужно рассчитать
 $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n); j = \overline{1, n};$
2. Записать математическую модель и систему ограничений на имеющиеся ресурсы через переменные решения задачи, обозначив через b_i количество i -го ресурса; $i = \overline{1, m};$
3. Записать выражение для критерия с использованием переменных решения задачи;
4. Записать собственно постановку задачи ТЭП
 $x^* = \text{Arg max } R(X), x \in \tilde{x},$ где x^* – вектор оптимального значения, $\tilde{x}$ – область допустимых значений вектора x ;

Словесная формулировка и математическая постановка задачи календарного планирования

Существует 2 типа задач ОКП:

1 тип. Формируются как задачи ТЭП большой размерности, в этом случае весь горизонт планирования T разбивается на ряд интервалов N . Задача ОКП записывается:

1. Модели ограничений;
2. Критерий оптимизации;
3. Постановка задач оптимизации.

В задачах ОКП необходимо определить $x_j(t)$ – объем выпуска j -го вида продукции для каждого интервала времени t ($t = \overline{1, N}$). Так же должны быть заданы переменные $b_i(t)$ и $a_{ij}(t)$.

- 1) $\sum_{t=1}^N \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) \cdot x_j(t) \leq b_i(t), i = \overline{1, m};$

- 2) $R(X) = \sum_{t=1}^N \sum_{j=1}^n c_j(t) \cdot x_j(t);$
 3) $X^*(x_1^*, \dots, x_n^*) = \text{Arg max } R(x), X \in \tilde{X};$

В результате решения ОКП рассчитываются оптимальные объемы выпуска каждого вида продукции для каждого из интервалов времени.

2 *тип*. Словесная и математическая формулировки задач ОКП 2-го типа многопродуктовых химических производств используются для следующей схемы производства:

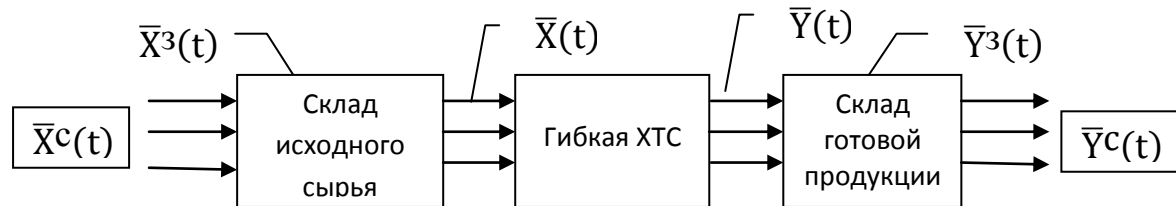


Рис. 10. Схема многопродуктового химического производства

Пусть монопродуктовое химическое производство выпускает n видов продукции и использует m сырья. Многопродуктовое производство состоит из начальных и конечных емкостей (складов) для хранения сырья и готовой продукции и многопродуктового химического производства. Введем следующие обозначения:

$\bar{X}(t), \bar{X}^c(t), \bar{X}^3(t)$ – векторы количеств m видов, соответственно, фактически используемого, поставляемого в производство (на склад) и запасов сырья в течении времени t ($t = 1, N_T$);

$\bar{Y}(t), \bar{Y}^c(t), \bar{Y}^3(t)$ – векторы количества n видов, соответственно, фактически выпускаемой/ отгружаемой продукции, запасов продукции и спроса продукции потребителю в течении времени t ($t = 1, N_T$);

$\bar{U}(t)$ – вектор управления (вектор управляющего воздействия), определяющий интенсивность режимов работы оборудования многопродуктового ХП в течении времени t ($t = 1, N_T$);

$\bar{X}_0^3, \bar{X}_B^3, \bar{X}_H^3$ – начальные количества, верхние и нижние допустимые пределы запасов сырья (продукции) различных видов в соответствующих «емкостях».

Математическая формулировка 2-го типа задач ОКП имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
\text{I. } \Omega = & \begin{cases} \bar{X}^3(t+1) - \bar{X}^3(t) + \bar{X}^C(t) - \bar{X}(t) & t = \overline{1, N_T} & (1) \\ \bar{X}^3(1) = \bar{X}_0^3; \bar{X}_H^3 \leq \bar{X}^3(t) \leq \bar{X}_B^3 & t = \overline{1, N_T + 1} & (2) \\ \bar{X}(t) = \bar{\varphi}(\bar{U}(t)) & & (3) \\ \bar{F}(\bar{U}(t)) \leq 0; \bar{U}(t) \in U(t) & & (4) \\ \bar{Y}(t) = \bar{\varphi}(\bar{U}(t)) & & (5) \\ \bar{Y}^3(t+1) = \bar{Y}^3(t) + \bar{Y}(t) - \bar{Y}^C(t) & t = \overline{1, N_T} & (6) \\ \bar{Y}^3(1) = \bar{Y}_0^3; \bar{Y}_H^3 \leq \bar{Y}^3(t) \leq \bar{Y}_B^3 & t = \overline{1, N_T + 1} & (7) \end{cases} \\
\text{II. } R = & \sum_{t=1}^{N_T} F_{\varphi}(\bar{U}(t)) & (8)
\end{aligned}$$

Оптимизируемыми переменными являются значения интенсивности работы оборудования для каждого момента времени t .

$$\text{III. } \bar{U}^*(t) = \text{Arg max } R(U(t)), U(t) \in \tilde{U}(t) \mid \bar{X}^C \in \bar{X}^C(t), \bar{Y}^C(t) \in \tilde{Y}(t); \quad (9)$$

Соотношения (1), (2), (6), (7) представляют собой математические модели накопления сырья (уравнения (1), (2)) и продукции (уравнения (6), (7)) различных видов в соответствующих «емкостях». Уравнения (3) и (5) определяют количество потребляемого сырья и количества выпускаемой продукции, если производство работает в режимах с интенсивностью $\bar{U}(t)$. Соотношения (4) характеризуют области изменений и ограничений на управляющие воздействия. Уравнения (8) – выражение критерия оптимизации через оптимизируемые нерешенные. Уравнение (9) – постановка задачи ОКП в условиях неопределенности постановок исходного сырья ($\bar{X}^C \in \bar{X}^C(t)$) и спроса на готовую продукцию ($\bar{Y}^C(t) \in \tilde{Y}(t)$).

Математическую задачу гибкого управления многоассортиментным химическим производством можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{aligned}
\Omega = & \begin{cases} Z = (N, K, G(t), R, T, V) & (10) \\ W(t) = (X(t), Z(t), Y(t)) & (11) \\ F(W(t), U(t)) \leq 0 & (12) \\ V(t+1) = V(t) + H(W(t), U(t)) & (13) \\ U(t) = \pi(W(t)) & (14) \\ X(t) \in \tilde{X}; K(t) \in \tilde{K}; G(t) \in \tilde{G} & (15) \\ R(t) \in \tilde{R}; T(t) \in \tilde{T}; Y(t) \in \tilde{Y} & (16) \end{cases}
\end{aligned}$$

$$U^*(t) = Arg \begin{cases} \rho(\Phi, \Phi^* \rightarrow \min \\ \Phi = \Phi(W(t), U(t)) \\ (W(t), U(t)) \in \Omega \\ W(t) \in (S) \end{cases} \quad (17)$$

где Ω – математическая модель многоассортиментного химического производства, а также ограничения на переменные модели; π – нелинейный оператор причинно-следственных связей; N – число элементов объекта управления; K – вектор конструктивных параметров; $G(t)$ – вектор структурных параметров объекта; $T(t)$, $R(t)$ – вектор технологических переменных и переменных расписания; $V(t)$ – вектор запасов в различных емкостях; $W(t)$ – вектор, являющийся объединением векторов $X(t)$, $Z(t)$, $Y(t)$ и характеризующий производственную ситуацию объекта (S).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вагнер Г. Основы исследования операций [Текст] / Пер. с англ. [и предисл.] Б. Т. Вавилова. – Москва : Мир, 1972-1973. – 3 т.
 2. Конюховский П. В. Математические методы исследования операций в экономике : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Математические методы в экономике" / П. В. Конюховский ; Санкт-Петербургский гос. ун-т. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009. – 394 с.
- Математические модели и методы инженерных расчетов на ЭВМ: Учебное пособие/ Т.В. Шепитько, А.И. Гасанов, В.А.Бучкин. – М.: МИИТ, 2004.- 222 с.