

*Л.И. Урман***Декомпозиционные модели производственных процессов**

Достижение устойчивого развития промышленных предприятий требует совершенствования системы управления в направлении активизации рыночных принципов и инструментов. Менеджмент развитых западных стран может служить принципиальной основой перестройки управления отечественными предприятиями, однако он не вполне эффективен при практическом применении. Как показывает опыт управления, в условиях нестабильной среды необходимо повысить эффективность планирования в структуре производственного менеджмента, усиливая при этом роль структурных подразделений в корректировке и реализации производственных заданий.

Системы управления, в которых выполняется централизованное планирование и применяется децентрализованный механизм реализации планов, могут быть получены путем использования общей модели управления. На стадии планирования разрабатываются варианты планов, которые выступают заданиями структурным подразделениям. Этим способом реализуется декомпозиционный подход к управлению производственной системой, различные аспекты которого исследовались в работах [1–5].

В данной статье указанный подход разрабатывается на примере моделей планирования ОАО «Барнаульский пивоваренный завод» (ОАО «БПЗ») и обобщаются исследования, проведенные в работах [6–8], которые основаны на концепции аналитического планирования. Этот подход характеризуется постоянным мониторингом изменений внутренней и внешней среды и корректировкой основных параметров оперативного (аналитического) плана. Аналитическое планирование является синтезом краткосрочного и стратегического планов.

Краткосрочное планирование представляет собой набор процедур и алгоритмов определения выходов каждого бизнес-процесса в натуральном и стоимостном измерении. Система краткосрочного планирования содержит в себе следующие ключевые процедуры: планирование оборотных активов, планирование производственной программы, бюджетирование, оптимизацию производства, формирование выходных параметров бизнес-процессов, которые реализуются с использованием инструментов оптимизационного и имитационного моделирования. Принципиальная схема внутрифирменного планирования представлена на рисунке.

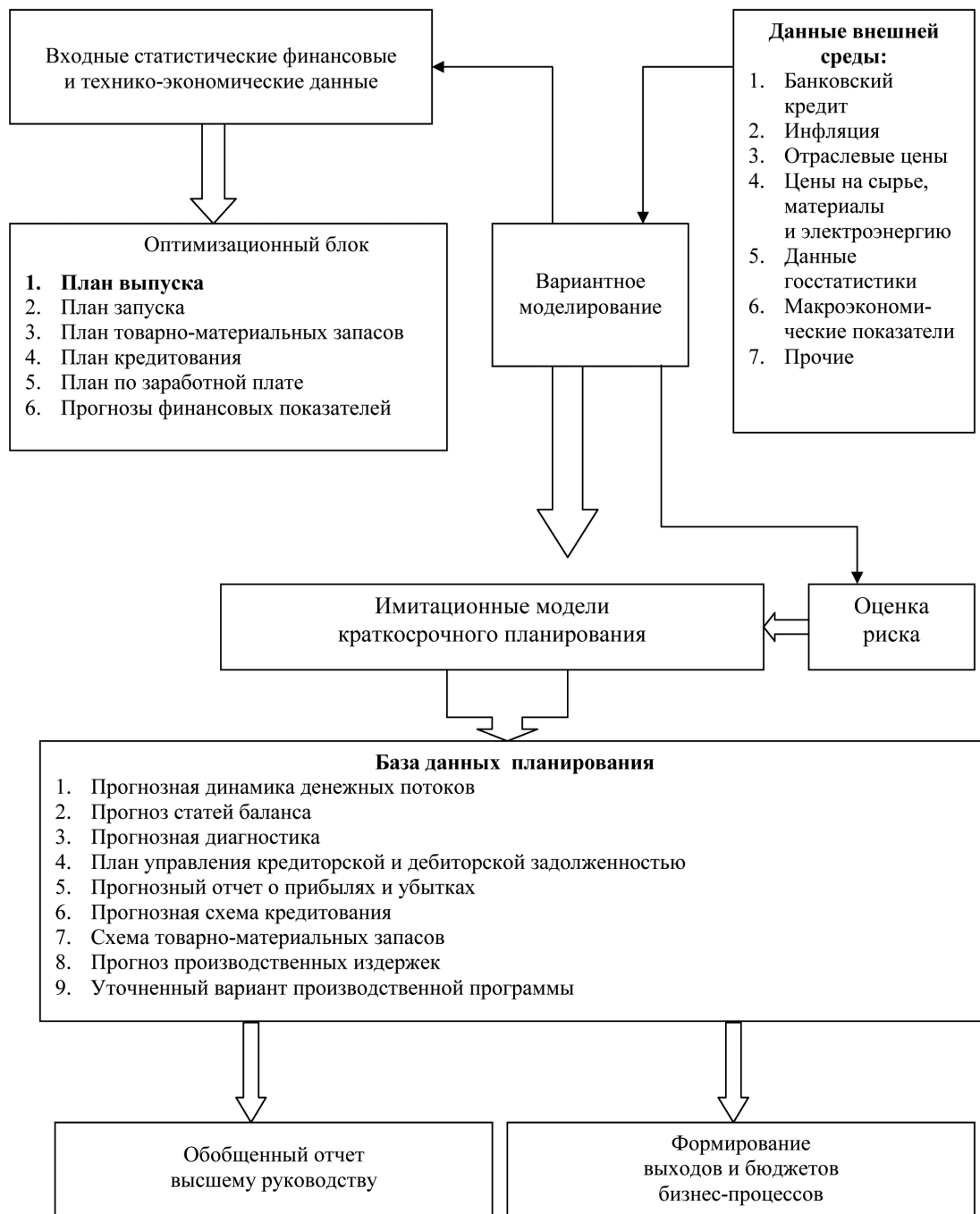
Процесс краткосрочного планирования осуществляется в следующей последовательности: формирование и анализ первичной информации; определение

целей и стратегий; расчет производственной программы в системе «запуск–выпуск»; оценка необходимых ресурсов для реализации целей; прогноз спроса, рисков и цен; разработка сценарных исходов; разработка правил принятия решений на основе имитационной модели; формирование производственных заданий для реализации плановых решений в отношении всех исполнителей, которое выполняется в соответствии с декомпозиционным подходом.

Представим модель, учитывающую основные факторы (внутренние и внешние), в наибольшей степени влияющие на функционирование предприятия и его экономику. Учет в модели технологических особенностей существенным образом влияет как на построение, так и на ее адекватность реальным процессам. Производство продукции начинается с варки сусла в сусловарочных котлах (имеются 2 котла объемом в 6200 дал). За сутки в одном котле можно сварить сусло дважды. Следовательно, максимальное производство сусла ограничено объемом 4-х котлов в сутки. При этом следует учесть, что технологический выход сусла значительно отличается от объемов сусловарочных котлов. Из одного сусловарочного котла содержимое перекачивается в 2 бродильных танка емкостью 5100 дал. Этот тип танков обозначим индексом *b*. За сутки можно заполнить суслотом от 6 до 8 бродильных танков для производства пива от одного до четырех видов. Технологический выход сусла после варки разных сортов неодинаков. Коэффициенты выхода (относительно величины 6200 дал) изменяются от 0.597 до 0.855. Если осуществить еще один выход сусла в 3700 дал, то можно заполнить 3 танка типа *b*.

Как показывает анализ данных, технологический процесс по этапам не полностью согласован с емкостью танков, что приводит к определенным потерям. В то же время такое технологическое согласование трудно осуществить из-за достаточно большого количества видов пива и изменяющейся структуры его выпуска. Поэтому потери из-за недоиспользования мощностей, роста запасов будут иметь место при любых соотношениях объемов танков по технологическим переходам.

После дображивания содержимое емкости идет по четырем направлениям. Пиво разливается в бутылки с пастеризацией или без нее, в кеги или бочки. Пастеризуются в основном более дорогие сорта пива. В емкостях для дображивания готовый продукт может находиться без потери качества до полной отгрузки (продажи) потребителям.



Принципиальная схема внутрифирменного планирования

Функционирование предприятия рассматривается за t периодов $t \in T = \{1, 2, \dots, t_*\}$, где T – рабочий календарь.

Так как технологические этапы производства выражены сутками и их длительности для разных видов пива неодинаковы (и не кратны по величине), то следует за единицу времени взять календарные сутки. Длительность производственного цикла (ДПЦ) по некоторым видам пива достигает 71 день. Длительность времени между моментами принятия решений может

быть от суток до месяца, квартала. Наиболее рационально, если такой срок совпадает с существующей практикой формирования текущих планов производства и продаж продукции на неделю, декаду, месяц. Тогда с помощью указанного прогнозного плана будет осуществляться скользящее планирование. Это значит, что план будет составляться, например, на ближайший месяц вперед и плюс на максимальную ДПЦ.

Обозначим через $i \in I$ индексы выпускаемых видов продукции (пива), $I = \{1, 2, \dots, i, \dots, m\}$, m – учитываемое

в модели количество видов пива. Каждому виду пива ставится в соответствие технологический способ производства, который также удобно обозначить индексом i . С технологическим способом увязаны время начала его реализации, использование во времени мощностей, прямые затраты (они могут быть указаны во времени). Тогда целочисленной переменной x_{it} будет соответствовать интенсивность использования технологического способа i производства пива вида i . Данный технологический способ предусматривает начало проведения операции варки сусла в период t , а интенсивность его может изменяться от 0 до 4. Это значит, что запуск производства партии пива вида i в период времени t либо состоится, либо нет. Если производство начнется, то будет сварено от одного до четырех котлов сусла, т.е. $x_{it} \leq 4$ для всех $i \in I$.

С периода t (или с $t + 1$) по $b_i + t$ будет происходить процесс брожения (b_i – длительность процесса брожения для пива вида i), для чего понадобится $2x_{it}$ бродильных танков. Так как процесс варки составляет половину суток, то в бродильные танки сусло будет перелито либо в этот же день t , либо в начале следующих суток. Поэтому с точностью в несколько часов предполагается, что процесс брожения также начнется в период t . Следовательно, в периоде t интенсивность технологического способа i ограничивается условием использования мощностей, т.е. для этого периода проверяется наличие свободных танков типа b . В периоде $b_i + t + 1$, наоборот, необходимо освободить $2x_{it}$ бродильных танков, что и должно быть зафиксировано в соответствующем ограничении.

Начиная с периода $b_i + t + 1$ осуществляется процесс дображивания. Его длительность составляет d_i суток, поэтому относительно периода t весь процесс должен завершиться в период $d_i + b_i + t$. Для дображивания, как уже отмечалось, используются танки двух видов (d и v). В модели сделаем упрощение, предполагая, что используются только танки типа d (а 40 танков типа v превращаются в 80 танков типа d). В периодах с $b_i + t + 1$ по $d_i + b_i + t$ для реализации технологического способа i необходимо задействовать x_{it} танков типа d . Поэтому в периоде $b_i + t + 1$ необходимо предусмотреть возможность использования x_{it} танков типа d . Однако на практике, конечно, все становится на свои места – когда x_{it} равно двум или четырем, то используются в первую очередь танки типа v , когда $x_{it} = 3$, то заполняются по одному танки типа d и v . Начиная с периода $d_i + b_i + t + 1$ необходимо в модели учесть освобождение танков типа d и процесс розлива пива и отправки его покупателям.

Таким образом, для построения календарного плана работ по каждому технологическому способу производства пива в матрице исходной информации следует предусмотреть определенное количество вариантов его использования. Так, при длительности рабочего календаря в t_* дней и ДПЦ, например пива

«Барнаульского», в 30 дней необходимо представить ($t_* - 30$) вариантов его запуска-выпуска. При этом используется минимум информации. В векторе, соответствующему технологическому способу, всего пять элементов (коэффициентов при переменной x_{it}). В периоде t отмечается запуск партии сусла и учитывается потребность в танках типа b , в момент времени $b_i + t + 1$ отражается освобождение танков типа b и потребность в танках типа d . В периоде $d_i + b_i + t + 1$ фиксируется готовность партии пива, «произведенного» с помощью технологического способа i . Таким образом, производственный процесс во времени может быть описан следующей системой ограничений.

Ежесуточные возможности приготовления сусла фиксируются так:

$$\sum_{i \in I} x_{it} \leq 2C, t \in T, t \leq t_* - d_i - b_i - 1.$$

Здесь C – количество имеющихся сусловарочных котлов, условие $t \leq t_* - d_i - b_i - 1, i \in I$, означает, что технологические процессы, которые заканчиваются за рамками рабочего календаря $t \in T$, в модели уже не рассматриваются.

Обозначим через B_0 количество свободных танков типа b (B – общее их количество), через D_0 – количество свободных танков типа d (D – общее их количество) на начало рабочего календаря T , т.е. на начало периода $t = 1$. Подобная информация задается в исходных данных.

Тогда использование танков типа b может быть представлено следующими ограничениями:

$$\sum_{i \in I} b_{it} x_{it} - \sum_{i \in I} b_{it} h_{it} + B_1 = B_0, t = 1, \tau = d_i + 1,$$

$$\sum_{i \in I} b_{it} x_{it} - \sum_{j \in J} b_{jt} x_{jt} - \sum_{i \in I} b_{it} h_{it} - B_{t-1} + B_t = 0,$$

$$t = 2, \dots, t_*, \eta = t - b_i - 1, \tau = d_i + 1,$$

где b_{it} – потребность в танках (или количество освобождаемых танков) типа b при производстве продукции $i \in J$ ($j \in J$) в период t (когда перед знаком суммы стоит минус, это значит, что учитывается процесс освобождения танков), $\eta = t - b_i - 1 \geq 1, B_t$ – количество танков типа b , которое осталось незадействованным в периоде t и может быть использовано в дальнейшем.

Параметр S_{it} обосновывается службой маркетинга и служит основанием для ограничения по прогнозируемому объему продаж

$$Y_{it}, \text{ т.е. } Y_{it} \leq S_{it}, i \in I, t \in T.$$

Обозначим через V_{it} необходимый объем выпуска товарной продукции i в период t , учитывающий значения Y_{it} и O_{it} . Тогда

$$V_{it} = Y_{it}(1 + O_{it} - O_{it-1}), i \in I, t \in T.$$

На момент принятия решений $t = 1$ следует учесть фактическое отличие уровня запасов готовой продукции от норматива изменением величины O_{i0} на соответствующее значение отклонения. Если уровень

Характеристика наиболее эффективных вариантов плана

	Код эксперимента	Балансовая прибыль			Расчетный счет			Интегральный показатель качества
		Сумма (тыс. руб.)	Абс. значение	Относит. значение	Сумма (тыс. руб.)	Абс. значение	Относит. значение	
База	051010	72796,24	0,00	0,00	27928,81	0,00	0,00	–
Вариант 1	059510	77218,61	4422,37	6,07	26385,30	–1543,51	–5,53	2,59
Вариант 2	059595	70089,00	–2707,24	–3,72	21685,82	–6242,99	–22,35	–9,31
Вариант 3	059505	83661,49	10865,25	14,93	30643,50	2714,69	9,72	13,36

остатков велик, то корректируется несколько значений O_{it} , но так, чтобы величины $1 + O_{it} - O_{i,t-1}$ не были бы отрицательными.

Обозначим через D_{it} целочисленную переменную, соответствующую количеству танков типа d , которые были освобождены (после процесса дображивания) в периоде t после полного освобождения их от продукции i . Тогда ограничения по использованию танков типа d можно представить так:

$$\sum_{i \in I} d_{it} h_{it} + D_{it} = D_0, t = 1, \tau = d_i + 1,$$

$$\sum_{i \in I} d_{it} x_{it} + \sum_{i \in I} d_{it} h_{it} - D_{t-1} + D_{it} - D_{i,t-1} = 0,$$

$$t = 2, \dots, t_*, \eta = t - b_i - 1, \tau = d_i + 1.$$

Здесь D_{it} – количество танков типа d , которое осталось незадействованным в периоде t и может быть использовано в дальнейшем, параметры d_{it} принимают значения, равные 1, только в периоды заполнения танков пивом для его дображивания, $\eta = t - b_i - 1 \geq 1$.

Для определения значений D_{it} необходимо представить количественный процесс розлива пива, продаж, хранения запасов.

Формируется условие обеспечения необходимого выпуска товарной продукции и поддержания заданного уровня страховых запасов:

$$a_{it} x_{it} + a_{it} h_{it} + A_{i,t-1} - A_{it} + R_{i,t-1} - R_{it} = V_{it}, t \in T, i \in I,$$

$$\sum_{i \in I} R_{it} \leq R, t \in T,$$

где A_{it} – объем остатков товарной продукции i на конец периода t , находящейся в танках для дображивания; R_{it} – объем остатков товарной продукции i на конец периода t , находящейся уже в бутылках, бочках, кегах; R – максимально допустимый объем остатков товарной продукции, который одновременно может храниться на предприятии (определяется наличием площадей, оборотной тары и др.); $\lambda = t - b_i - d_i - 1 \geq 1$.

На начало периода $t = 1$ уровень остатков готовой продукции задается в исходной информации. Как уже отмечалось, если эти остатки ($A_{it} + R_{it}$) больше норматива, то корректируются параметры O_{it} . Для периодов $t > 1$ плановый уровень запасов будет регулироваться автоматически. Если прогнозный объем продаж в каких-то периодах превышает мощности

производства, то будет создан необходимый задел заранее. При сокращении спроса, учитываемого в V_{it} , будет уменьшаться интенсивность использования технологических способов производства.

Пусть W_{it} соответствует объему пива типа i , розлитого в периоде t в бутылки, бочки, кеги. Общий объем производства не может быть больше некоторой предельной величины W , определяемой производительностью линий розлива:

$$\sum_{i \in I} W_{it} \leq W, t \in T.$$

Объем розлива пива определяется из нескольких ограничений. Учитывается объем остатков в танках дображивания и новые поступления:

$$a_{it} x_{it} + a_{it} h_{it} + A_{i,t-1} - A_{it} - V_{it} = 0, t \in T, i \in I.$$

Согласуются объемы Y_{it} отправленной (проданной) продукции i в период t , розлива пива и остатков, готовых к отгрузке потребителю:

$$Y_{it} - W_{it} - R_{i,t-1} + R_{it} = 0, R_{it} \geq R_p, t \in T, i \in I,$$

где R_{it} – минимальный технологический уровень переходящих остатков.

Отсюда количество D_{it} освобожденных танков типа d из-под пива вида i к концу периода t может быть определено из следующего условия:

$$\sum_{\mu=1}^t W_{i\mu} - \sum_{\mu=1}^{t-1} a_{i\mu} D_{i\mu} - a_{it} D_{it} - A_{it} = 0, t \in T, i \in I.$$

Таким образом, технологический цикл замкнут – в модели учитывается производственный процесс выпуска пива от варки суслу до отправки потребителю.

Для условий ОАО «БПЗ» проведены расчеты 18 вариантов производственных программ в условиях риска с оценкой по 21 критерию, при прогнозируемом риске продаж остатков на уровне 100 и 50%. Варианты формировались для оценки различных оптовых цен на пиво и различных объемов производственных затрат в годовой производственной программе. Характеристика наиболее эффективных, по мнению экспертов, вариантов планов представлена в таблице.

Параметры выбранных планов используются для формирования структурным подразделениям оперативных производственных заданий.

Библиографический список

1. Багриновский, К.А. Основы согласования плановых решений / К.А. Багриновский. – М., 1977.
2. Бурков, В.Н. Механизмы функционирования организационных систем / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев. – М., 1981.
3. Гермейер, Ю.В. Игры с противоположными интересами / Ю.В. Гермейер. – М., 1976.
4. Мамченко О.П. Моделирование иерархических систем : учебник для вузов / О.П. Мамченко, Н.М. Оскорбин. – Барнаул, 2007.
5. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – М., 1981.
6. Урман Л.И. Методические основы финансового управления в системе аналитического планирования / Л.И. Урман // Информационные технологии и проблемы управления на российских предприятиях: Концепции. Модели. Решения / под ред. И.М. Бобко. – Новосибирск, 2001.
7. Урман Л.И. Моделирование и экспертные процедуры принятия решений при формировании финансового плана / Л.И. Урман // Информационные технологии и проблемы управления на российских предприятиях: Концепции. Модели. Решения / под ред. И.М. Бобко. – Новосибирск, 2001.
8. Урман Л.И. Предприятие: Выбор стратегии развития / Л.И. Урман // ЭКО. – 2001. – №2.