

Физико-математические науки

**РЕСУРСНО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА
ОСНОВЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**

Антамошкина Е.А., Золотарев М.Ю.
ФГУП ЦКБ «Геофизика»,
Красноярск

Среди задач объемно-календарного планирования и управления на цеховом и межцеховом уровнях на промышленных предприятиях выделим следующие задачи:

1. Оперативное планирование - расчет производственных расписаний, основанных на специфике изделий и технологиях производства.

2. Контроль состояния и распределение ресурсов - управление ресурсами производства: технологическим оборудованием, материалами, персоналом, документацией, инструментами, методиками работ [3].

Мы рассматриваем проблему календарного планирования производственного процесса, как комплекса взаимосвязанных работ в условиях риска и неопределенности при ограниченности некоторых ресурсов или наличия требований к динамике их потребления (например, требование равномерности).

Так называемая циклическая альтернативная сетевая модель была предложена Воропаевым В.И. Отличием ЦАСМ от моделей, реализованных в большинстве существующих программных продуктов, является возможность моделировать протекание производственного процесса по альтернативному пути, в том числе циклическое повторение (конечное число циклов) части процесса. При использовании ЦАСМ производится имитационное моделирование производственного процесса. Полученную модель можно «проиграть» во времени и получить статистику происходящих процессов так, как это было бы в реальности. В имитационной модели изменения процесса и данных ассоциируются с событиями. «Проигрывание» модели заключается в последовательном переходе от одного события к другому [2].

Исходными данными для составления производственного расписания с одновременным распределением ресурсов являются:

1. Комплекс взаимосвязанных работ.

2. Статистические данные (если они имеются) об отбраковках, отказах и т.д. Если таковых данных нет, то данные генерируются на основе экспертных оценок. Возможен комбинированный способ задания. Пункты 1 и 2 являются основой для создания матрицы смежности работ $A = \{p_{ij}\}$ [1].

3. Нормировочные данные на каждую из производственных работ (длительность работы, трудоемкость работы и т.д.).

4. Объемы каждого пула возобновляемых ресурсов (персонал и оборудование). Рабочие (оборудование) одного профиля объединяются в так называемые

пулы ресурсов. На каждой работе требуется ресурс лишь из одного пула.

Итак, некоторый производственный процесс представляется циклической альтернативной сетевой моделью $G(\Omega, A)$. Ω - множество событий производственного процесса. $A = \{p_{ij}\}$ - матрица смежности работ. $0 \leq p_{ij} \leq 1$, причем $p_{ij} = 1$ задает детерминированную дугу (i, j) , а $0 < p_{ij} < 1$ определяет альтернативное событие i , которое с вероятностью p_{ij} связано дугой с событием j .

Пусть r_{ij}^k - количество ресурса из k -го пула возобновляемых ресурсов на работе (i, j) , w_{ij}^k - трудоемкость работы (i, j) , потребляющей ресурс из пула k , $V^k = const$ - объем k -го пула возобновляемых ресурсов, $k \in K$. Здесь K - множество пулов возобновляемых ресурсов.

В соответствии с заданными распределениями и алгоритмом, описанном в [1], можно получить p -квантильные оценки величин нормировочных данных: $W_p(y_{ij})$ - p -квантильная оценка длительности работы (i, j) , $W_p(w_{ij}^k)$ - p -квантильная оценка трудоемкости работы (i, j) . Если нормировочные данные содержат не длительность работ, а их трудоемкость, то длительность y_{ij} работы (i, j) можно вычислить следующим образом: $y_{ij} = \frac{w_{ij}^k}{r_{ij}^k}$. Соответ-

ственно, $W_p(y_{ij}) = \frac{W_p(w_{ij}^k)}{r_{ij}^k}$ - p -квантильная оценка длительности работы (i, j) , потребляющей ресурс из пула k .

Обозначим $F_t^k = \sum_{(i,j) \in e_t^k} r_{ij}^k$ - потребность в ресурсе из пула k в момент времени t , e_t^k - множество работ, потребляющих ресурс из пула k , а e_t^k - множество работ, потребляющих ресурс k в момент времени t ($e^k = \bigcup_{\forall t} e_t^k$).

Математическая модель задачи распределения ограниченных ресурсов на ЦАСМ и минимизации времени выполнения производственного процесса имеет вид:

Найти такие сроки начала и окончания работ (i, j) $T_i^* \in [W_p(T_i^p), W(T_i^n)]$ и $T_j^* \in [W_p(T_j^p), W(T_j^n)]$, а также такое распределе-

ние возобновляемых ресурсов по времени между работами, что

$$T_j^* - T_i^* \geq W_p(Y_{ij}), \text{ для всех дуг } (i, j); (1)$$

$$l_i \leq T_i^* \leq L_i, \text{ для некоторых событий}; (2)$$

$$V^k \geq F_t^k, \text{ для всех } t \text{ и } k; (3)$$

$$T_n^* \rightarrow \min. (4)$$

Здесь T_i^p и T_i^n - ранний и поздний сроки совершения события i .

Соотношения (1) задают взаимосвязи между всеми событиями сети, включая дуги-связи, дуги-работы и абсолютные временные ограничения.

Соотношения (2) задают абсолютные ограничения на момент реализации некоторых контрольных событий i . Здесь l_i и L_i - самый ранний и самый поздний сроки наступления i . Событием i могут быть начало или завершение какой-нибудь работы.

Ограничение (3) учитывает ограниченность возобновляемых ресурсов, т.е. в каждый момент времени потребность в ресурсе из пула k не должна объема данного пула.

Целевая функция (4) обеспечивает построение расписания производственного процесса с минимальным временем.

Алгоритм решения поставленной задачи схож с алгоритмов, описанном в [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Циклические альтернативные сетевые модели и их использование при управлении проектами [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sovnet.ru/pages/casml.rar>.
2. Маклаков С. Имитационное моделирование с Arena [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/sysmod/ar1.htm>.
3. Системы оперативного управления производством [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mesa.ru/>

МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ МЕЖФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЕРЕХОДНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ

Готовцев В.М., Пуговишников П.С.
Ярославский государственный
технический университет

Нанотехнологии по заявлению президента В.В. Путина в настоящее время составляют одно из наиболее перспективных направлений современной науки. Нанозффекты, т. е. эфффекты, возникающие в физических объектах с линейными размерами, сопоставимыми с размерами молекулы вещества, могут существенно сказаться на свойствах этих объектов. Чаще всего их проявление сказывается в дисперсных системах, где преобладающее влияние имеют поверхностные эфффекты. В качестве примера можно рассмотреть пенную структуру, состоящую из жидкой и газо-

вой фаз. Ни одна из составляющих фаз не обладает свойствами твердого тела, в данном случае способностью сохранять форму своего объема. Пена такой способностью обладает. Сказанное позволяет сделать вывод о том, что создание физических объектов с линейными размерами, сопоставимыми с размерами молекул вещества, может существенно сказаться на свойствах конечного продукта. В случае пены такими объектами являются тонкие жидкостные прослойки между пузырьками газа.

На первый взгляд проявление эфффектов подобного рода выглядит как координальное изменение свойств вещества в системах подобного плана. Однако рассмотрение классических теорий строения жидкостей, в частности, теории Ван-Дер-Ваальса [1] предсказывает подобное поведение вещества в сверхтонких физических объектах, какими являются жидкостные прослойки пены.

Эфффекты подобного плана являются объектом исследования физической химии. В настоящее время рассматривается достаточно большое количество механизмов для описания таких эфффектов. В качестве примера можно привести монографию Дерягина Б.В. [2], в которой проявление поверхностных эфффектов представляется действием как минимум семи факторов различного плана. Однако конечным результатом проявления всех этих факторов является возникновение новых форм механического взаимодействия между молекулами рассматриваемого объекта и внешней средой. Установление таких связей возможно путем введения межфазных напряжений [3] и анализа тензора введенных напряжений.

Рассмотрим простейший вариант образования межфазного слоя над свободной поверхностью жидкости. Как известно, такой слой обладает особыми свойствами, проявляющимися в возникновении поверхностного натяжения жидкости. Трактовка поверхностного натяжения обычно связана с возникновением некоторого запаса поверхностной энергии, приводящего к появлению новых свойств вещества. Однако энергетические представления обычно не позволяют установить механизма того или иного явления.

Механическая трактовка поверхностного натяжения состоит в следующем. Представим свободную поверхность жидкости, контактирующую, например, с воздушной средой. Проявление поверхностных свойств жидкости происходит в достаточно тонком контактном слое, толщина которого неизвестна. Давление жидкости в объемной фазе и прилежащем слое насыщенного пара отличается на несколько порядков (как минимум на 3). В соответствии с этим на толщине межфазного слоя происходит изменение плотности вещества от плотности жидкости до плотности насыщенного пара с соответствующим изменением давления.

Давление насыщенного пара является известной величиной, зависящей от значения температуры. Однако вопрос о давлении жидкости в ее объеме остается открытым. Гидростатическое давление жидкости зависит от атмосферного давления, т.е. действия гра-