

УДК 619.86.57

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Н. А. Меликян

Задача календарного планирования на технологических сетях

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 28/XI 1984)

Применение многосетевых моделей в управлении строительными организациями является перспективным направлением в повышении эффективности строительного производства. Такой подход позволяет отражать в модели календарного планирования процессы возведения отдельных строительных объектов и процесс функционирования возводящей их организации в целом, что обеспечивает «...надежную увязку двух наиболее важных, но зачастую противоречивых задач, стоящих перед любой строительной организацией...» (1).

Однако высокая размерность и многоэкстремальность задач многосетевого оптимального планирования затрудняют создание эффективных формальных методов и алгоритмов их решения. Используемые в современных системах методы и алгоритмы основаны на различных эвристических подходах и решают узкие задачи, ориентированные на конкретных потребителей.

В настоящее время возникла необходимость в создании гибких, универсальных систем календарного планирования, основанных на решении задач, отличающихся достаточной общностью постановки, что позволит применять их для решения широкого класса задач этого типа.

В работе рассматривается постановка задачи составления расписания работ на основе сетевых моделей, которая может применяться для решения некоторого класса частных задач, отражающих различные варианты учета ресурсов и различные предположения относительно характера использования ресурсов отдельными работами.

Рассмотрим строительный комплекс, состоящий из  $n$  разнотипных, технологически и территориально независимых объектов. Для каждого объекта  $n$  заданы директивный срок завершения строительства ( $\tau_n^{дир}$ ) и нормативная продолжительность строительства ( $\Delta\tau_n$ ).

Объекты представлены в виде направленных технологических графов (сетей), содержащих множество вершин (событий) и множество дуг (работ). Дуги в таких моделях, соединяющие две вершины, это определенный трудовой процесс, требующий затрат времени и ресурсов.

Комплекс описывается многосетевой моделью состоящей из технологически и организационно независимых сетей с единым источником ресурсов.

Работы выполняются единым (самостоятельным) производителем,

обладающим правом централизованного хранения и распределения ресурсов (материальных, финансовых, технических, энергетических и людских).

На последовательность выполнения работ каждой сети накладываются технологические ограничения в виде отношения предшествования, которые представляются в виде матрицы  $A_n$ , определяющей условия, необходимые и достаточные для начала выполнения работ сети, т. е. для каждой работы сети указывается перечень работ, завершение которых необходимо для начала ее выполнения.

Комплекс предусматривает выполнение  $h^*$  видов работ. Каждый вид работы характеризуется нормативной матрицей взаимосогласованных интенсивностей (МСИ/  $h$ ), которая содержит различные организационно-технологические варианты выполнения работы вида  $h$ , определяет номенклатуру ресурсов и их количества на единицу измерения работы по отдельным вариантам.

Эти варианты разделены на технологические группы по признаку взаимозаменяемости. В процессе реализации работы допускается замена первоначально принятого технологического варианта на любую из технологий, относящихся к той же технологической группе. Технологии разных технологических групп не обладают признаком взаимозаменяемости.

МСИ/  $h$  представляет собой прямоугольную матрицу размером  $v_h^* \times l_h^*$ . Первый столбец матрицы содержит номера организационно-технологических вариантов работы  $h$ , второй столбец—номера технологических групп. Третий и все последующие столбцы определяют номенклатуру ресурсов, т. е. соответствуют одному из типов ресурсов, при этом ресурсы организуются в порядке возрастания индексов, присвоенных им при кодировании.

Строки матрицы ( $v_h$ ) описывают организационно-технологические варианты работы  $h$ —номер варианта, номер технологической группы, количества ресурсов по полной номенклатуре ресурсов матрицы, т. е. если некоторый тип ресурса не применяется по  $v_h$  варианту, то его значение принимается равным нулю.

Каждая работа комплекса задается ресурсоемкостью и относится к одному из видов  $h$  и, следовательно, может быть выполнена любым технологическим способом, предусмотренным МСИ/  $h$ .

В связи с тем, что в процессе выполнения работы допускается замена технологий, интенсивность отдельных работ переменная и выбирается с помощью заданного алгоритма. При выполнении работы возможны перерывы технологического и организационного характера. Продолжительность выполнения работы, сроки ее начала и окончания определяются в результате решения задачи. В общем случае по отдельной работе могут учитываться ресурсы по полной номенклатуре МСИ/  $h$ .

В строительстве комплекса применяются  $R^*$  типов ресурсов.

По характеру реализации ресурсы подразделяются на невозвратимые (материальные, энергетические, финансовые), частично возвратимые (технические) и полностью возвратимые (людские).

Невозвратимые ресурсы непосредственно расходуются в процессе выполнения работы, и в случае их неиспользования могут сохраняться и накапливаться.

Частично возвратимые ресурсы в процессе выполнения работы расходуются частично (на величину износа). Ресурсы этого типа не складываются и не накапливаются.

Полностью возвратимые ресурсы в процессе выполнения работы не расходуются и не допускают складирования.

В случае, если ресурсы последних двух типов в некоторый момент не используются, их количество в последующие периоды не увеличивается.

Число учитываемых ресурсов по комплексу в целом не превышает  $R^*$ .

Задача предусматривает различные варианты учета ресурсов.

1. Полностью возвратимые ресурсы распределяются, частично возвратимые и невозвратимые ресурсы рассчитываются.

2. Полностью возвратимые и частично возвратимые ресурсы распределяются, невозвратимые ресурсы рассчитываются.

3. Все виды ресурсов распределяются (полностью или частично). Запасы ресурсов могут быть постоянными или переменными. Изменения их уровней задаются заранее в виде функции от времени.

Период планирования  $T$  ( $T^0 - T^*$ ) разбит на равные промежутки — интервалы планирования  $\Delta t$ , время дискретное  $t = 1, 2, \dots, t^*$ ,  $t^* = \frac{T^* - T^0}{\Delta t}$ . Каждому моменту  $t$  соответствует период планирования

$$[T^0 + \Delta(t-1)] - [T^0 + \Delta t].$$

Экономический смысл задачи заключается в нахождении такого расписания планируемых строительно-монтажных работ самостоятельной строительной организации (перечень объектов задан директивно), которое обеспечивало бы: ввод в действие пусковых объектов планируемого периода в заданные сроки, нормативную продолжительность строительства отдельных объектов, сбалансированность производственных мощностей и ресурсов с планируемыми объемами работ при минимальной стоимости реализации комплекса.

В качестве критерия оптимальности выбран показатель, минимизирующий средства, отвлекаемые в строительство. Этот показатель отражает зависимость между затраченными средствами и сроком их окупаемости (моментом сдачи законченных объектов и проведения взаимных расчетов с заказчиком).

С экономической точки зрения затраты будущего времени не идентичны затратам настоящего времени, поэтому «уменьшение среднего размера отвлеченных средств за все время строительства имеет огромное значение для повышения эффективности общественного производства и капитальных вложений» (2).

Уменьшение размера отвлеченных средств осуществляется за счет концентрации ресурсов на пусковых объектах и выбора организаций работ на отдельном объекте, обеспечивающей выполнение материалоёмких работ на стадии его завершения.

Выборанный критерий рассчитывается как сумма произведений величины затрат (сметной стоимости выполненных работ) на промежутки времени между моментом осуществления затрат и сдачей объекта в эксплуатацию:

$$F = \min \sum_{i=1}^m \sum_{n=1}^N C_i^n (\tau_n^{\text{зсп}} - t), \quad (1)$$

где  $C_i^n$  — затраты по объекту  $n$  в момент  $t$ ;  $t$  — рассматриваемый момент времени;  $\tau_n^{\text{зсп}}$  — директивный срок сдачи объекта  $n$  в эксплуатацию. При этом должны соблюдаться вышеуказанные ограничения по отдельным объектам и по всему комплексу.

В результате решения задачи определяются:

1. Для комплекса в целом: потребность рассчитываемых ресурсов в виде функции от времени.

2. Для отдельных объектов: а) сроки начала реализации; б) продолжительность строительства; в) потребность распределяемых ресурсов в виде функции от времени; г) потребность рассчитываемых ресурсов в виде функции от времени.

3. Для каждой работы: а) сроки начала и окончания, продолжительность выполнения; б) организационно-технологические варианты исполнения; в) интенсивность в виде функции от времени, т. е. графики выполнения работ; г) потребность распределяемых и рассчитываемых ресурсов во времени.

Задача многосетевого оптимального планирования в приведенной постановке решена на базе алгоритма динамического программирования, что позволило получить строгое оптимальное решение. Разработанный комплекс алгоритмов и программ оформляются для передачи в ГосФАП.

Армянский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института проблем организации и управления при ГКНТ СССР

#### ՄԵԼԻՔՅԱՆ Ե. Ս.

#### Օրացուցային պլանավորման խնդիրը տեխնոլոգիական ցանցերում

Դիտարկվում է ինքնուրույն շինարարական կազմակերպության պլանավորվող աշխատանքների շրջանակի կազմման խնդրի դրվածքը: Աշխատանքը կատարված է շինարարական համակարգի օրինակով, որը նկարագրվում է բազմածանցային մոդելի օգնությամբ: Մոդելը կազմված է տեխնոլոգիական և կազմակերպչական անկախ ցանցերից, որոնց ռեսուրսների ապահովումը կատարվում է մեկ միասնական աղբյուրից:

Համակարգում կատարվում են շ տեսակի աշխատանքներ, որոնցից յուրաքանչյուրը բնութագրվում է ինտենսիվությունների փոխհամաձայնեցված մատրիցայով, որը նկարագրում է տարբեր կազմակերպչական տեխնոլոգիական տարբերակները և նրանց ռեսուրսների ապահովումը:

Շինարարությունում ներգրավող միջոցների նվազագույն ցուցանիշը ընդունված է որպես օպտիմալության չափանիշ:

Խնդրի լուծման համար նախատեսված է օգտագործել դինամիկ ծրագրավորման մեթոդը:

#### ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

<sup>1</sup> В. И. Рыбальский, Автоматизированные системы управления строительством, Выща школа, Киев, 1979. <sup>2</sup> М. Г. Минч, Л. Д. Кондратова, Экономическая эффективность капитальных вложений и производственных фондов в строительстве, Наука, М., 1976.