

**ПОИСК БАЗОВЫХ ДОПУСТИМЫХ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ  
ПРОЕКТОВ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**к.т.н., доц. Антипенко Е.Ю.**

*Запорожская государственная инженерная академия, Украина*

*Актуальность:* Подготовка проектов возведения объектов строительства (ПВОС) включает, в первую очередь стадию качественного обоснования ресурсно-календарных планов их реализации. Важными процессами при разработке технологии и организации ПВОС является поиск оптимального формирования рациональных планов ПОС с учетом организационно-технологических и управленческих решений.

*Анализ предшествующих разработок:* Следует отметить, что ПВОС считается успешным, когда удается достичь поставленной цели при соблюдении установленных сроков и бюджета проекта [1-4, 7]. В отличие от проектов многих других отраслей экономики, ПВОС развиваются в условиях негативного влияния большого количества случайных факторов внешней и внутренней среды [5-6]. Однако невзирая на значительное усовершенствование научной и методологической базы [3-7] в сфере организации и управления ПВОС, превышение стоимости проектов и несвоевременное введение объектов строительства в эксплуатацию остается распространенным явлением [1, 6], что обуславливает необходимость дальнейших исследований в области ресурсно-календарного планирования.

*Цель исследования:* разработка метода формирования допустимого плана ПВОС при условии наличия противоречий между внутренними и внешними проектными ограничениями.

*Материал исследования.* Для проектов возведения объектов строительства, которые в процессе анализа представляются в виде сетевой модели должны выполняться ограничения, накладываемые на сеть. Такие ограничения, как правило, имеют вид:

$$t_{ij} \leq T_j - T_i,$$

где  $t_{ij}$  – продолжительность процесса (работы)  $i$ - $j$ ;

$T_i, T_j$  – сроки свершения соответственно событий  $i$  и  $j$ .

Это ограничение можно объяснить следующим образом: конечное событие работы не может свершиться раньше, чем через отрезок времени, равный продолжительности рассматриваемой работы, начиная от ее начала.

Следующий вид ограничений, который накладывается, связан с тем, что рассматриваемый комплекс работ может входить в состав большей по масштабу программы, либо представлять собой отдельно анализируемую часть проекта. Ограничение имеет вид:

$$T_1 = 0$$

где  $T_1$  – срок свершения начального события рассматриваемой сетевой модели.

Этот вид ограничений вводится, как правило, с целью упростить анализ временных оценок рассматриваемого комплекса работ и задается конкретным числовым значением начала их выполнения.

Если весь рассматриваемый комплекс входит в состав большего по масштабу, то после анализа сети сроки свершения всех событий по отношению ко всей программе можно найти следующим образом:

$$T_i^{i\delta} = T_i^k + t_{i\delta},$$

где  $T_i^{np}$  – срок свершения события  $i$  по отношению ко всей программе (проекту);

$T_i^k$  – срок свершения события  $i$  в рассматриваемом комплексе работ, для которого полагалось  $T_i^k = 0$ ;

$t_{np}$  – временной интервал между началом всего проекта и рассматриваемого комплекса работ.

Последний вид ограничений, накладываемых на сетевую модель отображает необходимость выполнения всего проекта за определенный срок или реализацию отдельных частей проекта через фиксированные временные интервалы. Этот вид ограничений может быть обусловлен самыми различными факторами, как внутренними проектными, так и внешними. Например:

- технологическая необходимость отдельной части комплекса с целью выполнения последующих;
- социальная потребность реализации программы в установленный срок;
- требования заказчика (инвестора) и т. д.

Этот тип ограничений имеет вид (для комплекса работ):

$$T^k \leq T^{зад} (T^{dir}),$$

где  $T^k$  – срок выполнения реализации комплекса;

$T^{зад}$  – заданный срок реализации комплекса работ (проекта) и называется директивными (прямыми ограничениями, накладываемыми на временные показатели проекта.

И для проектных частей ограничение имеет вид:

$$T_i \leq T_i^{зад} (T_i^{dir}).$$

Смысл такого рода ограничений заключается в том, что длина критического пути до момента времени  $T_i$  для события  $i$  не может иметь значение превышающее установленное директивное  $T_i^{dir}$ .

Для случая, когда при выполнении предпроектного анализа модели имеется несоответствие, т.е.  $T_i$  больше чем соответствующее директивное ограничение  $T_i^{dir}$ , то возникает необходимость устранения такого противоречия путем приведения соответствующей части программы к заданному значению. Таким образом, дальнейший анализ сети возможен только тогда, когда будут «решены» все возникшие противоречия между сетевыми и заданными ограничениями.

Следует заметить, что заданные ограничения могут накладываться как на весь проект в целом, так и на отдельные его части, а также на

произвольные пары событий. Этот факт значительно усложняет предварительный анализ сети и нахождение опорного допустимого плана с целью проведения дальнейшей оптимизации по выбранному критерию.

Для малых сетей решение таких противоречий не составит большой сложности и может быть выполнено путем детального рассмотрения соответствующих узких мест пересмотра необходимых сетевых параметров.

Для средних и больших сетей выявление и устранение таких противоречий «вручную» представляется невозможным в силу усложнения и насыщения исходной модели. При этом очень часто  $T^{vad}$  могут накладываться на такую пару событий или частей проекта, которые не связаны сетевыми ограничениями, что также отражается на сложности выполнения подкритических и критических проектных составляющих.

По своему смыслу многие из заданных ограничений аналогичны сетевым ограничениям и представляют собой логические и временные взаимосвязи между отдельными событиями сети. Такие ограничения имеют вид и временную оценку такую же, как и для обычных процессов сети.

Однако, учитывая то, что заданные ограничения накладываются из соображений иного характера, чем сетевые ограничения при формировании модели, они соответственно, могут отображать и так называемые «обратные связи» и временные ограничения, что приводит к образованию в сетевой модели обратных дуг, дуг с отрицательной временной характеристикой, а также наличие контуров.

Такая сетевая модель, называемая расширенной сетевой моделью РСМ, несет информацию о различных сторонах ведения проекта и может отражать не только временные и технологические, но и организационные, управленческие и другие ограничения. Это, несомненно, повышает уровень проработки проекта и принятия управленческих решений на основе совмещения и поиска компромисса между различными ограничениями. Но такая модель сложнее поддается анализу, чем стандартная сетевая модель, не имеющая контуров, обратных и отрицательных дуг. А это в свою очередь ведет к разработке соответствующих алгоритмов анализа РСМ и поиска базового допустимого календарного плана путем алгоритмического решения найденных противоречий.

Найденный допустимый план для РСМ может коренным образом отличаться от плана канонической сетевой модели (КСМ), беря в учет заданные ограничения, поэтому опорный план КСМ не может выступать стартовым для проведения оптимизации сети и ее анализа, а полученные для КСМ результаты расчетов не будут соответствовать объективно накладываемым ограничениям, что скажется на качестве управленческих решений.

Для определения оптимального плана реализации проекта по заданному критерию, как уже отмечалось выше, необходимо выявить такое состояние системы, при котором все ограничения непротиворечивы.

Устранение противоречий и нахождение опорного допустимого плана реализации проекта, т.о. представляет отдельную задачу, входящую в комплекс задач, решаемых при оптимизации календарных графиков проекта.

Для графа вида:  $G(U, A)$

где  $U$  – множество всех событий в сети,

$A$  – множество всех дуг в сети, при отсутствии контуров.

Множество всех ограничений непротиворечиво, следовательно удовлетворяет сколь угодно большим сроком календарного плана.

В случае наличия контура в графе  $G(U, A)$  система неравенств будет непротиворечива только в том случае, когда контур будет неположительной длины. Это объясняется тем, что заданный инвестором срок не должен превышать:

$$\begin{aligned} T_{сети} &\leq T_{треб} \\ T_{сети} - T_{треб} &\leq 0 \end{aligned}$$

Если же в сети имеется контур положительной длины (сумма продолжительностей всех дуг входящих в контур с учетом их направленности), то для нахождения допустимого календарного плана необходима корректировка исходной сетевой модели, основанная на выделении противоречивых («узких») мест.

Выше уже отмечалось, что для сетевых моделей небольшого масштаба выявление противоречий в накладываемых ограничениях (а именно имеется в виду выявление положительных контуров в сети) не представляет трудностей и может быть выполнено путем обыкновенного перебора всех существующих сетевых контуров. Для сетевых моделей среднего и, особенно, большего масштаба выявление контуров положительной длины без использования соответствующего прикладного аппарата, связанного со значительными трудностями и во множестве случаев просто невозможно в силу большой размерности сети, большого количества операций и сложной сетевой структуры.

С этой целью (для решения задачи устранения противоречий с целью проведения дальнейшей оптимизации календарных сроков по заданному критерию) необходимо разработать алгоритм нахождения базового допустимого календарного плана.

Предлагаемый к разработке алгоритм будет базироваться на процедуре расстановки пометок [8], разработанной канадскими учеными Л. Фордом и Д. Фалкерсоном.

Суть поиска контуров положительной длины рассматриваемой сетевой модели в разрабатываемом алгоритме сводится к следующему:

1) задается первичный опорный план, который может быть как допустимый (конец работы алгоритма), так и недопустимый (наличие контуров положительной длины);

2) определяются резервы  $r_{ij}$  для всех дуг сети:

а) если все резервы сети  $r_{ij}$  неотрицательны – значит в сети находятся только положительные контуры. Следовательно ограничения непротиворечивы и сетевая модель совместна;

б) если имеются отрицательные дуговые резервы  $r_{ij}$  – значит имеются контуры положительной длины, содержащие найденную дефектную дугу с отрицательным  $r_{ij}$ . В этом случае для устранения противоречия необходима

процедура расстановки пометок Форда-Фалекрсона с последующим изменением календарных сроков (сроков свершения событий).

*Выводы.* Предлагаемый к разработке алгоритм поиска базового допустимого плана для сетевых моделей ПВОС (имеющих противоречия в сетевых и задаваемых ограничениях) дает возможность: вскрывать резервы сил, средств и времени, скрытые в нерациональной организации управляемого процесса, осуществлять контроль за ходом процесса сразу по нескольким направлениям, исключать из-под усиленного контроля те операции, которые не влияют на временные характеристики процесса, находить «узкие места» и своевременно преодолевать их; упростить внесение изменений, уточнений и дополнений в планы, обеспечивая тем самым гибкость и требуемую периодичность планирования.

#### **ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Антипенко Е.Ю. Принципы анализа капитальных вложений: Монография / Е.Ю. Антипенко, В.И. Доненко. – Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. – 420 с.

2. Доненко В.І. Формування раціональних планів відновлення об'єктів будівництва // Сб. научн. тр. Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – Вып. 35. – ч. 1. - С.193-198.

3. Киринос В.М. Организационно-экономическое регулирование при планировании результативности деятельности предприятий строительного комплекса / В.М. Киринос, В.Ф. Залуниин, Т.В. Ткач // Сб. научн. трудов Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – Вып.50. – С.242-247.

4. Поколенко В.О. Формування раціональної програми втілення проектів інвестицій інтегрованим методом балансу інвестиційних критеріїв // «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – К.: КНУБА, 2003. - С. 38-54.

5. Радкевич А.В. Системотехнічні аспекти організаційно-технологічних рішень відновлення споруд. – Дніпропетровськ: Видавництво «Вега», 2005. - 346 с.

6. Самаха Бассам Фарес Формирование и оптимизация календарных моделей на основе нечетких критериев как фактор снижения рисков реального инвестирования в условиях смешанной экономики // Зб. наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». - К.: КНУБА, 2005. - Вип.14. - С.42-55.

7. Тянь Р.Б. Разработка модели оценки и выбора параметров реализации строительного проекта в условиях неопределённости / Р.Б. Тянь, Ф. Эльнакла // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпропетровськ: ПДАБА, 2003. - №12. – С.43-50

8. Форд Л., Фалкерсон Д. Поток в сетях: Пер. с англ. –М.: Мир, 1966. – 276 с.