

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

ОПЫТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОЕКТОВ

Л. Г. ГОЛУБ, Е. Н. ЛЯШЕНКО

(Таллин)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается процесс планирования производственной деятельности в организациях, выполняющих одновременно работы по реализации многих (порядка нескольких сотен) сложных проектов, в общем случае совместно с соисполнителями. Объектами планирования являются ресурсы и технико-экономические показатели в разрезах календарных периодов, проектов и подразделений (исполнителей), а также по организации в целом.

Общий случай представляет собой сочетание задач планирования ресурсов с целью рационального распределения заданных их объемов по одним видам и расчета потребности по другим и технико-экономических показателей, из которых одни фиксируются как задания, а значения остальных получают расчетным путем.

Характерными представителями класса упомянутых организаций являются генподрядные строительные, проектные организации, предприятия, осуществляющие монтажные и пусконаладочные работы, и т. п.

Основная задача текущего и оперативного планирования для указанных организаций — составление календарного расписания.

Размытость условий, а также значительная размерность задач не всегда позволяют применить традиционные подходы, поэтому на базе сетевых методов были построены экономико-математическая модель реализации проектов и эвристические алгоритмы с достаточно развитой логикой. На практике принятие решений предполагает участие человека, управляющего как входными параметрами, так и процессом расчета. Процедура планирования состоит из трех этапов. Первые два представляют собой структурную настройку, которая заключается в выборе локальных задач (I этап) и методов их решения (II). На III этапе выполняется параметрическая настройка этих методов с учетом специфики планирования. Реализованный язык генерации позволяет пользователю без специальной подготовки быстро и просто управлять процессом планирования моделей авто-

Ниже анализируется опыт разработки и использования моделей автоматизированного планирования на примере строительных организаций, условия и методы производственно-хозяйственной деятельности которых чрезвычайно разнообразны.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ

Создание автоматизированной системы планирования производства — трудоемкий, дорогостоящий и длительный процесс, успешное завершение которого во многом зависит от эффективного выполнения всех связанных с ним работ. Однако организация разработки таких систем редко является

предметом научного анализа. Считается, что последовательность необходимых процедур достаточно очевидна и включает постановку задачи, создание экономико-математической модели, программирование и оформление технической, методической и инструктивной документации, опытное внедрение и, наконец, сдачу в промышленную эксплуатацию. На практике все происходит намного сложнее.

Пятнадцатилетний опыт проектирования, совершенствования и внедрения системы, рассматриваемой в настоящей статье, показывает, что этот процесс не соответствует сложившейся практике проведения и финансирования научно-исследовательских и проектных работ в данной области. Обычно для выполнения таких работ плановые органы предусматривают 2—4 года, причем в этот срок включается один-два квартала опытной эксплуатации, после которой предполагается ввод системы в промышленную эксплуатацию. Для класса указанных выше организаций пока нет достаточного опыта автоматизированного планирования, разработка подобных систем требует существенно больше времени, причем широкому внедрению систем предшествуют следующие этапы работ.

Первый — создание экономико-математической модели для исследования объекта управления в производственных условиях. В нашем случае на это ушло пять лет: в 1965—1967 гг. была разработана общая схема модели, принципиальные постановки задач, формализованы основные процедуры, а в 1967—1969 гг. закончены и отлажены машинные программы [1] и подготовлены инструктивно-методические материалы [2]. Учитывая, что алгоритмическое и информационное обеспечение прошло научное обсуждение среди экономистов-строителей (практиков и теоретиков) и специалистов по применению ЭММ, авторы считали, что модель пригодна для опытной проверки и скорой сдачи в промышленную эксплуатацию. Только значительно позже стало понятно, что эта модель является тем инструментом, с помощью которого можно в реальных условиях достаточно глубоко исследовать процессы планирования в строительных организациях и получить данные для ее коренного совершенствования.

Второй этап — исследование объекта управления с помощью эксплуатации модели — продолжался около трех лет (1970—1972 гг.). Одновременно проводились научный анализ ее функционирования, дальнейшее развитие и улучшение. Были сформулированы следующие цели этого этапа: оценка методов подготовки исходной информации, отработка технологий функционирования модели, выявления рациональных форм выходных документов, оценка математического обеспечения, разработка методов привязки модели к требованиям пользователя, создание приемов учета условий планирования, не реализованных в модели, оценка результатов внедрения. Установлено, что используемые при планировании сетевые модели существенно отличаются от традиционных [3], применявшихся для управления отдельными проектами. Так, из сетевых моделей для автоматизированного планирования были исключены почти все организационные зависимости (переходы бригад, механизмов и т. п.), вместо явного задания продолжительностей работ использовались методы их расчета и т. д. Из математического обеспечения были изъяты процедуры учета некоторых специфических условий планирования, предъявляющие чрезмерные требования к ресурсам мощностей ЭВМ.

Статистические данные о соответствии запланированных, принятых и фактически осуществленных заданий показали, что утверждалось к выполнению (в зависимости от метода оценки) 66—78% работ машинного варианта плана, а фактическое исполнение составляло 48—52%. Параллельно собиралась и анализировалась информация о причинах расхождений [4].

Третий этап — переход от экономико-математической модели к автоматизированной системе планирования — продолжался с 1972 по 1976 г. Разница между построением модели и системы, на наш взгляд, в том, что основным содержанием работы вместо исследования собственно экономико-математической модели планирования стал поиск практически приемлемых для массового применения методов подготовки исходных данных, технологии планирования и способов принятия решений на базе результатов расчетов. Система автоматизированного календарного планирования получила название «А-План». Были уточнены методики и инструкции по функционированию системы, создано необходимое программное обеспечение, принципиально разработаны сопутствующие задачи по подготовке строительного производства и материально-технического снабжения. Система стала пригодной для расширенной эксплуатации без участия авторов.

Практика показала, что для обучения принятию решений совместно с ЭВМ недостаточно предусмотренных нормативными документами контрольных примеров. Возникла потребность в специальной модификации модели для этой цели.

В 1976 г. началось практическое применение системы, к началу 1980 г. ее использовало более 40 трестов с общей численностью персонала более 100 тыс. человек. Система эксплуатируется в различных производственно-хозяйственных условиях, в трестах: осуществляющих строительство на одной площадке, в одном городе и с рассредоточенностью объектов до тысячи километров; сооружающих узкую номенклатуру типовых зданий и сооружений и уникальные объекты; производящих лишь несколько видов работ и практически все работы по строительству сложных объектов. Численность персонала в трестах колеблется от 400—500 до 10 тыс. человек.

Коренная модернизация системы, вызванная переходом на ЕС ЭВМ, заняла всего около двух лет.

Основными направлениями нынешнего этапа совершенствования системы являются: отражение положений Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 12 июля 1979 г., предусматривающих переход на оценку деятельности строительных организаций по товарной продукции; учет результатов практического внедрения; расширение использования средств диалогового режима.

Ниже иллюстрируется применение системы для решения многоаспектных проблем планирования строительного производства.

ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ

Развитие системы связано с решением круга реальных задач путем поэтапного подключения новых комплексов задач и совершенствованием моделей и методов расчетов по результатам функционирования.

Ситуации, при которых необходима постановка и разработка новых задач, возникают нередко. Так, например, в первых версиях системы не был предусмотрен учет объемных ограничений на материально-технические ресурсы (МТР). Пользователи отмечали, что при планировании традиционными методами эти ограничения принимаются во внимание, и настаивали на согласовании плана работ с лимитами на МТР. Система была дополнена соответствующим блоком, но оказалось, что он не используется, за исключением редкой категории трестов, в состав которых входят предприятия по производству строительных конструкций. Детальное исследование процесса материально-технического обеспечения строительства позволило вскрыть причины такого парадоксального явления.

Перебои в материально-техническом снабжении приводят к частым срывам выполнения планов работ, поэтому у руководителя строительной

организации создается впечатление, что балансирование потребности в материальных ресурсах с возможностями ее удовлетворения устранит важнейший дестабилизирующий фактор производства. Так как в традиционных системах* календарные планы на год обычно не составлялись, а формировались на месяц, иногда на квартал, оказалось, что пользователи распространяют приемы оперативного планирования на текущее. При формировании годового плана у них еще не было данных о ресурсных ограничениях, а свои интуитивные представления они не могли оценить количественно. Потребовались значительные усилия с привлечением специалистов по материально-техническому обеспечению для разработки системы формирования ресурсных ограничений — так называемого ресурсного потенциала строительной организации [5].

Приведем еще один пример, иллюстрирующий принципы развития системы. На начальных этапах ее эксплуатации пользователю предлагался жесткий эвристический алгоритм формирования календарного расписания, рациональный в среднем. Заложенные в алгоритме правила являются тактическими приемами разрешения конфликтов между возможностями и потребностями для достижения конечных (стратегических) целей. Пользователи утверждали, что при планировании традиционными методами спектр тактических приемов значительно шире, а их набор существенно зависит от стратегии планирования. Были затрачены большие усилия для реализации весьма эффективного метода задания разнообразных правил, тем не менее не удалось в полной мере использовать предоставленную системой возможность. Оказалось, что при традиционном планировании производится неявная оценка промежуточных результатов. В автоматизированном режиме этого не делается, следовательно, выявить новую ситуацию и принять решение о смене тактики нельзя, а заранее прогнозировать момент смены правил и изменения в их наборе практически невозможно. В результате определился комплекс исследовательских проблем по классификации и оценке ситуаций, возникающих в процессе планирования. Такая оценка либо доводится до пользователя для принятия решения, в частности, о смене правил планирования, либо служит для выработки решений в автоматизированном режиме. В первом случае предлагается привлечение эксперта в контрольных точках процесса для выполнения анализа полученного варианта — оценка загрузки мощностей, обеспечение сроков ввода и т. д. — в режиме диалога. Для реализации второго случая в настоящее время ведется накопление статистической информации о методах принятия решений человеком.

Расширение круга задач в значительной мере связано с изучением тенденций развития экономического механизма, организации и управления строительным производством. В качестве характерного примера такого рода можно привести следующий.

В начале 70-х гг. все большее внимание в строительстве стало уделяться бригаде как первичному коллективу, непосредственно реализующему производственный процесс; значительное распространение получили комплексные бригады, которые выполняют широкую номенклатуру строительно-монтажных работ. Частая смена производственных процессов при возведении зданий и сооружений определяет динамический характер строительства, однако численность, квалификация, специализация, уровень организации бригад достаточно стабильны. Для достижения соответствия указанных характеристик бригад постоянно сменяющимся строительно-монтажным работам необходимо специально учитывать

* Под традиционными понимаются системы, в которых не применяются ЭММ и ВТ.

бригадный фактор на стадии календарного планирования. С этой целью в состав системы был включен комплекс задач формирования графиков работы бригад. Своевременное выявление, постановка и анализ этих задач позволили к моменту широкого распространения метода бригадного подряда создать достаточно эффективный инструмент их решения.

В первые годы работы над системой шел процесс ее развития «вглубь», когда не ставились новые задачи, а уточнялись и по-иному осмысливались уже решенные. После прохождения определенного порога началось совершенствование системы «вширь», включение в нее принципиально новых задач, например планирования работы бригад.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ

Практика показала, что почти для всех трестов переход к автоматизированному календарному планированию совершался в стадиях, каждая из которых порождала конкретные проблемы [6].

Основная из них на первой стадии внедрения — комплексная подготовка качественной исходной информации для планирования. Созданное математическое обеспечение давало возможность получать детальные календарные планы, сбалансированные по всем основным видам ресурсов. Для гарантии качества планирования пользователи стремились максимально детализировать описание сетевых моделей и применять для расчета их параметров наиболее точные методы. Однако оказалось, что такая точность, достижение которой требует больших затрат труда в ограниченное время, избыточна на фоне значительной неопределенности других факторов, связанных с исходными данными (портфель проектов, сроки их выполнения и т. п.). Анализ подготовки первичной информации выявил необходимость построения иерархических структур работ, ресурсов и т. д. в зависимости от этапов планирования и разработки их нормативной базы, а также унификации создания сетевых моделей с последующей автоматизацией этого процесса.

Опыт позволил регламентировать объемы информации на каждом уровне и дать рекомендации по привязке соответствующих классификаторов к условиям конкретных организаций согласно технологическим и организационным особенностям. Использовать какие-либо формальные методы для оптимизации уровней детализации пока не удалось из-за необходимости учета очень большого количества различных факторов.

При решении вопроса об унификации разработки сетевых моделей нужно было преодолеть инерцию методологии системы «Перт», рассчитанной на построение сетей для отдельных проектов с уникальной технологией их реализации. Были предложены методы создания типовых сетевых моделей и их фрагментов, необходимое нормативное и оригинальное математическое обеспечение автоматизации формирования сетевых моделей конкретных проектов с помощью типовых избыточных структур [7].

На второй стадии внедрения возникает новая проблема, связанная со своевременностью выполнения расчетов. Дело в том, что предусмотрены достаточно жесткие сроки выполнения расчетов для представления планов в вышестоящие органы или доведения их до исполнителей. Оказалось, что включение ЭВМ в цикл планирования само по себе не только не сокращает длительности процедуры планирования, но во многих случаях существенно ее увеличивает. Это вызвано рядом факторов. В частности, большое количество ошибок объясняется тем, что кадры не обладают достаточным опытом подготовки данных для машинных расчетов. Следует также учитывать, что к исходной информации, предназначенной для составления планов на ЭВМ, предъявляются существенно более высокие требования, чем при традиционных методах, когда в ходе процесса плани-

рования человек выявляет и исправляет допущенные ошибки. Кроме того, в традиционных системах планирования имеют дело чаще с одномерной информацией (плановик рассматривает стоимостные показатели, технолог — объемы работ, механик — машиносмены и т. д.). В автоматизированном планировании используется многомерная информация (сразу по всем показателям), поэтому проверка ее на стадии подготовки порождает существенные объективные трудности. Здесь ошибки чаще всего обнаруживаются уже после выполнения расчетов в результате анализа сформированного на ЭВМ плана; их устранение, а затем новые циклы вычислительных процедур требуют существенных затрат времени.

Решение данной проблемы связано с проведением ряда мероприятий — совершенствованием нормативной базы, повышением быстродействия алгоритмов и программ, обучением кадров, отработкой технологии автоматизированного планирования. Для сокращения цикла планирования была разработана система оценочных расчетов, которая до начала процесса формирования плана предоставляет пользователю информацию для неформального контроля исходных данных и оценки возможных показателей вариантов плана. В целом проблема сокращения продолжительности планирования решается относительно легко и приближает пользователя системы к третьей стадии, когда доминирующим фактором становится качество формируемого плана.

Понятие качества календарного плана работ крупной организации, занятой реализацией большого количества сложных проектов, весьма условно. Имели место случаи, когда вариант плана высоко оценивался технологом, механиком, начальником производства, однако при этом оказывались неудовлетворенными некоторые требования экономиста. Учет этих требований приводил к ухудшению технологических и других показателей плана. В практических условиях выработка приемлемого по качеству варианта плана осложняется и тем, что в автоматизированном планировании решения принимает по существу один человек, а оценка плана в значительной мере зависит от субъективных взглядов различных специалистов и руководителей. Приближение к такому варианту — итерационный процесс, в котором подвергаются переоценке и корректировке цели и стратегия, тактические приемы и т. д. вплоть до характеристик отдельных работ.

Квалификация человека, управляющего этим процессом, и умение найти разумные компромиссы в большинстве случаев определяют успех дела. Данные о формировании годовых планов трестов одного из строительных главков показывают, что приемлемый вариант формируется за 3—7 шагов, хотя нередки случаи, когда итераций бывает больше или вообще не удается добиться удовлетворительного результата. Наряду с квалификацией работника существенную роль играют размерность решаемой задачи, сложность возникшей ситуации, длина планового периода, права и информированность плановика.

Изучение процесса внедрения системы в условиях, когда анализ и принятие решений происходят при многокритериальности и размытости моделей, привело к выводу о необходимости создания тренажера. С его помощью отрабатываются основные аспекты автоматизированного планирования всеми участниками этого процесса. Тренажер на шести реальных проектах моделирует деятельность гипотетического строительного треста с учетом всех взаимосвязей и специфических особенностей его функционирования. Моделирование различных ситуаций на тренажере позволяет научиться вырабатывать решения, обеспечивающие получение результата за минимальное число итераций.

Расчет варианта плана на тренажере занимает около 5 мин. Обучаемые анализируют исходные данные, оценивают возможность достижения по-

ставленных целей, принимая во внимание конкретную производственно-хозяйственную ситуацию, и детально изучают вариант плана, с которого начинается процесс его составления. Затем они подготавливают предложения по изменениям исходной информации и правил планирования, на основании которых формируется очередной вариант. При исследовании нового варианта стремятся в первую очередь выявить связи между изменениями в исходных данных и их последствиями в этом варианте.

Опыт показал, что для многих производителей наиболее важным оказывается не столько результат расчетов, сколько сам процесс автоматизированного планирования. Принимая участие в этом процессе, человек более детально проникает в существо складывающейся производственно-хозяйственной ситуации, находя узкие места в производственном процессе, и т. д. Мы неоднократно были свидетелями того, как руководители трестов в ходе анализа исходной информации и вариантов плана принимали решения, вообще не имеющие, как кажется, отношения к календарному плану работ. Важным здесь является возможность оценки далеких последствий решений, принимаемых в текущий момент.

Для дальнейшего развития подготовки специалистов в Киевском инженерно-строительном институте на базе системы «А-План-ЕС» разрабатывается деловая игра. Перспективы ее использования связываются с надеждами обучить человека эффективно выбирать постановку задачи с учетом конкретной производственно-хозяйственной ситуации.

Выбор постановки задачи имеет два аспекта: во-первых, выявление экономического существа решаемой проблемы и, во-вторых, учет организационно-структурных и организационно-технологических факторов. С первым аспектом связано определение стратегии планирования. Одна из наиболее часто применяемых стратегий предусматривает рациональное по-ребление выделенных ресурсов при ограничениях, налагаемых принятой технологией и организацией производства. В этом случае не всегда достигаются запланированные технико-экономические показатели. Другая стратегия предполагает определение необходимых ресурсов для получения запланированных показателей. Однако на практике встречаются чаще всевозможные комбинации указанных стратегий. Экономическое существо решаемой задачи различные специалисты представляют себе неодинаково. Учет второго аспекта существенно проще, так как он связан с объективными факторами — количеством и взаимосвязью уровней управления, этапами, включенными в процесс непрерывного планирования, и т. д. Разработанный подход позволяет решать весь спектр рассматриваемых задач с применением эвристических алгоритмов, методов Форда — Фалкерсона определения максимального потока в сети, ветвей и границ, венгерского метода решения задач о назначении и т. д. Предусмотрена параметрическая и структурная настройка, что обеспечивает возможность привязки системы к условиям конкретных организаций и осуществления вариантно-го планирования, а в дальнейшем — перехода к интерактивным методам решения.

Оценка качества плана имеет смысл только в контексте методов и направлений его использования в управлении производством. Первоначально казалось, что годовые и оперативные календарные планы работ, составленные с учетом технологии и организации возведения объектов, лимитов по всем основным видам ресурсов и заданных значений важнейших технико-экономических показателей, должны служить для организации всей производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Однако на практике не во всех случаях достигается согласование сформированного на ЭВМ варианта плана с установленными показателями, а изменить их можно далеко не всегда. Таким образом, возникает проблема поиска

эффективных направлений применения сформированных на ЭВМ планов и методов их направленного изменения с целью последующего использования [8]. Если эту задачу удастся решить, т. е. результаты машинных расчетов послужат для решения управленческих задач, то система может быть признана эффективно внедренной.

Автоматизированное планирование предполагает особую организацию выдачи результатов расчетов. При наличии в базе данных большого количества разнообразной информации важным является набор рациональных методов ее предоставления пользователю. Существуют несколько принципиальных подходов к решению этой проблемы. Один из них предусматривает полную регламентацию структуры и форм выходных документов и передачу их пользователям в качестве обязательной части системы. Другой исходит из необходимости максимального учета специфики конкретных условий и традиций. Более жизненным, с нашей точки зрения, является третий подход — сочетание передачи значительного набора выходных документов (однако не в качестве обязательной части системы) пользователю и организации с учетом специфики его деятельности информации для наиболее удобного проектирования и программирования новых форм. При этом следует принимать во внимание, что отсутствие в традиционных системах многих видов информации, которая может формироваться с помощью ЭВМ, не позволяет априорно проектировать рациональную структуру документов.

Практика показала, что на первых этапах создания систем стремятся выдавать сравнительно небольшое количество выходных документов, обладающих большой информационной емкостью. Затем наблюдается тенденция к созданию узкоспециализированных форм, количество которых резко возрастает. Нередко пользователю передается такое количество документов, что для работы с ними необходимо увеличивать персонал организации. Например, годовой план среднего треста (без графиков потребности в материальных ресурсах и механизмах) включает десятки документов общим объемом в несколько сотен страниц.

Для рациональной выдачи результатов расчетов разработана иерархическая система выходных документов с учетом структуры организации, этапов планирования и т. д. Анализ вариантов плана начинается с документов верхнего уровня, детализация показателей которого содержится в документах низших уровней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплекс программ «А-План» НИИ строительства Госстроя ЭССР. Таллин, «Валгус», 1971.
2. Методические указания по применению системы «А-План». Таллин, 1972 (НИИС Госстроя ЭССР).
3. Временная инструкция по разработке комплексных укрупненных сетевых графиков в составе проектной документации. Таллин, 1973 (Госстрой ЭССР).
4. Л. Г. Голуб. Экспериментальная проверка автоматизированной системы оперативного календарного планирования работ. В сб. Исследования по строительству. Планирование и управление. Таллин, 1973 (НИИС Госстроя ЭССР).
5. В. Л. Вайнгорт, Л. Г. Голуб. Об учете ограничений по материально-техническим ресурсам в задачах календарного планирования. В сб. Исследования по строительству. Планирование и управление. Таллин, 1974 (НИИС Госстроя ЭССР).
6. Л. Г. Голуб. А-План: анализ опыта применения и совершенствования. На стройках России, 1978, № 10.
7. О. О. Мююрсерн, Л. Г. Голуб. Вопросы типизации сетевых моделей. В сб. Исследования по строительству. Планирование и управление. Таллин, 1978 (НИИС Госстроя ЭССР).
8. Л. Г. Голуб, Е. Н. Ляшенко. АСУ строительного треста. М., Стройиздат, 1976.

Поступила в редакцию
28 II 1980