

## ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

В. Я. АЛТАЕВ

(МОСКВА)

Задачи организационного управления по мере развития народного хозяйства, науки и техники усложняются. В то же время к решениям задач этого класса предъявляются все более высокие требования, сводящиеся в конечном счете к тому, что решения должны приниматься на научной основе и должны быть в широком смысле оптимальными.

К числу задач организационного управления относятся, в частности, задачи разработки планов достижения поставленных целей и непосредственного управления процессом реализации принятых планов. Существует самостоятельное научное направление, получившее название исследования операций, которое стремится подвести количественную базу под решение организационных задач, т. е. свести их к математическим моделям, и, «решая» модель, найти оптимальный или близкий к нему результат, удовлетворяющий условиям задачи. В рамках исследования операций, охватывающих необычайно широкий и разнообразный круг организационных задач, решения, как правило, выражаются в экономических терминах.

Именно здесь, в исследовании операций, и были предложены сетевые модели как средство повышения эффективности планирования комплексов операций (проектов) и управления их реализацией. На основе сетевых моделей строятся системы сетевого планирования и управления (системы СПУ), получившие широкое распространение в самых различных сферах общественного труда.

Первоначальное представление о системах СПУ как об автоматических или, как иногда писали, машинных системах, применяемых исключительно к крупным, уникальным проектам, не соответствует существу этих систем. В сетевых системах могут применяться различные средства автоматической переработки и передачи информации, под которыми обычно подразумевают, в первую очередь, ЭВМ. Однако в каждом конкретном случае целесообразность использования ЭВМ нужно обосновать.

Сейчас уже имеется большое число примеров, когда применение ЭВМ для анализа сетей явно нерационально. В ряде работ советских авторов предложены эффективные алгоритмы ручного подсчета сетей, содержащих до 500 событий. Имеется также большое число работ зарубежных авторов, в которых рассмотрены «ручные» варианты систем СПУ применительно к самым различным по объему (т. е. количеству операций и событий) и содержанию проектам.

Независимо от того, используются ли в системах СПУ средства автоматической переработки информации, системы этого класса никак нельзя отнести к автоматическим, хотя между системами обоих классов и существует известная аналогия в том смысле, что они являются замкнутыми системами и реализуют довольно близкие функции, например, сравнения действительного состояния управляемой системы с заданным, подстройки

задания в соответствии с изменениями условий функционирования и т. п. Однако в системах СПУ формирование управляющих воздействий (принятие решений) осуществляется людьми, в то время как в системах автоматического управления эти функции выполняют технические устройства, реализующие в ряде случаев весьма сложные, но в конечном счете точные алгоритмы управления.

По существу, задача системы СПУ заключается в том, чтобы обеспечить руководство различных уровней проекта своевременной достаточно полной и точной информацией, на основании которой можно принимать оптимальные или близкие к ним решения. Только при условии активного и «квалифицированного» участия людей, прежде всего, руководителей различных рангов, можно вообще говорить о функционировании СПУ. Эту принципиальную особенность сетевых систем следует всегда учитывать при оценке их возможностей и получаемых результатов.

Почему же все-таки сетевые методы и системы, не будучи автоматическими, обладают существенными преимуществами в сравнении с традиционными методами планирования и управления?

Представление плана реализации проекта в виде сети значительно повышает качество самого процесса планирования, так как при построении сети гораздо более точно, чем при обычном планировании, определяется множество операций, «необходимое и достаточное» для достижения поставленных в проекте целей. Иными словами, логика построения сетевого плана проекта способствует выявлению и включению в план всех тех операций, от которых действительно зависит реализация проекта, а также исключению из плана операций, не имеющих отношения к проекту. Практика построения сетевых планов свидетельствует о том, что именно в форме отображения планов заключается одна из принципиальных особенностей систем СПУ. В зарубежных источниках указывается, что значительная доля (до 80%) выгод, получаемых благодаря применению сетевых систем, определяется этой особенностью.

Сетевая форма плана весьма наглядно отображает все связи между операциями проекта, часто выпадающие из рассмотрения при планировании достаточно сложных проектов. Сеть является, по существу, моделью проекта, определяющей порядок выполнения операций во времени. Из этой модели, взяв любую операцию, можно сразу извлечь информацию о том, какие операции должны быть завершены, чтобы могла начаться данная, и какие операции могут начаться, когда будет завершена данная. Обычные планы не содержат такой информации.

Наконец, сетевая модель представляет собой не только средство отображения элементов проекта и отношений следования между ними, но и является математическим объектом — направленным графом, который можно подвергнуть точному и разностороннему анализу. Поставив в соответствие дугам графа неотрицательные числа, определяющие продолжительность операций проекта, можно найти ряд характеристик сети (наиболее ранние возможные и наиболее поздние допустимые сроки наступления всех событий, ранние и поздние сроки начала, а также ранние и поздние сроки окончания всех операций, определить критический путь или пути, различные виды резервов времени событий и операций, вычислить коэффициент «критичности» любого пути и т. п.). Целесообразность определения тех или иных характеристик сети обусловлена содержанием проекта и требованиями, предъявляемыми к методу анализа. Этот вопрос не освещен пока должным образом в литературе. В ряде работ определяются некоторые характеристики сети, которые практически нигде не используются, т. е. получают избыточную информацию, совершенно бесполезно увеличивая объем вычислений. Имеются работы, где при анализе

сети находят весьма ограниченное число характеристик, но обоснование принятого метода анализа не дается. Необходимо выработать точные и достаточно универсальные критерии, которые позволяли бы определить в каждом конкретном случае, какие характеристики следует вычислять и какой вариант анализа (детерминированный или вероятностный) является целесообразным.

Поскольку сеть представляет собой модель проекта, то на ней можно экспериментировать, т. е., приняв определенные решения, вычислять, к каким результатам они приводят в смысле влияния этих решений на продолжительность всего проекта в целом или на сроки наступления отдельных промежуточных событий. «Проигрывание» на сети принятых решений производится как на стадии разработки исходного плана проекта, так и на различных этапах процесса его реализации.

Представление плана в виде сети позволяет точно распределить обязанности между исполнителями, причем при правильной организации работы ответственные исполнители обязательно участвуют в разработке плана (построении сети), что, естественно, обеспечивает более реальную основу для выполнения плана.

Существенным положительным фактором, выгодно отличающим систему СПУ от обычных систем планирования и управления проектами, является получение информации о наиболее важных (критических) операциях, обуславливающих общую продолжительность проекта. Как правило, в достаточно крупных проектах число критических операций составляет около 10% от общего количества. Выделение этих операций позволяет руководству сосредоточить внимание на решении задач, имеющих принципиальное значение для выполнения заданных сроков реализации проекта, не расплываться на второстепенные задачи, осуществлять управление на так называемом принципе «исключения». Правильное использование этого принципа подразумевает возможность оперативной перераспределения в связи с изменениями, возникающими в ходе выполнения проекта.

Критические и подкритические пути меняются, иногда довольно быстро. Поэтому в достаточно длительном проекте мало вероятно, что первоначальный критический путь сохранится на протяжении всего срока реализации. Следовательно, руководство не может рассчитывать на то, что, обеспечив выполнение операций исходного критического пути в намеченные сроки, оно тем самым полностью обеспечило проект. Необходимо предусмотреть возможность маневрировать ресурсами с целью их переброски на операции новых критических или подкритических путей, возникающих в ходе реализации проекта. Тем не менее в рамках системы СПУ надежность прогнозирования «узких мест» гораздо выше, чем в обычных системах планирования, что облегчает задачи руководства и повышает его эффективность.

Представление информации в форме сетевого графика является, кроме того, весьма наглядным и эффективным средством связи между различными организациями или исполнителями, участвующими в реализации проекта.

Основные характеристики, которыми должен обладать проект, чтобы к нему можно было применить систему СПУ, сводятся к следующему. Прежде всего, он должен представлять собой точно определенное конечное множество операций и событий, т. е. должны существовать события, определяющие начало проекта, и события, соответствующие его окончанию, являющиеся целями реализации проекта, которые точно задаются еще до того, как начинаются работы по проекту. Все элементы, на которые расчленяется проект (операции и события), также должны точно определяться.

Оценки продолжительности всех операций должны быть определенными хотя бы в самых широких пределах. Любая операция, включенная в проект, должна принадлежать по крайней мере одному пути, связывающему начальное событие проекта с конечным, причем любой путь должен содержать по крайней мере одно событие, принадлежащее какому-либо другому пути. Чем больше взаимосвязей между операциями (событиями), тем больший эффект дает применение сетевых методов. И наконец, существенно, чтобы между всеми операциями проекта можно было задать по крайней мере один набор отношений следования.

Насколько велик должен быть проект по объему и какова минимальная продолжительность проекта? Точные ответы на эти вопросы пока отсутствуют. Но по экспериментальным данным можно судить, что применение систем СПУ к проектам с расчетной продолжительностью порядка 300 чел.-часов уже дает ощутимый эффект. Что касается объема проекта, то аналогичные выводы относятся к проектам, содержащим всего 15—20 событий в случае, когда они сильно связаны. Очевидно, что при этом имеется в виду наиболее детальное расчленение проекта на элементы, исходя из его конкретного содержания.

Перейдем к рассмотрению области применения систем СПУ. Несколько лет назад, вскоре после разработки этих систем, было широко распространено мнение, что они предназначены, главным образом, для проектов большого объема, содержащих значительный процент научно-исследовательских и экспериментально-конструкторских работ, проектов, продолжительных по времени и характеризующихся высокой степенью неопределенности, в реализации которых принимают участие десятки и даже сотни организаций. Часто подчеркивался уникальный характер этих проектов, для которых было даже предложено особое название — «одноразовые комплексы». Однако скоро выяснилось, что сетевые методы и системы являются гораздо более универсальным средством. В настоящее время трудно указать такую область, где применение этих систем было бы противопоказано.

Можно сказать, что везде, где возникают задачи планирования и организационного управления, правильное применение систем СПУ наверняка дает полезные результаты.

В отечественной практике системы СПУ получили особенно широкое практическое распространение в области гражданского и промышленного строительства. Правда, имеются отдельные примеры применения сетевых методов и систем к проектам иного рода: сборки корабля на стапеле, разработки и освоения производства изделий радиотехнической и электронной промышленности, ремонта мартеновских печей, планирования учебного процесса в ВУЗе и даже производства кинофильма. Начаты работы по внедрению систем СПУ в химию, цветную металлургию, машиностроение. К числу пионеров сетевых систем принадлежат такие организации, как Институт автоматизации и телемеханики (технической кибернетики), НИИ технологии и организации производства, Институт кибернетики АН УССР, ЦЭМИ АН СССР, Институт экономики и организации промышленного производства СО АН СССР, Гипротис Госстроя СССР, НИИСП Госстроя УССР. Некоторые работы по системам СПУ экспонируются на ВДНХ.

Таким образом, уже теперь достигнуты определенные успехи в отношении разработки и практического внедрения сетевых систем, а также в смысле ознакомления работников различных отраслей промышленности с этим новым направлением в планировании и административно-управленческой деятельности. Однако было бы глубоко ошибочным считать, что существующим положением можно довольствоваться. По масштабам и глубине разработки теории сетевых систем, по темпам их внедрения в на-

родное хозяйство, по разнообразию применения, а также по опыту эксплуатации мы пока что отстаем от ряда зарубежных стран и, в первую очередь, от США.

В США, где разработка систем класса СПУ началась еще в 1957—1958 гг., эти системы к настоящему времени превратились почти в стандартный инструмент планирования и управления. Некоторое представление о масштабах проводимых в этой области работ может дать хотя бы такой факт, что одно только министерство обороны США затратило на сетевые системы за пять лет свыше 100 млн. долл.

Приведем ряд примеров, иллюстрирующих применение систем СПУ в США.

Компания Ford Motor Co применила систему СПУ к проекту замены коробки передач, который включал в себя компоновку нового оборудования на заводе, его монтаж и наладку, а также закупку 200 машин и станков, 1500 измерительных приборов и инструментов и 60 различных видов сырья и готовых изделий. Благодаря применению сетевого планирования, продолжительность проекта была сокращена на 20% по сравнению с типовыми проектами подобного рода. Эта же компания разработала «стандартные» сети на такие «проекты», как закупка нового оборудования, организация службы ОТК, закупка сырья и т. п., которые включаются в готовом виде в более крупные проекты, если в них фигурируют подобные операции.

Интересен пример использования сетевых методов для решения технической задачи. Компания Kelsey-Hayes Co (штат Мичиган) отобразила в виде сети процесс производства ободов автомобильных колес, причем в качестве критического был принят не самый длинный путь, а путь, которому принадлежали наиболее сложные в техническом отношении операции. В результате брак ободов был снижен с 3 до 1%.

По данным компании American Oil Co применение сетевого планирования обеспечивает снижение на 10-25% потребностей в рабочей силе на проектах ремонтных работ. При этом затраты на обучение персонала (50 человек) сетевому планированию окупаются за 3 месяца. Эта компания использует сетевые графики для пуска и остановки технологических агрегатов, проведения административных мероприятий, обучения операторов и т. д. Наибольший эффект по опыту компании дает применение систем СПУ к проектам капитальных ремонтов.

Фирма Olin Metals осуществляет сетевое планирование и управление тремя крупными проектами, выполняемыми одновременно на различных предприятиях фирмы с привлечением внешних подрядчиков. Анализ сетевых графиков осуществляется автономно для каждого проекта, но вся информация поступает в единый центр управления, где принимаются необходимые решения. Благодаря применению системы СПУ удалось существенно повысить оперативность принятия решений, а также значительно снизить затраты.

Фирма Chiys lei Corp применила сетевые методы к проекту разработки конструкции, обеспечения производства и сбыта совершенно новой серии промышленных установок для кондиционирования воздуха. Этот проект был реализован в весьма сжатые сроки. Еженедельно каждый ответственный исполнитель представлял отчет по выполненным за данный период работам и получал составленное на основании сетевого графика задание на последующий период. Преодолев некоторые трудности на первоначальном этапе внедрения системы, удалось обеспечить четкую и своевременную реализацию этого большого по объему и напряженного по срокам проекта.

В США сетевые системы применены к проектам монтажа сложного оборудования (в одном таком проекте продолжительность сокращена с 15 месяцев до 8), к проектам перевода промышленных предприятий из

одних географических пунктов в другие, к проектам разработки конструкции и изготовления опытных образцов уникальных машин и оборудования, к проектам модернизации и реконструкции предприятий и т. д.

Приведенный перечень примеров, конечно, даже в малой степени не охватывает всех областей применения систем СПУ в США, не говоря уже о том, что в нем отсутствуют военные проекты, к которым эти системы применяются наиболее часто. Он дает лишь общее представление о разнообразии проектов, к которым успешно применяют сетевые методы планирования и управления, и показывает, что многие из этих проектов вовсе не принадлежат к разряду уникальных, комплексных и очень сложных разработок, рассчитанных на длительные сроки.

Системы СПУ получили распространение и во многих других зарубежных странах. Из стран социалистического лагеря следует назвать, в первую очередь, ПНР, где сетевые системы успешно внедрены в судостроительной промышленности, а также ГДР и ЧССР. В капиталистических странах сетевое планирование и управление особенно интенсивно развивается в Англии, Франции, Италии, ФРГ.

Работы, посвященные СПУ, которые публикуются в зарубежной печати, делятся на три категории. К одной, наиболее обширной, принадлежат работы, описывающие различные модификации сетевых систем и методов, опыт их применения, достоинства и недостатки. Другую категорию составляют работы чисто математического направления, в которых даются точные постановки ряда задач, связанных с анализом сетей, оптимизацией, анализом допущений, принятых в сетевых моделях, а также с вычислительными аспектами анализа сетей на ЭВМ. В математических работах, составляющих основу теории сетевого планирования и управления, чаще всего рассматриваются задачи математического программирования, теории вероятностей и математической статистики, а также теории графов, ибо эти дисциплины составляют главный математический аппарат указанной теории.

Наконец существует еще одна категория работ по сетевым системам, имеющая учебный характер. В этих работах, число которых к настоящему времени довольно внушительно, изложены правила построения и анализа сетей и другие вопросы, связанные с разработкой и эксплуатацией систем СПУ. Учебная литература по сетевым методам рассчитана на различных читателей. Она включает в себя как короткие журнальные статьи, излагающие самые элементарные сведения по сетевому планированию, так и учебники, предназначенные для подготовки специалистов в этой области. К числу наиболее простых учебников принадлежит несколько курсов программированного обучения. Перевод одного из этих курсов выпущен издательством «Мир».

Не останавливаясь на положительных оценках систем СПУ, энергично пропагандируемых в зарубежной литературе, отметим ряд ограничений и недостатков, указанных в некоторых работах. Эти вопросы наиболее интересны, так как преимущества сетевых методов неоспоримы, а вот критические оценки встречаются сравнительно редко.

Прежде всего, подчеркнем, что многие руководители возлагают на системы СПУ слишком большие надежды. Сетевая теория не дает ответа на вопрос о том, как решать стоящие перед руководителем задачи, а лишь помогает ему их решать в совершенно определенном смысле.

Далее, довольно широко распространено ошибочное мнение, что стоит построить сетевой график, удовлетворяющий поставленным директивным срокам реализации проекта, как само наличие такого графика будет гарантией соблюдения этих сроков. Однако «показной» сетевой план может лишь ввести в заблуждение.

В зарубежной практике имели место случаи, когда применение излишне детализованных сетей приводило к отказу всей системы. Другой недостаток иногда наблюдается в условиях, когда специалисты по сетевому планированию слабо привлекают к работе представителей тех организаций, которые они обслуживают. При этом получаются чрезвычайно идеализированные сетевые графики, не отображающие реального состояния проекта и не приносящие практической пользы.

Немаловажную роль играет отношение руководства к сетевым системам. Если руководитель считает, что сетевой график нельзя использовать для решения задач планирования и управления, то, не переубедив его, бесполезно, по мнению американских специалистов, пытаться внедрить систему СПУ.

Одной из типичных причин низкой эффективности или полного провала сетевых методов является поспешность при их внедрении. Если речь идет о достаточно сложном проекте, то необходимо запланировать и осуществить целый комплекс мероприятий по разработке и обеспечению эксплуатации предназначенной для этого проекта системы СПУ.

К числу ограничений сетевых систем относятся по зарубежным данным следующие. В сетевой модели не отображаются логические отношения «или», часто встречающиеся на практике. Для отображения этих отношений приходится строить так называемые альтернативные сети, причем вероятность выбора той или иной альтернативы, как правило, нельзя заранее определить. При распределении ресурсов не учитывается практическая невозможность переброски некоторых ресурсов с одних операций на другие. При принятии решений руководитель должен учитывать ряд факторов, не отображенных в сети: премии и штрафы, конкурентные соображения, приоритеты и т. п. Далее, при наличии сетевого графика создается иллюзия определенности, которой в действительности может и не быть.

Ряд математических допущений, принятых в сетевых моделях, недостаточно обоснован. Так, сомнительным представляется допущение о независимости продолжительности данной операции от продолжительности предшествующих ей операций. Отмечается также ряд других ограничений, которые мы не будем перечислять, ибо вполне очевидно, что системы СПУ не являются каким-то всеобъемлющим средством решения любых организационных задач и, кроме того, теория этих систем находится еще на самом начальном этапе развития.

Однако отмеченные зарубежными авторами недостатки и ограничения сетевых систем вовсе не означают, что высказываются сомнения в целесообразности их самого широкого применения. Напротив, во всех работах, содержащих критическую оценку систем СПУ, подчеркивается, что при трезвом учете их ограничений и правильной организации разработки и эксплуатации эти системы неизменно обеспечивают получение существенного эффекта, прежде всего, в отношении сокращения сроков реализации проектов и экономии ресурсов.

Таким образом, сетевое планирование и управление, безусловно, является перспективным, в достаточной мере универсальным и экономически оправданным направлением в хозяйственно-организационной деятельности. Далеко не все вопросы теории и практики разработки и эксплуатации систем класса СПУ уже решены. Предстоит проделать еще большую работу по накоплению, обобщению и анализу опыта применительно к условиям социалистического производства вообще и отдельных отраслей промышленности в частности.

Основой успешного развития сетевого планирования и управления в нашей стране, где потенциальные возможности этих методов и систем несоизмеримо богаче, чем в капиталистических странах, должно быть пла-

номерное, научно обоснованное осуществление широкого комплекса мероприятий по разработке, практическому внедрению и оценке технико-экономической эффективности систем СПУ.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. «Основные положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления». М., «Экономика», 1965 (см. этот номер журнала, стр. 785—790).
2. «Опыт применения сетевых графиков и ЭВМ в строительстве и проектировании». ЦИНИС Госстроя СССР, 1964.
3. «Инструкция по применению сетевых графиков и электронных вычислительных машин в управлении строительством». Госстрой УССР, Институт кибернетики АН УССР, Киев, 1964.
4. Ю. Р. Лейбkind, Б. П. Суворов. Метод критического отбора проектно-плановых решений. М., «Экономика», 1964.
5. «Система сетевого планирования и управления. Программированное введение в метод ПЕРТ». М., «Мир», 1965.

Поступила в редакцию  
25 V 1965