

Для служебного пользования

Экз. № ... 143

С. П. НИКАНОРОВ

СИСТЕМА PERT

**ее история, обоснование,
применение и оценка**

С.П. Никаноров

СИСТЕМА Р Е Р Т

ЕЁ ИСТОРИЯ, ОБОСНОВАНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ И ОЦЕНКА

Всесоюзный научно-исследовательский институт технико-экономических
исследований и информации по радиоэлектронике

С о д е р ж а н и е

	Стр.
Краткая характеристика системы PERT ...	3
Объекты, для создания которых применяется система PERT	11
Модель процесса создания новой техники в системе PERT	14
Планирование времени в системе PERT ...	26
Анализ плана в системе PERT	29
Процедура составления исходного плана ..	32
Управление ходом работ	41
Области применения системы PERT и формы ее применения	49
Критика недостатков и слабостей системы PERT	54
Изменения в организации управления при применении системы PERT	60
Затраты на систему PERT и ее эффективность	62
З а к л ю ч е н и е	64

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ P E R T

Продолжая вести агрессивную политику, направленную на развязывание новой войны, американские военные руководители ставят на службу своим целям все наиболее ценные достижения науки и техники.

Система PERT - это современная машинная система планирования и оперативного управления крупными инженерными работами новой техники.

Разработанная в 1958 г. для управления разработкой системы "Поларис", она необычайно быстро, всего в течение полутора - двух лет, получила широкое распространение и признание.

Она применяется также в строительстве, при реконструкции заводов, для программирования ЭВМ, для составления годовых и перспективных планов и в других областях, где происходят процессы создания каких либо объектов.

Десятки фирм и правительственных организаций США применяют систему PERT. Ни одна крупная военная или гражданская разработка не мыслится в настоящее время без применения этой системы. Существует много фирм, разрабатывающих варианты системы PERT применительно к конкретным случаям. Они же занимаются дальнейшим развитием и усовершенствованием этой системы. Государственные органы уже приступили к стандартизации вариантов системы PERT.

В 1962 г. система PERT и улучшенные системы этого же типа начали применяться в Англии и ФРГ.

Видные американские специалисты считают, что создание этой системы - это первое действительно выдающееся достижение в области организации за последние 10 лет.

Основными характерными чертами системы PERT являются высокая объективность планирования и управления, способность обеспечить всеобъемлющее планирование и управление, высокая оперативность, создание условий для быстрого и эффективного руководства.

Достоинства системы PERT явились следствием того, что в системе PERT слились в одно целое многие современные научные и технические достижения. Фундаментом для системы служит тщательное изучение процесса разработки в целом. В результате этого изучения было установлено, что обычно применяемые в планировании диаграммы Ганта не позволяют выразить сложные отношения между частными работами в разработке.

Была найдена новая модель процесса разработки, так называемая сеть работ, которая точно описывает этот процесс. Изучение свойств сети позволило открыть "критическую последовательность" работ, которая служит основным инструментом методологии системы PERT. Система PERT создана в соответствии с требованиями современного системного подхода. Она опирается на применение мощных электронных вычислительных машин.

Кроме того, как отмечается в американской литературе, ни в какой другой системе руководства нет такого ясного распределения ответственности и власти и такого обаяния, как в этой системе. Стройность и строгость системы, четкость ее процедур делают её равно привлекательной как для разработчиков, так и для руководства.

Конкретная история создания системы PERT состояла в следующем. Флот США, начиная разработку гораздо более сложной, чем все предыдущие, системы "Поларис", учел неудачи разработок Армии и ВВС и достижения в организации разработок и создал, впервые в США, новую систему организации. Всё руководство разработкой системы "Поларис", от идеи до оперативно-готовой системы было сосредоточено в руках специального органа флота США. Этот орган создал кооперацию, необходимую для разработки, и управлял ею. Кооперация включала 8 головных фирм

История создания системы PERT, ее развитие и применение

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Разработка идей и принципов системы PERT							Смет Управление сотнями заказов			
		CPM Метод критическ. пути Буз, Аллен и Гамильтон	PERT-time Перт-время		PRJSM, RMJ Перт-надежность	PERT-Cost Перт-стоимость		RAMPS Управление многоотемным разработ. пред.	PERT-Performance Перт-технические характеристики	
Применение системы PERT в военных фирмах США										
		Вуз Аллен и Гамильтон		Аэроджет Джеренал ф. Сандиа ф. Хьюз ф. Конвейр ф. Дуглас Джеренал-электрик	ф. Боинг ф. Менеджмент планинг систем ф. Мартин ИБМ ф. Локхид ф. Нортроп ф. RAND ф. Системс Дивелопмент	Джеренал - моторс Аэроспейс корп. Комиссия по атомной энергии Фирма C-E-T-R Коллинз рэйдиэл ф. Мак Доннелл				

Названия разрабатываемых в США систем типа PERT	Системы для крупных фирм с многими заказами и для военных управлений	PERT-Tipm	PERT-Cost PRJ, SM RMY	R AMPS	COMET					
	Системы для пла- нирования и управ- ления созданием новых образцов оружия				S Cans LESS DeLTA PACE PACT SVS	SPECTROL WSPACS TOPS Z PA				
	Системы для заводов-изготов		CPS	CPS-Cost		IMPACT PLANNET				
Применение системы PERT в различных странах мира			США	США	США	США Англия	США Англия ФРГ	США Англия ФРГ		
Военные системы, разрабатываемые с применением PERT в США		BBC	Скайболт	B70						
				Минитмен						
				Дайна-Сор						
				ИГЛ						
				Тифон						
			Поларис							
		Армия		Ника Зевс						
		NASA		Апполо						
				Самос						
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965

/среди которых были такие, как Дженерал-Электрик и Локхид/, 250 подрядчиков "первой линии" и около 9000 субподрядчиков. Несомненно, что и техническое и организационное руководство такой кооперацией представляло собой настоящую проблему.

Создание системы PERT позволило решить проблему организационного руководства этой кооперацией. Характерно, что работа по улучшению организации и методов руководства входила в план работ по "Поларису" и считалась одним из важных направлений. К работе над этим направлением было привлечено несколько специализированных фирм, разработавших в ходе создания системы "Поларис" систему PERT.

Создание такой системы, как PERT, стало возможным исключительно благодаря тому, что к этому времени был накоплен большой опыт в разработке машинных систем управления боем. Не вызывает сомнения, что, например, опыт создания системы управления боем ПВО **SAGE** был существенно использован при разработке системы PERT.

Главное, что сближает эти две области - управление разработкой и управление боем - то, что в обоих случаях руководитель сталкивается с большим количеством неожиданностей, которые трудно предусмотреть с самого начала.

Разработка системы PERT была осуществлена специалистами по исследованию операций - новой науки, применяющей методы точных наук для исследования действий людей или коллективов. Общим фоном для создания этой системы служили интенсивные научные исследования во всех областях организации разработок, производства и эксплуатации.

Система PERT, как тип технического средства, применяемого для решения задач организации разработок, не является в настоящее время системой достигшей полной зрелости. Она находится еще в состоянии быстрого развития. В связи с этим в американской литературе отмечается, что то, что уже достигнуто, является лишь малой частью того, чем эта система станет в будущем.

КАКИЕ ПРИЧИНЫ ВЫЗВАЛИ ПОЯВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ P E R T ?

Развитие науки и техники привело к необычайному увеличению значения технических средств. В связи с этим существенно изменились требования, которые предъявляет жизнь к разработке технических средств.

Если раньше, всего 20-30 лет назад, можно было ждать, когда возникнут новые технические идеи, а затем неспеша вести разработку, то теперь требуется, чтобы необходимые идеи появлялись тогда, когда они нужны, а разработки заканчивались в установленные сроки. Если раньше расходы средств на разработки были малы и поэтому практически не ограничивались, то теперь, когда одновременно идут сотни разработок требуется, чтобы разработки укладывались в определенные лимиты.

Вместе с тем, чрезвычайно возросли масштабы и сложность технических средств, их новизна и их связь друг с другом.

На место отдельных технических средств, таких как "танк" "трактор", "радиостанция" и т.д. встают теперь системы технических средств, причем люди, которые их обслуживают, рассматриваются, как части систем. Причины этого изменения состоят в том, что отдельное техническое средство, каким бы совершенным оно ни было, само по себе не в состоянии решить конечную задачу. Так, самолет должен быть снабжен навигационной системой; связи; должен иметься оборудованный аэродром; должна быть обеспечена доставка запасных частей, горючего; персонал должен иметь учебные пособия; должна быть организована метеослужба и т.д. Если хотя бы одного элемента из системы

нет, то конечная цель не будет достигаться. Если желательно, чтобы начиная с некоторого момента решалась заданная задача, то к этому моменту должна находиться в состоянии оперативной готовности вся система, а не только её основная часть /основное средство/.

Понятия "системы", "системного подхода", "системной точки зрения", "руководства разработкой системы" широко применяются в американской практике и литературе. Развивается наука о выборе и проектировании систем, которая названа "системотехникой" или "техникой разработки систем". Как правило, все современные военные разработки, а отчасти и промышленные и гражданские, ведутся в США на основе системного подхода.

Конечно, процесс разработки системы взаимодействующих технических средств и обслуживающих их людей представляет гораздо более сложную задачу, чем создание отдельного технического средства. Это тем более справедливо, что современные системы имеют тенденцию становиться все более крупными, объединяться между собой вплоть до образования глобальных систем. В американской литературе описываются континентальные системы ПВО и ПРО, системы разведки, включающие спутники-шпионы, промышленные системы, охватывающие производство от сырья до сбыта продукции, и другие.

Помимо того, что современные системы большие, т.е. включают в себя большое количество отдельных элементов, они еще являются и сложными. Эти два понятия - величину системы и ее сложность часто смешивают. Их различие проще всего иллюстрировать примером.

Куча из миллиона кирпичей является большой, но она не является сложной.

Здание же из этого кирпича может быть сложным. Таким образом, сложность зависит не от количества элементов, во всяком случае не только от количества элементов, а от обилия связей между элементами, от того, насколько элементы подчинены целому. Современные системы сложны именно в этом смысле.

Они гораздо больше напоминают гармоничный организм, отлично приспособленный для выполнения заданных функций, чем просто набор средств. В разработке систем это приводит к тому, что отдельные части систем не могут разрабатываться независимо. Изменение одной из них влечет за собой изменение десятков других. Ясно, что организация разработки системы является гораздо более сложным делом, чем организация разработки технических средств.

Важным обстоятельством в разработке систем, не имевшим места ранее является их высокая новизна, которая позволяет избежать быстрого старения систем. Если прежде развитие техники происходило главным образом так, что одна модель сменяла другую модель того же самого изделия, то теперь каждая новая система нередко является новым типом технических средств, радикально отличающимся от всех предыдущих основными научными и техническими идеями, конструктивными элементами, материалами и т.д. Новизна разработок является причиной динамичности разработок, которая состоит в том, что как задачи, решаемые системой, так и структура системы и ее характеристики лишь отчасти определяются в начале разработки, а в значительной мере выясняются в ходе разработки, изготовления и испытания системы. Это обстоятельство приводит к тому, что в процессе разработки происходит большое количество непредвиденных изменений, крайне осложняющих проведение разработки.

Всё сказанное выше можно кратко суммировать следующим образом: жизнь требует, чтобы создавались системы, которые являются весьма большими, сложными и новыми, и чтобы гарантировалось достижение целей, ради которых они делаются, причем требуется, чтобы системы вводились в заданный срок и затраты на создание систем не превосходили установленных лимитов.

Практика многих американских разработок до 58-60 г. показала, что в результате разработки или получаются средства, которые не могут быть немедленно применены, из-за того, что не создано все, что необходимо для обеспечения их работы,

или получают средства совершенно не с теми характеристиками, которые требовались, или же существенно срываются сроки, или перерасходуются средства. В американской литературе этого периода указывается, что Советский Союз делает равноценные разработки примерно в 1,5-2 раза быстрее, чем США.

Следствием изменений требований к проведению разработок и условий, в которых они проводятся, явилось равкое увеличение сложности и масштабов процессов разработок. Возникли десятки различных фирм, специализировавшихся на различных технических разработках. Возникли также специфические фирмы, которые осуществляют выбор, анализ и проектирование системы в целом, а также руководство разработкой систем, их испытанием и вводом в эксплуатацию.

В разработках стали участвовать сотни различных фирм и организаций.

Чрезвычайно возросло количество различных специальностей, используемых в разработках.

Разработки стали длиться 3-5 лет и более. Процесс разработок новых технических средств стал сложным и запутанным.

Применяемые в этих условиях прежние методы планирования, контроля и управления оказывались малоэффективными.

Процесс разработки становился неуправляемым.

В результате, как отмечается в американской литературе нередко возникали срывы сроков и серьезные перерасходы средств. Ощущалась необходимость в радикальном улучшении организации разработок и, в частности, улучшении планирования контроля и управления.

Система PERT явилась научным ответом на эти требования.

ОБЪЕКТЫ, ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОТОРЫХ ПРИМЕНЯЕТСЯ СИСТЕМА PERT, И ПРОЦЕСС ИХ СОЗДАНИЯ

Для понимания принципов и значения системы PERT необходимо иметь ясное представление об объектах, для создания которых используется система PERT, и процессах их создания.

Хотя система PERT может применяться для планирования и управления процессом создания отдельного технического средства, наибольший эффект достигается тогда, когда она применяется для планирования и управления процессом создания системы технических средств.

Как уже подчеркивалось, система в современном понимании этого слова представляет собой единый организм, всемерно приспособленный для выполнения той или иной конечной функции, все части которого подчинены целому. Поэтому всякая система имеет иерархическую структуру, выражающую подчинение частей более низкого уровня частям более высокого уровня или, как иногда говорят, вхождение изделий.

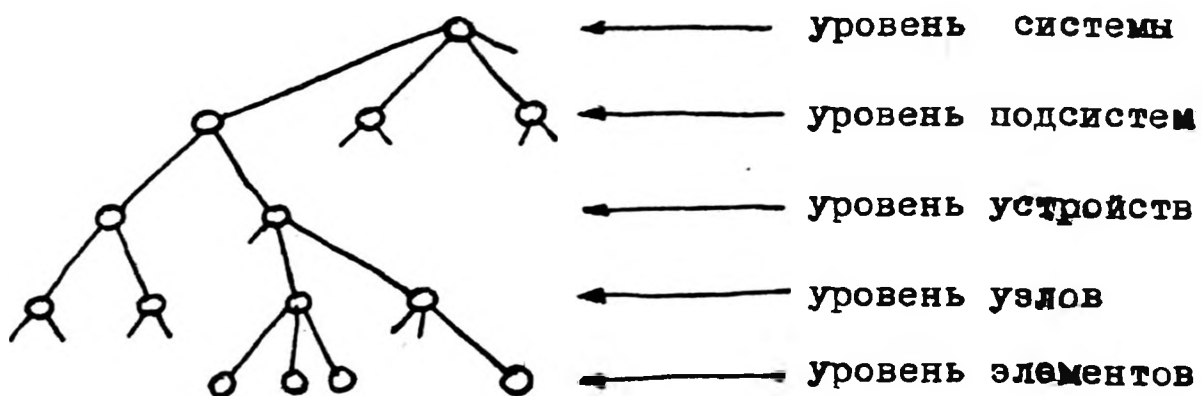


Рис.1 Структура системы.

Структура системы хорошо представляется графиком, который имеет вид ветвящегося дерева и который по этой причине называется в американской литературе "деревом системы". Пример такого графика приведен на рис. 1.

Число уровней системы отчасти характеризует сложность системы. Это число имеет тенденцию возрастать. Изделия 40^х годов имели не более 4-5 уровней, изделия 50^х годов от 6 до 7 уровней, а системы 60^х годов имеют 8-10 уровней, а в некоторых случаях и еще больше. Следует обратить внимание на то, что число уровней системы обычно равно числу уровней руководства.

Процесс создания системы состоит из ряда этапов, завершающихся вводом системы в эксплуатацию. Создание системы как указывается в американских материалах, начинается в тот момент, когда кто-либо осознает необходимость в новой системе или возможность её сделать и начинает действовать, добиваясь постановки работы по системе. Именно этот момент является моментом рождения системы. Следует заметить, что всегда существует время, когда о будущей системе еще никто не знает. После рождения идеи системы проходит некоторое время, пока эта идея получает официальное признание.

После решений официальных органов начинается важнейший этап - выбор и обоснование системы, формулировка ТТЗ и согласование с возможным потребителем системы. Этот период завершается выпуском ряда документов - ТТЗ на систему, функциональной схемы, ТЗ на части системы и перечня компонент, из которых предполагается делать систему. Следующий период - период создания кооперации и планирования работ по разработке системы. Затем наступает период собственно разработки системы, который заканчивается изданием комплекта производственной документации на систему. Период изготовления системы является предпоследним периодом процесса создания системы. Завершает процесс создания системы период ввода системы в эксплуатацию и ее освоение.

Начиная с этого момента достигается состояние опера-

тивной готовности системы и она находится в эксплуатации. Этот период является единственно полезным периодом и отношение этого периода ко всему времени создания системы до известной степени характеризует эффективность разработки.

Последним периодом, замыкающий то, что в американской литературе называется "жизненным циклом системы", является период снятия системы с вооружения, который, рано или поздно, наступает у любой системы.

При создании систем часто стоит задача предельно сократить продолжительность процесса создания. Поэтому обычно стремятся вести параллельно все работы по всем частям системы. Однако, для создания одной отдельной части необходима последовательность работ, например, таких, как выбор конструкции, составление общего вида, расчет, детализовка, изготовление испытания, доставка, каждая из которых завершается вполне определенным результатом. Поэтому вся совокупность работ по системе представляется набором параллельно-последовательных работ. Важно заметить, что все эти работы приводят к одному-единственному результату - оперативно-готовой системе. Число контролируемых работ в крупной современной разработке достигает 5000-10000, а иногда и большей величины.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ, ПРИНЯТАЯ В СИСТЕМЕ PERT

В традиционном планировании широко используется графическое изображение совокупности взаимосвязанных работ с помощью так называемых диаграмм Ганта или ленточных диаграмм. Пример, такой диаграммы представлен на рис. 2

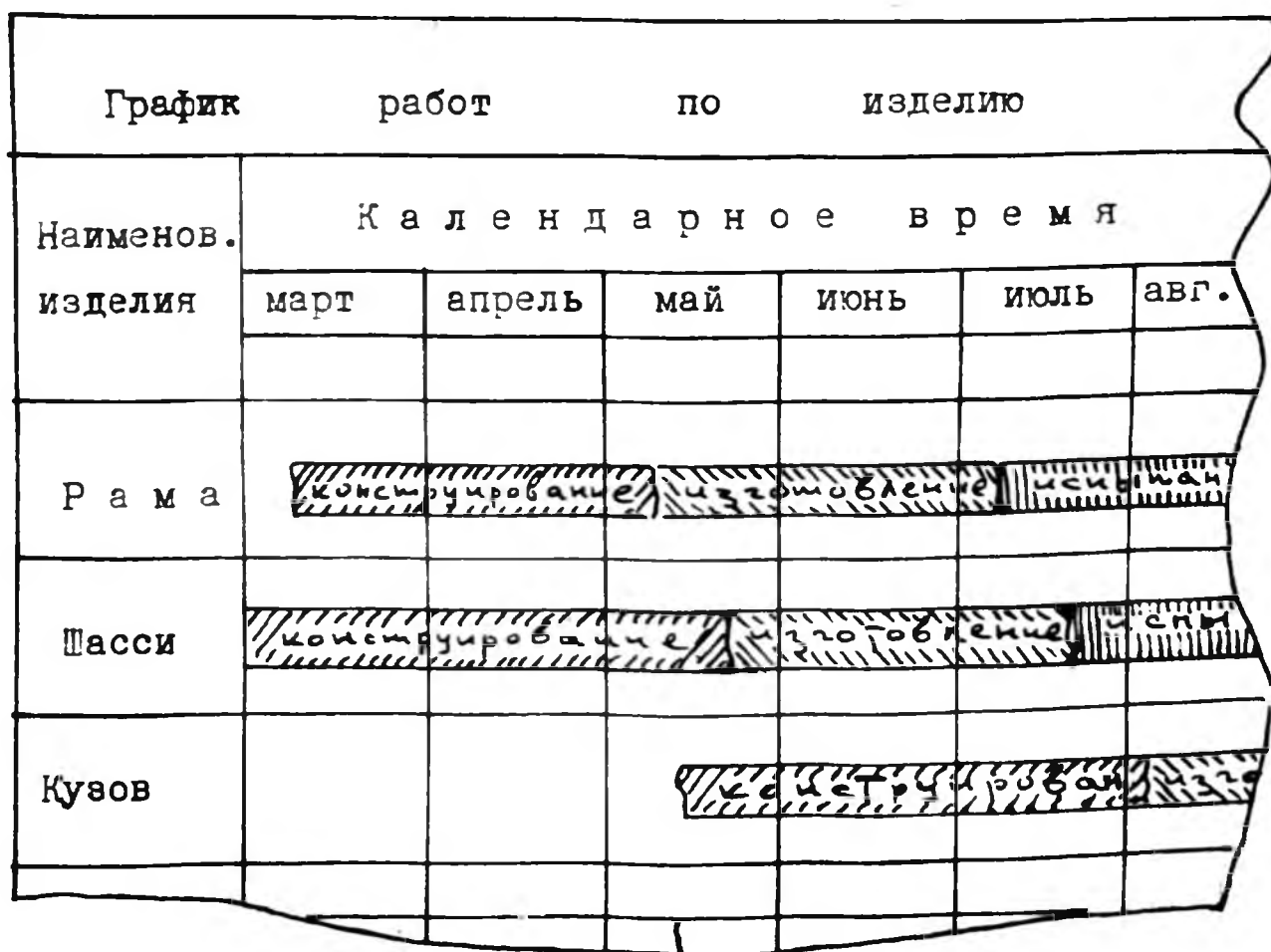


Рис. 2 Часть типичной диаграммы Ганта

Поскольку этот график представляет будущий или ведущийся процесс создания изделия, то говорят, что он является моделью этого процесса.

Термин "модель" заимствован из таких дисциплин, как физика, где он используется в таких выражениях, как "модель атомного ядра" и других подобных. Модель выражает в логически-замкнутой форме наше понимание сущности того или иного объекта или процесса. В зависимости от того, насколько хорошо модель передает свойства того или иного объекта, говорят о хорошей или плохой модели.

Как уже указывалось в результате исследований, которые были проведены в США еще до 1958 года, было установлено, что диаграммы Ганта, являющиеся вполне удовлетворительными моделями для многих производственных процессов, плохо описывают процессы инженерных разработок. Основной недостаток диаграмм Ганта, как выяснилось, состоит в том, что они не представляют связей и зависимостей между работами. Иными словами, выяснилось, что диаграммы Ганта применимы для описания простых процессов, где зависимостей между отдельными работами нет или она мала.

Одним из важных достижений, сделанных при разработке системы PERT, явилось создание новой модели процесса разработки, позволяющей отразить все зависимости между работами процесса разработки.

Эта модель прежде всего отличается от модели, представляемой диаграммой Ганта, тем, что в ней используется два логических элемента в то время, как в диаграмме Ганта — только один. Этот единственный элемент в диаграммах Ганта изображается горизонтальной полоской и означает работу. Однако, всякая работа всегда завершается каким-то результатом. Результат, как логический элемент, необходимый для правильного описания последовательности работ, в диаграммах Ганта не имеет специального графического выражения. В модели, принятой в системе PERT, этот элемент имеется и соответственно, имеются графические изображения и для работы и для результата.

Стрелка в системе PERT также имеет более сложное содержание, чем просто работа. Она означает:

- работу, проводимую людьми
- процесс, выполняемый машиной
- ожидание
- зависимость

Первые два значения не нуждаются в пояснениях. Ожидание возникает в тех случаях, когда некоторое событие свершилось, но работа, которая должна следовать за этим событием, не может быть начата, например, из-за того, что специалисты заняты на другой работе.

Зависимость, показываемая стрелкой, связывающей два события, означает, что то событие, которое находится у конца стрелки не может свершиться, если не свершилось событие, находящееся у начала стрелки. Например, ведется конструирование какого-то узла. В результате проработки определяются установочные и габаритные размеры. Хотя конструирование того устройства, в котором устанавливается узел, может вестись параллельно с разработкой узла, оно не может быть завершено, пока не завершено конструирование узла. Между событием "узел готов" и событием "устройство готово" имеется зависимость, которая определяет тот факт, что второе событие произойдет позже первого. Стрелка выражает эту зависимость.

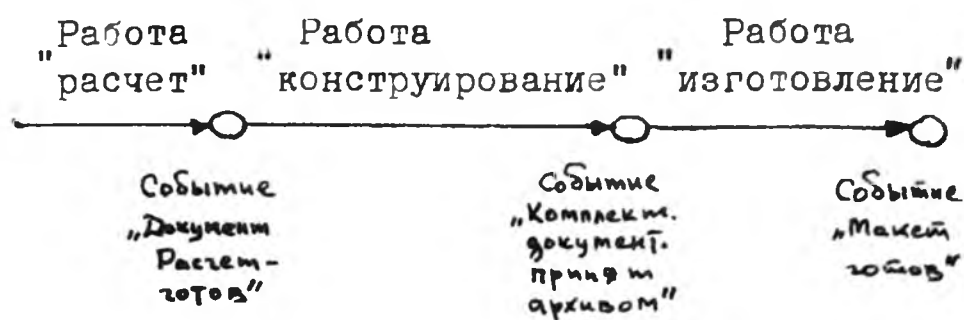
Различение значений стрелок может осуществляться применением вариантов графического изображения, но, кроме того имеются простые признаки, с помощью которых легко осуществляется различение. Работа "потребляет" время и ресурсы; ожидание "потребляет" только время, зависимость не "потребляет" ни времени, ни ресурсов.

Для выражения содержания, обозначаемого стрелкой, в системе PERT применен термин более широкий, чем термин "работа". Он соответствует русскому термину "действие". Однако, поскольку в подобных контекстах это слово в русском языке не употребляется, ниже используется слово "Работа", которое

таким образом, приобретает здесь более широкое значение.

Как видно, имеется существенное различие в элементах, используемых для построения традиционной модели и модели в системе PERT. Работа изображается на графике стрелкой, результат — кружком. На рис. 3 приведены для сравнения изображения одного и того же процесса в диаграмме Ганта и в системе PERT.

Изображение
работ в
системе PERT



Сравнение
с диаграммой
Ганта

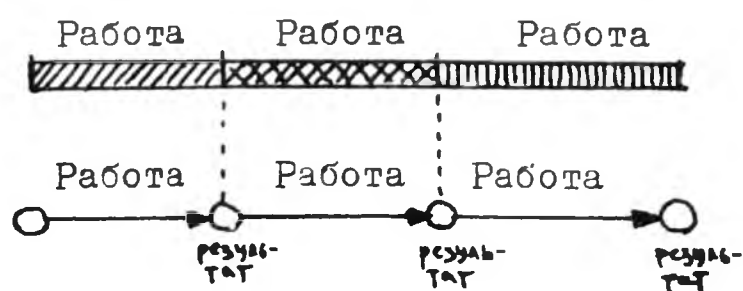


Рис. 3. Графическое изображение последовательности работ в системе PERT и сравнение с диаграммой Ганта

Изложенное объяснение различий в логических элементах диаграмм Ганта и системы PERT нарочито упрощено для облегчения понимания. Более правильное объяснение состоит в следующем.

Кружок в системе PERT означает не просто результат работы, а такой результат, который достаточен для начала следующей работы. Для выражения этого факта в системе PERT введено новое понятие, обозначаемое словом "событие". Таким образом, события обладают тем свойством, что они "сшивают" работы.

Для того, чтобы гарантировать сшивание работ, каждому событию дается определение. К формулировке определения события предъявляется ряд требований, направленных на то, чтобы сделать определение полноценным. Определение должно быть полным, т.е. в нем должны быть перечислены все стороны и обстоятельства характеризующие событие, а не только сам технический результат. Должно быть указано, например, место, где получен результат, наличие упаковки, наличие документов и т.д. Определение должно быть точным, т.е. оно не должно содержать двусмысленностей или неясностей. Наконец, определение должно быть выражено в терминах результатов, т.е. в определении запрещается принять такие слова как "исследование", "конструирование", "подготовка", "испытание", и другие, выражающие процесс. В целом определение должно позволять точно устанавливать свершилось данное событие или нет, а также позволять сшивать между собой работы.

В отличие от традиционных планов, которые обычно формулируются в терминах работ, в системе PERT план выражается в терминах результатов. События, а не работы, являются основными элементами плана. Поэтому говорят, что "работа определяется парой событий". Следует заметить, что использование аппарата событий предполагает, что предшествование работ является реальным. Иными словами предполагается, что последующая работа не может быть начата, пока не свершилось некоторое событие, являющееся исходным для этой работы. Например, между работой "одевание сорочки" и работой "завязывание галстука" имеется строгое предшествование.

Логическая обработка содержания определений, составляющих основу плана, является важным инструментом, существенно повышающим качество планирования. Разработчики имеют тенденцию сосредоточивать внимание на так называемых "чисто технических" аспектах их работы. Логическое планирование заставляет выявлять то, что подразумевается, оно гарантирует, что все работы, которые необходимы для достижения цели, будут обнаружены и запланированы, а не только "чисто технические".

Логическая обработка определений позволяет вскрывать содержание даже там, где оно первоначально сформулировано крайне неопределенно, поэтому в американской литературе указывается, что система PERT вводит планирование даже там, где кажется, что никакое планирование вообще невозможно.

В системе PERT все от разработчика до высшего руководителя-разговаривают на одном языке - языке событий. Все, что ни предлагается или планируется, должно быть выражено на точном языке событий. Система не допускает двусмысленностей. Поэтому все операции планирования в системе PERT стоят на твердой основе.

Отношения между работами и событиями выражаются следующими словами: предшествующее событие, последующее событие, предшествующая работа, последующая работа. Говорят также, что "работа переводит одно событие в другое".

Введение графических изображений событий^и работ, принятых в системе PERT, позволяет более гибко, чем в диаграммах Ганта, изображать последовательности работ. Одно событие может служить исходным пунктом для нескольких работ. Например, после того, как закончена разработка общего вида, может быть начато ряд параллельных работ по детализовке. Или, например, после испытаний начинается ряд работ по улучшению конструкции изделия. Такие случаи изображаются в системе P E R T так,

как показано на рис.4

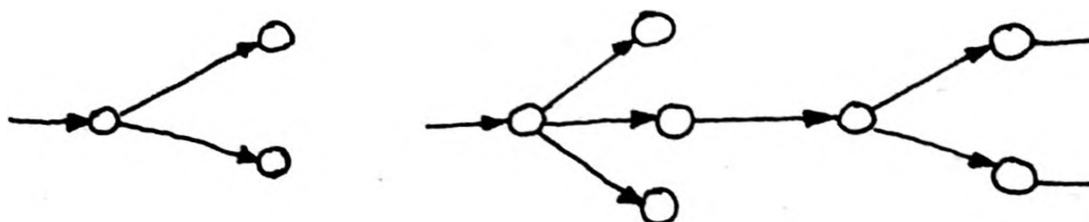


Рис.4. Одно событие служит исходным пунктом для нескольких работ.

Может быть и так, что одно событие является результатом нескольких работ. Эти случаи имеют место тогда, когда идет какое либо объединение - сборка, получение набора необходимых данных и т.д.

Этот случай изображается подобно тому, как это показывает рис.5.

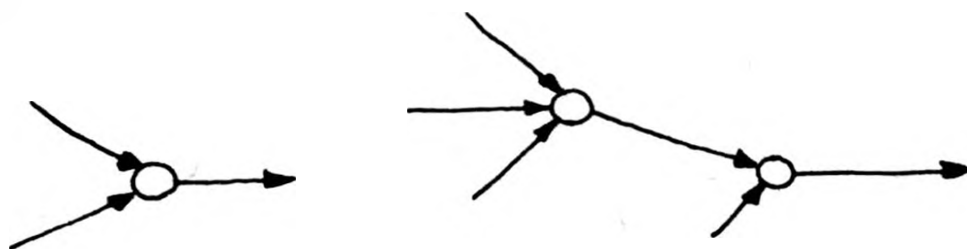


Рис. 5. Событие является результатом нескольких работ.

Введение новых логических элементов позволяет построить гораздо более правильную модель процесса разработки, чем традиционная.

Вот какие соображения приводят к построению этой модели.

Допустим, что в состав некоторой системы или изделия входят четыре части: Тогда для каждой части существует своя последовательность работ, приводящих к созданию этих частей, а также последовательности работ, приводящих к созданию системы из этих частей. Если бы система не была сложна, то есть, если бы ее части могли разрабатываться вполне независимо одна от другой, то очевидно, диаграмма работ, изображаемая с помощью логических элементов модели, принятой в системе PERT, приняла бы вид параллельных ветвей, сходящихся к конечному событию /рис.6 /.

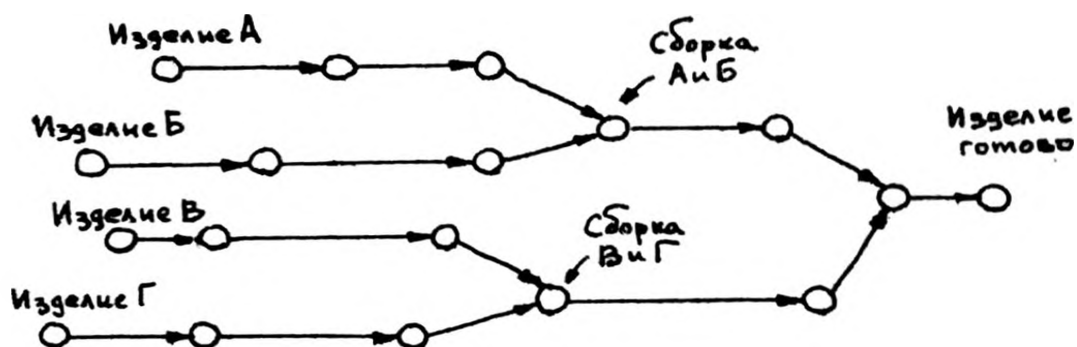


Рис. 6. Процесс создания "несложного" изделия.

Такая диаграмма вполне может быть изображена средствами диаграммы Ганта.

Однако, как указывалось выше, современные системы сложны и независимая разработка частей системы невозможна. Надо отдавать себе ясный отчет в том, что значит, что "независимая разработка частей системы невозможна". Очевидно, это значит, что результат, полученный при разработке одной части, является необходимым для проведения работ по другой части, как например, в приведенном выше случае узла и устройства. Иначе говоря в ряде случаев работы по какой-то части системы не могут быть начаты, продолжены или закончены до тех пор пока не будут получены некоторые результаты по другой части. Важное достижение, которое было сделано авторами системы PERT, состояло в том, что ими было понято это обстоятельство, и был най-

ден простой и удобный способ его графического выражения. Для этого нужно было только соединить стрелками те события, которые являлись исходными результатами в работах по одной части системы с теми событиями, которые принадлежали другим частям системы, но совершение которых зависело от первых событий. В результате диаграмма рис. 6 превратилась в диаграмму рис. 7, на которой выделены дополнительные стрелки.

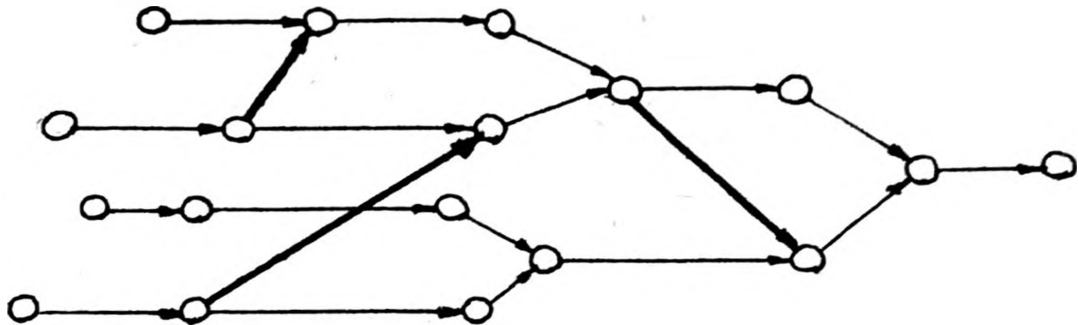


Рис. 7

Диаграмма такого типа названа в системе PERT "сетью", поскольку в ней образуются ячейки, похожие на ячейки сети. Число дополнительных стрелок может меняться в зависимости от сложности разработки. Опыт показывает, что обычно в разработках этих дополнительных стрелок по отношению к общему числу стрелок 30-50%, а иногда и 70%.

Следует подчеркнуть, что если планирование разработки ведется на основе традиционных "графиков работ", то приблизительно такое количество зависимостей работ в этих графиках не представлено, так как там нет возможности показать эти работы. Поэтому, как говорят практики, в ходе работ "вдруг" выясняется, что какую-то работу нельзя начать, хотя она запланирована, так как еще не закончились другие работы. Эти случаи в системе PERT исключаются.

Помимо того, что сеть работ и событий правильно отображает процесс разработки или, как говорят, является адекватной моделью процесса разработки, она обладает еще одним важным качеством - высокой наглядностью, возможностью охватить все

работы данной разработки в их связи и зависимости. Дело в том, что форма, в которой информация сообщается человеку, даже при одном и том же содержании, вовсе не безразлична для ее восприятия. Это обстоятельство можно иллюстрировать следующим примером.

В свое время географические карты были неизвестны и пользовались так называемыми "путеописаниями". Содержание информации, заключенной в путеописании и карте, одинаково, однако, пользоваться в боевой обстановке путеописанием неизвестной местности почти бесполезно. Поиск разрозненных сведений весьма трудоемок, а увязывание этих сведений в единую картину почти невозможно. Повидимому, имеется аналогия между переходом от путеописания к карте и переходом от обычной табличной формы представления плана к карте хода разработки /сети/ в системе PERT. Возможно, что это даже больше, чем просто аналогия.

Особенностью сети, как модели процесса разработки системы является наличие ^{го}одно-единственного конечного события, представляющего оперативную готовность системы. Вообще говоря, сеть разработки системы имеет также единственное начальное событие, однако, если процесс разработки рассматривается не с самого начала, то может быть несколько /обычно-много/ входных событий.

На рис. 8 представлена опубликованная в американской печати карта хода разработки двигателя ракеты "Поларис".

Исключительно важным свойством сети является ее способность "интегрировать" работы по разным изделиям и разным фирмам. Она обеспечивает единое представление процесса, стирая "границы" элементов системы и фирм. Это свойство сети служит основой для сквозного планирования работ по системе. Естественно, что для того, чтобы обеспечить сквозное планирование, сеть должна быть вся, т.е. все имеющие отношение к системе работы должны быть включены в сеть. В этом случае достигается наивысшая эффективность планирования и управления.

Несколько слов об изображении сети. Рекомендуется изображать сеть карандашом на листе ватмана форматом a_1 или a_2 .

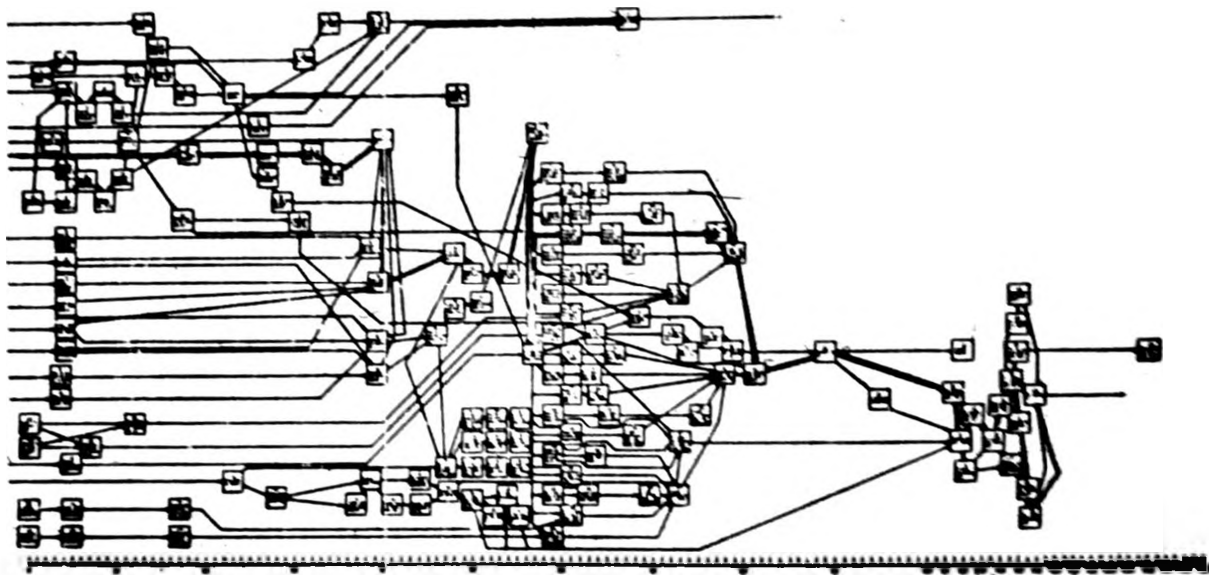


Рис.8. Карта хода разработки двигателя ракеты "Подарис".

Событие изображается овалом размером 2х3 см. Внутри овала, изображающего событие, помещается текст, напоминающий о содержании события. Если хотят показать, как^{ая} организация отвечает за событие, то применяют различные обозначения, например, овал-институт, прямоугольник-завод и т.д. Внизу листа размещается шкала календарного времени. События размещаются в соответствии с планируемыми датами их свершения.

По вертикали они размещаются так, чтобы не разрушая горизонтальных последовательностей событий, принадлежащих к работе по одному изделию, по возможности уменьшить число пересечений стрелок. На одном листе должно быть не более 50-100 событий, в противном случае чрезвычайно затрудняется изучение диаграммы. Если разработка содержит большое количество событий, например, 1000, то следует разбить всю сеть на части по 50 событий. В некоторых случаях целесообразно строить иерархию сетей. В этих случаях в сеть более высокого уровня сети более низких уровней входят только своими конечными событиями.

ПЛАНИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ В СИСТЕМЕ PERT

Высокая объективность плана работ в системе PERT достигается не только за счет применения сети работ и событий в качестве модели процесса разработки, но также и за счет перехода к вероятностному планированию.

Известно, что продолжительность всякой работы может варьировать в некоторых пределах под воздействием случайных, неконтролируемых изменений условий проведения работы. Даже такая хорошо изученная работа, как работа токаря, имеет колебания продолжительности, вызываемые различиями в напряжении электросети, характеристиках обрабатываемого материала, в твердости резца, различиями в навыках токаря и т.д. Однако, для таких работ, как токарная, эти колебания малы и ими обычно пренебрегают. Именно поэтому возможно техническое или статистическое нормирование времени.

Существенно иное положение имеет место в исследовательских и инженерных работах. Хотя и здесь существуют работы, поддающиеся нормированию, характерными являются работы с относительно высокой степенью неопределенности. Например, не являются редкостью случаи, когда продолжительность может изменяться вдвое от одних условий к другим. Неопределенность времени в инженерных работах зависит от того, насколько новая задача похожа на предыдущие, каковы способности инженера, насколько разработана теория вопроса и многих других условий.

Традиционное планирование инженерных работ, которое в США, как и всюду, было заимствовано из практики серийного производства, игнорировало эту особенность инженерных работ. Как и при всякой необъективности, при планировании инженер-

ных работ тем же способом, каким планировались хорошо определенные, нормированные производственные процессы, возникают многочисленные потери. Если, например, назначенный срок оказывается меньше, чем необходимый, то это комкает работу, ухудшает качество разработки, увеличивает количество ошибок, увеличивает затраты, так как приходится оплачивать сверхурочные и т.д. Поскольку нет никаких оснований ожидать, что работа закончится именно к назначенной дате, специалист, как указывается в американской литературе, скептически относится к ней и фактически не чувствует ответственности за ее выполнение. Инженера, не уложившегося в срок, рассматривают как виновника срыва, и он может понести наказание. Чувствуя, что он наказан несправедливо, инженер в следующий раз будет стараться получить запас времени или вообще вывести работу из под контроля, т.е. будет вести себя не объективно. Так получается, что необъективность планирования порождает необъективность со стороны специалиста.

В системе PERT случайность продолжительности работ учитывается введением вероятностного планирования. Каждая работа в сети получает не одну оценку продолжительности, как в обычном планировании, а три временные оценки, показывающие возможный диапазон вариации продолжительности. Эти оценки в системе PERT имеют специфические названия: оптимистическая временная оценка, наиболее вероятная временная оценка и пессимистическая временная оценка. Оптимистическая временная оценка определяется как такая, что крайне мало вероятно /вероятность менее $1/100$ /, что даже при самом благоприятном стечении обстоятельств работа будет выполнена за время меньшее чем то, которое указывается этой оценкой. Наиболее вероятная временная оценка определяется как такая, что, если работа будет проводиться много раз одним и тем же лицом или будет проводиться многими лицами, то чаще всего будет получаться продолжительность, указываемая наиболее вероятной оценкой. Пессимистическая временная оценка определяется как такая, что крайне мало вероятно /вероятность менее $1/100$ /, что даже при самом неблагоприятном стечении обстоя-

тельств работа будет выполнена за время большее, чем то, которое указывается этой оценкой.

Введение трех временных оценок позволяет выражать ту неопределенность, которая присуща инженерным разработкам и, таким образом, получить более объективную оценку затрат времени.

Необходимо подчеркнуть, что введение вероятностного планирования разработок является совершенно новым подходом к планированию. Неопределенность во времени, стоимости и других характеристиках разработки, рассматриваемая обычно как нечто совершенно незаконное, становится объективно признанным фактором, действие которого должно учитываться в процедурах планирования и управления. Подобно тому, как современная техника невозможна без системы допусков и посадок, так и объективная система планирования разработок новой техники, невозможна без учета "допусков" на продолжительность работ.

АНАЛИЗ ПЛАНА В СИСТЕМЕ PERT

Принятие сети работ и событий в качестве модели процесса разработки позволило создать эффективные методы анализа плана разработки.

Основным инструментом анализа плана в системе PERT является понятие критической последовательности работ. Вводится это понятие следующим образом.

Последовательностью работ или путем в сети называется всякая последовательность работ, которая одним своим концом опирается на какое либо из начальных событий, а другим концом на конечное событие сети. На рис. 9 представлена простейшая сеть.

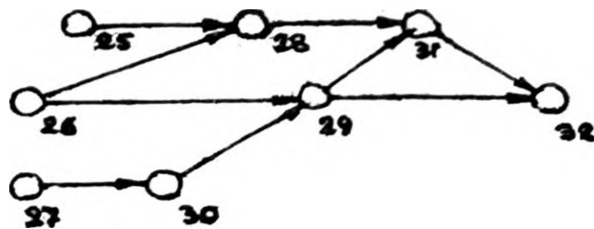


Рис. 9. Простейшая сеть.

В этой сети имеются следующие пути:

25 - 28 - 31 - 32
 26 - 28 - 31 - 32
 26 - 29 - 31 - 32
 26 - 29 - 32
 27 - 30 - 29 - 31 - 32
 27 - 30 - 29 - 32

Очевидно, что каждый путь в сети является необходимым.

Анализ сети основан на сравнении продолжительностей всех путей. В результате сравнения выделяется путь с максимальной продолжительностью. Эта последовательность работ называется критической последовательностью работ или критическим путем.

Для каждого события, принадлежащего ненапряженному пути, существует определенный, зависящий от суммы ожидаемых времен до этого события, момент свершения. Однако, поскольку событие принадлежит ненапряженному пути, смещение его относительно срока, установленного картой хода разработки, не сказывается на сроке свершения конечного события до тех пор, пока продолжительность пути не сравняется с продолжительностью критического пути. Полное время допустимого смещения называется резервом времени для данного события или для данной последовательности, заканчивающейся на этом событии. Резерв времени для событий критического пути равен нулю. Задача анализа карты хода разработки и состоит в определении критического пути, упорядочении ненапряженных путей и определении резерва времени для событий, принадлежащих ненапряженным путям.

Значение понятия критического пути чрезвычайно велико. Оно определяется тем, что полная продолжительность разработки равна продолжительности критического пути. Ненапряженные пути не оказывают на нее никакого влияния. Если продолжительность разработки необходимо сократить, то нужно сокращать только продолжительность критического пути. Если при традиционном планировании, желая ускорить разработку, сокращали продолжительность всех или большинства работ, то анализ критического пути позволяет выделить те немногие работы, от которых действительно зависит полная продолжительность работы. Опыт использования системы PERT показал, что не более 10% всех работ сети принадлежат критическому пути.

Введение понятия критического пути позволяет радикально улучшить многие операции планирования и руководства за счет увеличения четкости и определенности процедур планирования и управления и за счет того, что эти процедуры при при-

менении понятия критического пути становятся весьма экономичными.

Эффективность анализа сети с помощью понятия критического пути существенно зависит от полноты сети. Если сеть "вся", т.е. все имеющие отношения к разработке работы в нее включены, то анализ методом критического пути даст правильные результаты. Если же сеть "дырявая", т.е. в ней имеются неконтролируемые области, то, вообще говоря, анализ критического пути может оказаться совершенно неэффективным.

Необходимо отметить, что в традиционном планировании существует понятие аналогичное понятию критического пути. Это - критическое изделие. Однако, понятие критического пути является гораздо более правильно отображающим действительное положение вещей. В одно и то же время критическому пути могут принадлежать работы по разным изделиям, и одно и то же изделие может принадлежать критическому пути в разное время. Необходимо также подчеркнуть различие между понятиями критического пути /или критического изделия/ и часто употребляющимся понятием "узкого места". Понятие узкого места применяется для описания серийного производства. Узкое место - это такой участок производства, пропускная способность которого меньше, чем пропускная способность любого другого участка производства. Узкое место сдерживает расширение выпуска продукции. Критический путь сдерживает время завершения разработки.

В системе PERT существуют также мощные методы анализа стоимости, использования ресурсов и т.д. Однако их рассмотрение должно быть произведено отдельно.

Все операции анализа сети производятся с помощью электронной вычислительной машины. Объем расчетов таков, что малые и средние машины могут применяться, если число событий в сети не превышает 500-1000. При большем числе событий должны применяться мощные вычислительные машины, способные выполнять десятки тысяч операций в секунду.

ПРОЦЕДУРА СОСТАВЛЕНИЯ ИСХОДНОГО ПЛАНА РАБОТ

В системе PERT уделяется исключительно большое внимание четкости и целеустремленности процедур планирования и управления. Именно четкие, последовательно ведущие к цели процедуры делают систему PERT настоящей системой.

Необходимо, однако, ясно представлять себе, что без правильного понимания сущности процесса разработки новой техники, т.е. без хорошей модели процесса разработки, создание хороших процедур планирования и управления крайне затруднено или даже невозможно. Следует заметить, что работа по исследованию и улучшению организационных процедур имеет в Соединенных Штатах уже довольно большую историю. Во многих фирмах одно из должностных лиц, занимающих в фирме сравнительно высокий пост, иногда пост вице-президента фирмы, имеет своей обязанностью улучшение процедур. В этой области еще до создания машинных информационных систем были достигнуты серьезные успехи, но только после создания таких систем, как PERT, и других подобных, были построены действительно совершенные организационные процедуры.

Целью процедуры исходного планирования разработки системы является создание комплекта документов определяющих процесс разработки. В состав этого комплекта входят:

- сеть работ и событий, определяющая структуру работ
- определители событий
- таблица, определяющая график работ, величины резервов времени для событий и вероятности их выполнения.

В системе PERT /Cost к этому комплекту добавляется еще груп-

па документов, содержащих оценку затрат, потребные ресурсы и т.п.

План, который получается в результате процедуры исходного планирования обладает многими важными достоинствами. В частности, этот план является таким, в котором точно согласуются желательные цели разработки /технические характеристики разработанной системы, продолжительность разработки и желательная стоимость разработки/ с реальными возможностями /знаниями и опытом, которыми располагают специалисты, доступным оборудованием и т.д./. Необходимо особенно подчеркнуть, что согласованность плана является гораздо более важным качеством плана, чем его оптимальность. В системе PERT имеются процедуры, которые приближают план к оптимальному, когда он является согласованным. Следует иметь в виду, что оптимальность становится совершенно мифической, если план не является согласованным.

Процедура исходного планирования может быть начата, если определена цель разработки. Система PERT становится тем более эффективной, чем более конкретной является цель разработки.

Хотя система PERT применяется и играет важную роль также и на том этапе работы, который приводит к формулировке цели, для упрощения изложения следует рассматривать процедуру исходного планирования в предположении, что работа по формулировке цели разработки завершена.

Эта работа проводится на этапе выбора системы и завершается созданием ряда документов. В их числе тактико-техническое задание на систему /или изделие/; проект системы, определяющий структуру системы и характеристики частей системы; технические задания на разработку элементов системы и ряд других.

В системе PERT не предъявляется никаких требований к тому, чтобы эти документы определяли систему в окончательном виде. Однако, требуется, чтобы в том виде, в каком система известна в данный момент, она была бы определена.

Первой операцией процедуры исходного планирования является составление перечня частей системы. Этот перечень точно



соответствует структуре системы /"дереву системы", см.рис.1/
и сохраняет иерархическую организацию структуры /рис.10 /

<u>Перечень частей системы</u>	
Обозначение	Название
0.00000	Система
0.10000	Первая подсистема
0.11000	Первое устройство первой подсистемы
.....	
.....	
0.20000	Вторая подсистема
.....	
.....	

Рис.10. Перечень частей системы.

Необходимо подчеркнуть, что перечень сделан по всей системе, и поэтому в него должны входить не только основные и вспомогательные технические средства, как например, самолет и метеостанция, но вообще все, что входит в систему. Так что, например, в этот перечень могут входить дороги, учебные кинофильмы, подготовленные специалисты и т.д.

Таким образом, если создано изделие первой строки этого перечня, т.е. система, то заведомо гарантируется, что она находится в состоянии оперативной готовности и соответствует ТТЗ.

Поскольку составление проекта системы происходит с привлечением специалистов, обычно к моменту, когда создается перечень, уже известен специалист, могущий осуществить создание

того или иного элемента /изделия/, входящего в перечень.

Однако, может быть и так, что проект разработан ограниченным коллективом квалифицированных специалистов, поэтому для разработки изделий перечня еще необходимо найти специалистов.

Так или иначе, но следующей операцией вслед за составлением перечня является назначение ответственного лица за каждое изделие, входящее в перечень. Возможно, что система создается в большой кооперации, в которую входит много фирм и организаций. Принадлежность специалиста, назначаемого ответственным за изделие, к той или иной фирме не играет роли. Ему поручается быть ответственным за изделие, которое фирма должна сделать по контракту с головной организацией.

Институту ответственных лиц придается в системе PERT исключительно важное значение. Все процедуры планирования и управления осуществляются с помощью этих лиц. Они служат опорой для машинной информационной системы и отчасти на них работает эта система.

В американской литературе по системе PERT уделяется большое внимание качествам, которыми должен обладать этот специалист. Указывается, что он должен быть вполне компетентным в той области, которая связана с его работой, и что он должен быть в состоянии лично или вместе с коллективом специалистов создать порученное ему изделие. Подчеркивается, что нежелательно, чтобы этими ответственными лицами были руководители, т.к. они обычно имеют общее представление о предстоящей работе.

Получив задание, "ответственное лицо" должно приступить к тщательному рассмотрению процесса создания порученного ему изделия. В результате этого рассмотрения специалист должен по возможности более точно и полно вскрыть действительное содержание процесса создания изделия, выявить зависимость от других работ, дать точные определения событиям и оценки потребным затратам времени и ресурсов на каждую работу. Иногда вместе с этим специалистом работает представитель от системы PERT, который контролирует правильность логики определений и другие данные, имея целью повысить объективность и достоверность данных.

Результат изучения будущего процесса создания порученного ему изделия ответственный специалист фиксирует в ряде документов.

Во-первых, он представляет карту хода разработки порученного ему изделия, на которой графически с помощью стрелок и кружков показывает всю последовательность работ по созданию его изделия. На карте должны также быть показаны все связи, от которых зависит создание изделия. При этом специалиста не должно интересовать, каким образом будет обеспечена его работа. Он должен лишь возможно более тщательно вскрыть содержание работы и ее обеспечение.

Во-вторых, ответственный специалист должен составить определения для всех событий в его карте хода разработки и занести их на карточки-определители событий.

В-третьих, он должен дать оценку затратам на каждую из работ в его карте хода разработки /в системе PERT -time - только три временные оценки, в системе PERT-Cost - еще и потребные ресурсы/ и занести их на карточки оценки затрат.

Разумеется, что, если имеются нормативы по тем работам, по которым дается оценка затрат времени и средств, то они используются. Если нет нормативов, но есть справочные данные или аналогии, то специалист использует эти сведения. Если же работа делается впервые, то специалист должен всецело опираться на свое личное субъективное представление о работе и на трезвый анализ своих суждений.

Необходимо обратить внимание на еще одну важную деталь процесса оценки затрат времени на работу.

Ответственный специалист должен определить продолжительность каждой работы, входящей в его компетенцию, а не срок. В материалах по системе PERT подчеркивается, что важно, чтобы при планировании этот специалист не был осведомлен о желательных сроках выполнения работы. Указывается, что такая осведомленность делает специалистов необъективными или тенденциозными. Одни из них, зная срок, стремятся создать запас времени, другие стремятся показать возможность сокращения срока. Отсутствие сведений о желательных сроках концентрирует внимание

специалистов на содержании и продолжительности работ. Введение вероятностных оценок, называемых самим специалистом, позволяет ему выразить его неуверенность в продолжительности работы и, таким образом, позволяет, с одной стороны, возложить на специалиста такую ответственность, которую он может нести, а, с другой стороны, позволяет специалисту взять на себя эту ответственность. Не случайно, конечно, отмечается в американской литературе, что не только руководители, но исполнители, с одобрением встретили систему PERT.

Документы, созданные специалистами-ответственными лицами, посылаются в центр системы PERT, где на основе этих данных "сшивается" общая сеть.

При сшивании сети выявляются все случаи несогласованности - обеспечение затребовано, но никем не исполняется; ^{результат} выдан, но никем не взят; одно и то же событие имеет разные определения у разных лиц. Обращаясь к специалистам, ответственным за соответствующие работы, сотрудники центра системы PERT устраняют расхождения. При этом перепланирование касается только тех участков сети, которые нуждаются в корректировке. Поэтому процесс уточнения плана идет быстро, с прогрессивным сужением круга участвующих в уточнении специалистов.

Необходимо подчеркнуть отличие роли центра системы PERT от роли плановых органов при традиционном планировании.

Плановые органы исходя из общих представлений о процессе и директивных сроков составляют план и затем согласовывают его со специалистами-разработчиками. В системе PERT план составляется коллективом специалистов-разработчиков исходя из содержания работы, а центр системы PERT обеспечивает лишь связь между ними. Он, по существу, на этом этапе составления плана выполняет роль инструмента связи между наиболее квалифицированными специалистами, составляющими коллектив разработчиков.

"Считая" в центре системы PERT сеть представляет собой качественный план хода разработки. Хотя этот план создан коллективом специалистов, система PERT не является системой планирования "снизу". Она также не является системой плани-

рования "сверху". Обе эти системы неудовлетворительны, т.к. планирование "снизу" пренебрегает общими критериями, а планирование "сверху" ведет к нереалистическим оценкам и снижает ответственность. Как упоминалось, и как будет видно из дальнейшего изложения, система PERT является такой системой планирования, при которой обеспечивается согласование желательных целей с реальными возможностями. Однако, начинается процедура составления исходного плана работой специалистов-исполнителей, т.е. "снизу".

С момента завершения качественного формирования сети начинается этап анализа и согласования плана с желательными сроками и выделенными для данной разработки ресурсами. Этот этап оканчивается составлением графика работ.

Необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что в системе PERT процесс составления плана, т.е. взаимосвязанной последовательности работ, разделен от процесса составления графика работ, то есть определения дат начала и конца работ. Вначале создается план, а затем устанавливается график. Такое построение процедуры весьма выгодно, т.к. составление графика начинается тогда, когда весь план уже увязан. Поэтому нет необходимости в многочисленных и трудоемких исправления графика, которые неизбежны при обычных методах планирования. Процедура анализа плана как это уже было изложено приводит к созданию ряда документов характеризующих полную продолжительность разработки и резерв времени на ненапряженных путях.

Только после завершения расчета критического пути становится известной полная продолжительность разработки.

После завершения анализа сети-плана начинается операция согласования плана.

Цель этой операции состоит в том, чтобы согласовать желательные сроки и затраты на разработку с теми, которые действительно необходимы для ее проведения.

Допустим, что продолжительность критического пути больше, чем желательная продолжительность разработки.

Тогда руководители, зная о том, какие работы принадле-

жат критическому пути, применяют те или иные меры для сокращения их продолжительности. Такими мерами прежде всего являются те, которые не требуют затрат ресурсов, например, запараллеливание работ, устранение излишних работ и т.п. Однако, если этих мер недостаточно, то могут быть увеличены ресурсы: усилены кадры, введены сверхурочные или вторая смена, применено более совершенное оборудование и т.д. В случае, если и эти меры не помогают, возможно пойти на некоторое снижение технических характеристик, если срок является более важным, или требовать увеличения срока, если технические характеристики не могут быть изменены.

Важно подчеркнуть, что руководитель обращается при этом только к весьма ограниченному числу специалистов. Если после сокращения продолжительности работ, принадлежащих критическому пути, выступил другой критический путь, который маскировался первым, то руководитель имеет дело хотя и с новым, но вполне определенным и относительно небольшим коллективом специалистов. Именно в том, что руководитель каждый раз совершенно четко знает к кому обращаться и чего добиваться, проявляется определенность процедур системы PERT. В том, что он имеет дело каждый раз с ограниченным коллективом, проявляется экономность этих процедур.

Поскольку для всех операций сортировки, упорядочения, вычисления ожидаемых продолжительностей работ, выделения критического пути и оценки резерва времени событий применяется обработка данных на электронной вычислительной машине, многократное перепланирование, необходимое для процедуры согласования плана, не является обременительным.

По завершении согласования получается сеть, продолжительность критического пути которой, а, возможно, и другие характеристики, соответствуют желаемым, а оценки каждой работы согласованы с отвечающим за нее специалистом.

Только на этом этапе составления исходного плана начинается составление графика работ. Сопоставляя конечному событию желательную дату окончания разработки, привязывают всю сеть к календарной шкале времени. При этом для каждой

работы определяется дата начала, дата конца и величина резерва времени. Расчет графика работ, также как и другие вычислительные операции, осуществляется на ЭВМ. Директивные документы, содержащие данные графика, рассылаются исполнителям. Только после их получения руководители всех промежуточных уровней и специалисты получают сведения о сроках проведения работ, причем продолжительность работы, выраженная тремя временными оценками, соответствует той, которую называли сами специалисты.

Изложенный в последних 4^х разделах материал показывает насколько тщательно продуманы все аспекты процесса создания исходного плана работ. Не удивительно, что руководители, практически пользующиеся системой PERT, утверждают, как показывал их опрос, что 80% ценности системы PERT заключено в той ее части, которая обеспечивает создание исходного плана.

УПРАВЛЕНИЕ ХОДОМ РАБОТ

Улучшения организации инженерных разработок новой техники, которые даются системой PERT, не ограничиваются улучшением планирования. Эта система вносит также радикальные улучшения и в управление.

Управление разработкой в системе PERT понимается как совокупность действий руководства направленных на то, чтобы обеспечить достижение конечных технических целей разработки в заданные сроки и в рамках выделенных лимитов несмотря на непредвиденные затруднения, возникающие в ходе разработки или достижение минимальных отклонений от этих показателей.

Как и обычно, управление процессом разработки опирается на контроль за ходом работ.

Контроль в системе PERT осуществляется путем организации потока первичной информации, содержащей сведения о ходе работ. Эти сведения регулярно, например, раз в 2 недели, высылаются в центр системы PERT всеми ответственными лицами.

Помимо той информации, которая поступает от непосредственных исполнителей, никакой другой информации в системе PERT нет. Таким образом, достигается единство информации снизу доверху. Как известно, при обычных методах управления информация перепадает от непосредственных исполнителей к их руководителю, затем к руководителю более высокого уровня и т.д. При этом нередко информация искажается, так как она интерпретируется руководителем того или иного уровня в соответствии с той оценкой обстановки, которую он дает.

Одно из наиболее существенных отличий системы PERT от традиционных методов руководства состоит в том, что в систе-

ме PERT управление ведется на основе предвидения возможных будущих срывов и отклонений, а не на основе данных об уже происшедших срывах. Управление в системе PERT имеет целью предотвратить их возникновение, а не обеспечить более или менее быстрое "тушение пожаров".

Для того, чтобы обеспечить возможность такого управления документы, которые высылаются ответственными лицами, содержат сведения не только о состоянии уже идущих работ и не только сведения о работах непосредственно примыкающих к уже идущим, но также и сведения по всем работам цикла работ, находящегося в компетенции данного ответственного лица. Другими словами, ответственные лица сообщают каждые две недели самые последние сведения обо всех предполагаемых изменениях во всех работах, которые в будущем предстоит выполнить.

Важной особенностью системы PERT является форма документа, с помощью которой удается весьма лаконично и, вместе с тем, исчерпывающе выразить все необходимые сведения.

Форма представляет собой бланк, в котором имеется только 6 граф. В первые две графы вписываются коды начального и конечного события данной работы и, таким образом данные этих двух граф определяют работы, относительно которых даются сведения. В третьей графе вписываются сведения об изменении работы, которые выражаются цифровым кодом, меняющимся от 1 до 5. Цифры кода означают: 1 - новая работа, которой не было в исходном плане; 2 - переоценка продолжительности работы; 3 - работа завершена; 4 - изменение постоянных данных, характеризующих работу; 5 - работа, которая имеется в плане, должна быть исключена, так как выяснилось, что необходимости в ней нет. Пользуясь этим кодом, ответственный специалист может добавить, исключить или изменить работу в исходном плане или изменить сведения о ее предполагаемой продолжительности. В графы 3^ю, 4^ю и 5^ю вписываются три временные оценки продолжительности работы. Специалист, пользуясь этими графами, может подтвердить первоначально-данные оценки или изменить одну, две или все три оценки.

Необходимо подчеркнуть, что специалист-разработчик обычно довольно хорошо представляет себе к каким последствиям приведет в будущих работах тот или иной непредвиденный результат проводимых им в данный момент работ. Например, на этапе конструирования могут выясняться обстоятельства, касающиеся разработки новых или усовершенствования старых технологических процессов, испытательной или измерительной аппаратуры, которая может потребоваться через полгода или даже год и т.п. Однако, в рамках традиционных методов управления разработчик в значительной мере лишен возможности выразить изменение своего представления о работе. В системе PERT специалисту не только предоставляется возможность выражать все изменения, которые у него происходят, но ему вменяется в обязанность сообщать о всех изменениях во всех работах, находящихся в его компетенции, в ближайший день отсылки сообщения.

Разумеется, что, если происходит изменение содержания событий или появляются новые события, то в центр системы PERT высылаются также сведения для обновления определителей событий или новые определители.

Все сообщения в один день поступают в центр системы PERT. Здесь с помощью ЭВМ на основе этих сообщений "сшивается" новая сеть. Необходимо обратить особое внимание на то, что эта сеть не является планом работ, она является самым свежим коллективным прогнозом хода работ, сделанным квалифицированными специалистами, которые в данный момент наиболее осведомлены о будущем ходе работ, поскольку они сами их исполняют. Равноценного документа в традиционных методах управления нет. Именно наличие этой сети-прогноза позволяет вести управление ходом работ на основе предвидения.

Сеть-прогноз обрабатывается на ЭВМ также, как и при анализе исходного плана. Результатом анализа является выделение критической последовательности работ, оценка резерва времени работ ненапряженных путей и оценка сдвигов относительно графика.

Вполне возможно, что сеть-прогноз будет существенно от-

личаться от исходной сети. Причина этого лежит в неполной предвидимости хода инженерных разработок. Тщательное составление исходного плана снижает общий уровень неопределенности, но исключить неопределенность не может. Поэтому возможны отклонения от первоначального плана.

Выявление нового критического пути и величины сдвига в сроках достижения конечной цели служит основой для принятия решений руководителями разработки.

Эти сведения содержатся в двух машинных документах: перечень событий, принадлежащих критическому пути, с указанием их положения относительно исходного графика, и перечень событий, имеющих наибольший резерв времени.

Следует подчеркнуть, что благодаря выделению критического пути внимание руководителей концентрируется именно на тех работах, которые сдерживают достижение конечной цели. В связи с этим важным качеством системы PERT, в американской литературе отмечается, что обычно руководители имеют тенденцию неправильно распределять свое внимание между стоящими перед ними проблемами. Они охотнее занимаются теми вопросами, по которым известно как и какие решения должны быть приняты. Если же вопрос затруднителен, то руководители склонны откладывать решение вопроса, хотя нередко именно эти вопросы являются сдерживающими всю работу. Система PERT дает руководителю объективную картину положения дел и требует от него такой же объективности.

Концентрация внимания руководства только на тех немногих работах, от которых зависят возможные будущие срывы, ставит руководителя в исключительно выгодные условия. Во-первых, он знает чем он должен в данный момент заниматься. Во-вторых, он имеет время обдумать свои решения, так как он ведет управление не по текущим пунктам плана, а по конечным пунктам или важнейшим промежуточным пунктам плана.

Без системы, подобной PERT, сведения, которые поступают к руководителю, обладают целым рядом недостатков и не позволяют настолько качественно принимать решения, как это имеет место при использовании системы PERT.

Эти недостатки состоят в следующем:

- из-за того, что отсутствует регулярно-действующая система отчетности разработчиков, сведения поступают к руководителю в порядке их поступления, а не в порядке их важности,
- важность вопросов в этом случае руководителем не может быть оценена так как руководитель не имеет одновременно всей картины хода разработки,
- области, где заключены резервы, остаются вне поля зрения руководителя,
- руководитель, не имея полных сведений о состоянии и развитии разработки, постоянно занят решением уже возникших "пожаров", а не их предупреждением,
- информация при прохождении снизу вверх задерживается и отчасти искажается, что затрудняет принятие решений.

Большое значение в системе PERT имеет регулярное поступление информации. Помимо того, что этим задается общий ритм работы всего коллектива, это имеет важное значение для работы специалистов и руководителей. Специалисты обязаны регулярно тратить часть своего времени на обдумывание плана работ, так как им необходимо послать сообщение. Руководители обязаны принимать решения, так как им ясно указывается, где и какое вмешательство требуется. Если они не принимают решения, то в следующий раз они наглядно видят все результаты этого.

Конечно, система PERT несколько не помогает руководителю найти то или иное техническое решение. Как отмечается в материалах по системе PERT, это целиком остается на обязанности руководителя и его технического персонала. Система PERT лишь экономит его силы и время, освобождая их для тщательного и всестороннего обдумывания решений.

Важной особенностью системы PERT является обеспечение единства действий руководства всех уровней. Достигается это благодаря тому, что руководители всех уровней /а также исполнители/ получают данные обработки сети-прогноза и поэтому

каждый из них четко осведомлен о своем положении в общем ходе работ. При традиционных методах управления, когда руководители средних или низших уровней практически не осведомлены относительно общего положения дел единственным критерием оценки их положения является для них сравнение с планом. Однако, как это становится ясно при сравнении с методом критического пути, опережение или отставание данной работы по сравнению с планом еще ни о чем не говорит. Возможно, что это отставание имеет значение, но возможно, что это и не так, если работа принадлежит ненапряженной последовательности. Тем не менее, в условиях традиционного управления руководитель среднего или низшего уровня видя, что его работа уже отстает или есть угроза будущего отставания, будет обращаться к руководителям более высоких уровней с теми или иными предложениями. В подавляющем большинстве случаев — поскольку ненапряженным путям принадлежит около 90% всех работ — эти контакты лишь отнимают драгоценное время у руководителей высших уровней и не позволяют им сосредоточиться на решении действительно актуальных задач. В системе PERT руководители всех уровней исходят из общего положения дел, а не из своего положения относительно плана. Частные действия одного руководителя видны ему через целое. Поэтому руководители работ, находящихся на ненапряженных путях следят лишь за тем, чтобы не слишком приблизиться к критическому пути и не производить лишних расходов, зато руководители работ, оказавшихся в данный момент на критическом пути, немедленно, как только это им становится известным, принимают те меры которые они в состоянии принять или обращаются к высшему руководству. Поэтому число контактов между руководителями различных уровней резко сокращается. Характерно, что в некоторых инструктивных материалах по системе PERT прямо указывается, что личная явка к руководству более высокого уровня может производиться, как исключение.

Таким образом, в системе PERT достигается высокое единство руководства, основанное на одинаковом понимании общего положения дел и своей роли. Все руководство разработки рабо-

тает по существу как единый коллективный руководитель.

Повышению качества управления разработкой способствует также применяемое в системе PERT "проигрывание" решений руководителей до того, как они становятся директивными указаниями для исполнителей. Дело в том, что решение руководства, сокращающее до необходимой величины критический путь, может оказаться неэффективным вследствие того, что в некоторых случаях существующий критический путь может маскировать другой путь, близкий к нему по полной продолжительности.

После сокращения существующего критического пути выступит другой путь и цель решения не будет достигнута. Чтобы избежать этой нежелательной ситуации и гарантировать эффективность решения, все решения руководства формулируются в терминах работ и событий, возможно, с помощью ответственных специалистов, и вводятся в ЭВМ также, как и двухнедельные сообщения. Новая сеть, построенная на основе сети-прогноза, но учитывающая также и решения руководителей, является уже сетью-планом, однако, это еще предполагаемый, а не окончательный план.

Получив данные анализа этого плана, руководитель может составить ясное представление о влиянии своего решения на окончательный результат и может принять его или отбросить или изменить. Если решение достигает цели, т.е. срок действительно сократился, то эта сеть становится сетью-директивным планом, если же нет, то руководству сообщаются дополнительные данные, чтобы можно было принять новую серию решений. Эта процедура продолжается до тех пор, пока действительно не достигается желаемая цель. Именно имея в виду эту особенность системы PERT в американской литературе указывается, что в системе PERT не бывает плохих или неэффективных решений.

Важно отметить, что правом проигрывать решения пользуются в системе PERT руководители всех уровней, а также ответственные лица и специалисты-исполнители. Поэтому каждый может оценить свой вклад в общее дело, а также влияние других предложений. Несомненно, что эта возможность чрезвычайно стимулирует действия исполнителей и руководителей и позволяет

быстро находить эффективные решения, учитывающие все положительные предложения.

Помимо перечисленных выше улучшений управления разработкой, система PERT позволяет внести улучшения и в некоторые другие смежные области. В памяти ЭВМ, обрабатывающей информацию системы PERT, хранится вся история разработки. Специальная обработка данных истории разработки может дать ценные сведения для организации будущих разработок и, в частности, для формирования нормативов времени и затрат. Кроме того, могут быть обработаны как в ходе разработки, так и по ее окончании сведения о всех обещаниях-прогнозах, которые давались ответственными лицами. Эта обработка позволяет руководителям отделить лиц, которые удовлетворительно предвидели развитие своей работы, от тех, которые производили многократное перепланирование, хотя это не вызывалось природой выполняемой ими работы. В результате постепенно формируется контингент "хороших оценщиков", на которых в дальнейшем опирается планирование и управление. С другой стороны, знание того, что все его сообщения хранятся и анализируются, заставляет специалиста-оценщика с большим вниманием и ответственностью относиться к сообщаемым им данным. Точность и правильность оценок становятся гордостью специалиста. А знание того, что весь его вклад в разработку будет зарегистрирован, заставляет стремиться увеличить этот вклад.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ PERT И ФОРМЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Основную массу объектов /около 2/3 /для применения системы PERT составляют разработки различных военных систем. Однако, в настоящее время в том или ином виде система PERT применяется для

- создания новых технических невоенных средств
- проектирования и строительства новых заводов и ввода их в действие, в частности, химических заводов,
- реконструкции старых заводов
- сокращения периода простоя при ремонте и профилактике на химических заводах
- строительства энергетических систем
- гражданского строительства, включая коммуникации
- оборудование и ввод в действие вычислительных центров
- составления программ электронных вычислительных машин
- составления годовых и перспективных планов крупных фирм
- составление программ снижения стоимости изделий.

Необходимо отметить, что на практике эти виды применений часто тесно переплетаются. Так, например, в рамки одной сети могут быть включены операции разработки плана, строительные работы, разработка технического средства, программирование машин и т.д. Поэтому единообразие документации,

методологии и техники является крайне желательным. В американской литературе многократно подчеркивается актуальность или желательность стандартизации вариантов системы PERT. Однако, работа по стандартизации, выразившаяся пока в выпуске единого "Руководства по системе PERT/Cost", обязательного для всех подрядчиков Министерства обороны, еще только начинается.

В последнее время появились сообщения о новой области применения системы PERT. Речь идет о так называемом предварительном планировании мероприятий по ликвидации последствий стихийных бедствий. Например, ликвидация разрушений, нанесенных ураганом или пожаром. В ряде подобных случаев государственные органы или фирмы могут иметь наборы сетей, в которых представлена тщательно разработанная совокупность после до-вательно-параллельных работ, необходимых для ликвидации последствий бедствия. Это дает возможность быстро и эффективно организовать действия по восстановлению положения.

Формы применения системы PERT чрезвычайно разнообразны. В значительной мере это разнообразие может быть объяснено тем, что эта система еще находится в стадии развития и освоения и, по существу, многие из форм применения являются промежуточными.

1. По отношению к организации фирмы. Система PERT может применяться как нечто дополнительное к уже существующей внутри фирмы системе планирования и управления. Именно в такой форме она применялась на её первых объектах. Однако, совместное действие двух систем планирования нецелесообразно и поэтому в дальнейшем эта форма применения системы PERT заменилась другой, в которой методология системы PERT принята как основа для планирования фирмы.

2. По степени использования возможностей системы PERT. Вообще говоря, система PERT является системой для планирования и управления. Однако, она не без успеха применяется и в более простых формах. В частности, имеются указания, что она может применяться для контроля уже составленных планов. Такой контроль оказывается обычно весьма эффективным и позволяет выявить в планах большое количество ошибок. Система

PERT может также применяться для составления и анализа плана. При этом управление может вестись традиционными способами. Не является также обязательным применение для составления плана оценок, которые дают специалисты. Известна модификация системы PERT, которая опирается на сроки, обозначенные в контракте, т.е. официальном документе фирмы. Имеются также утверждения, что штат плановиков, хорошо знающих фирму и могущих рассмотреть задачу, составляют лучший план, чем коллектив специалистов, которые хорошо понимают задачу, но гораздо хуже знают фирму. Таким образом, во всех случаях сеть должна составляться наиболее компетентными людьми. Где находятся эти люди - вопрос второстепенный.

3. По степени охвата контролируемых характеристик.

Наиболее простой формой, охватывающей только два признака является система PERT-time, в которой контролируется объект и время. В этой форме система PERT уже дает существенный положительный эффект. Однако, отмечается, что эта форма применения системы PERT нередко приводит к перерасходам или неправильному использованию ресурсов. Более эффективной формой является форма PERT/Cost, но в этой форме система, конечно, должна встроиться в организационный аппарат фирмы, так как иметь два учетных аппарата бессмысленно. Повидимому, форма системы PERT, в которой стоимость контролируется только по отдельному изделию имеет смысл только для обеспечения военного ведомства информацией о затратах. Внутри фирм более целесообразна форма многотемного PERT а, которая носит название RAMPS. Во всех этих формах применения системы PERT контроль технических характеристик находится вне этих систем. В будущем возникнут "полные" системы, которые охватят также и технические характеристики. Сведения о разработке таких систем имеются.

4. По глубине охвата кооперации.

Опыт применения системы PERT показывает, что сквозной охват всех работ, входящих в данную разработку, не является обязательным условием эффективности её применения. В такой крупной разработ-

ке, как разработка системы "Поларис", были, повидимому, охвачены, только подрядчики первой линии. Степень охвата зависит от степени надежности подрядчиков более низших уровней. Если поставки гарантируются, то система PERT может распространяться только на подрядчиков первой линии.

5. По применяемым техническим средствам. При небольшом объеме работ /не более 100 событий, т.е. 10 входящих изделий, контролируемых по 10 этапам/ система PERT может применяться в форме ручной системы. При этом могут применяться специальные счетные линейки или номограммы, сведения о применении которых имеются в американской литературе. При числе событий равном 200-500 необходимо применение счетной техники. В частности, применяются счетно-перфорационные машины и малые электронно-вычислительные машины. При числе событий порядка 1000 необходимы средние вычислительные машины. При большом числе событий, порядка 10000, необходимы мощные электронно-вычислительные машины. Охват стоимости также резко увеличивает требования к мощности ЭВМ. При большом объеме работ целесообразно также выполнять с помощью технических средств и построение сети по данным машины.

6. Необходимо отметить также различные формы применения системы PERT, связанные с использованием стандартизированных сетей. Если новый объект является лишь модификацией уже выпущенного, то часто не целесообразно составлять сеть заново, так как изменения не слишком велики. В этих условиях естественно возникает несколько отличная от обычной форма системы PERT, ориентированная на сравнение с уже готовыми сетями. В некоторых случаях такая форма применения системы PERT дает большую экономию труда при планировании.

7. В зависимости от степени неопределенности объекта, применяются или детерминированные или же вероятностные варианты системы PERT. Первые применяются в условиях производства, где имеются нормативы или надежные справочные данные. Вторые применяются в условиях исследовательских работ

или инженерного проектирования. Нередко, система PERT применяется и в комбинированной форме, когда сочетаются оба варианта.

В условиях, когда разработка весьма продолжительна, обширна и неопределенна, не рекомендуется составлять сквозной план на всю разработку, а ограничиваться планом по основным ближайшим наиболее ясным целям. Более отдаленные частные или конечные цели при этом планируются по мере выявления возможности это сделать.

8. Наконец, необходимо отметить особенности применения системы PERT по этапам создания системы. В то время как на этапах разработки и изготовления система PERT применяется только для целей планирования и управления, на этапе выбора системы /или изделия/ она применяется для оценки системы, т.е. для получения данных характеризующих полную продолжительность разработки и затраты на нее. Эти данные используются для сравнения одного варианта системы с другим при решении вопроса о том, какой же вариант разрабатывать. Обычно при таком применении используется вся процедура составления исходного плана, однако детальность сети берется меньше.

КРИТИКА НЕДОСТАТКОВ И СЛАБОСТЕЙ СИСТЕМЫ PERT

Четырехлетний опыт широкого практического использования системы PERT и ее разновидностей позволил американским специалистам выступить с рядом статей, обобщающих этот опыт и дающих трезвую оценку системе PERT,

Грубо, эта оценка состоит в следующем. Автомобиль, сменивший конную повозку, явился новым типом технического средства. Вначале он был весьма несовершенным технически, но, тем не менее, он был новым типом технического средства. В настоящее время он стал весьма совершенным в рамках того типа технических средств, к которому он принадлежит. Его технические слабости и недостатки устранялись по мере его технического созревания. Его ограничения, являющиеся ограничениями автомобиля, как типа технических средств, практически сохранились неизменными на протяжении его истории и начали преодолеваться только после отказа от некоторых основных принципов, заложенных в его конструкции.

Подобно этому система PERT, как недавно появившееся и быстро прогрессирующее техническое средство, обладает большим количеством несовершенств и слабостей. Однако, все они преходящи и рано или поздно будут устранены. Ограничения системы PERT, как типа технических средств, более существенны и будут преодолены лишь ценой отказа от некоторых ее фундаментальных принципов в более отдаленном будущем.

Главное в этой оценке состоит в том, что возникновение системы PERT рассматривается как возникновение нового типа технических средств и предполагается что система PERT, как тип технических средств, будет иметь стандартную историю развития, как и у любого другого типа.

В PERT'овской литературе внимание уделяется также объяснению так называемых "кажущихся недостатков" системы PERT, которые возникают вследствие неправильного применения этой системы.

Рассмотрим вначале непринципиальные слабости, существующие в настоящее время, а затем кажущиеся недостатки системы. Фундаментальные ограничения в американской литературе пока и по вполне понятной причине — еще не рассматривались, так как неясно, каков круг задач, которые можно было бы решать с помощью систем гораздо более совершенных, чем система PERT.

Существующие слабости

По мере перехода от 58 года к 62 г. изменяется оценка того, что является существенной слабостью системы.

Так, в более ранних статьях отмечается, как слабость, то, что в системе PERT/*time* не контролируется стоимость и, в частности, указывается, что управление только по времени, как это имеет место в системе PERT/*time* приводит к излишним расходам.

Позже, при обсуждении достоинств системы PERT/*Cost* указывается, что ее недостатком является то, что она не контролирует технических характеристик.

Таким образом, как это и говорилось, оценки слабостей весьма относительны.

Более важными представляются ограничения, которые в настоящее время еще не преодолены.

Неоднократно указывается, что математические методы, используемые для анализа критического пути не вполне удовлетворительны. Получается неконтролируемое уменьшение опасности срыва конечного срока. Поэтому руководство, если только оно не вносит корректив каким либо способом, лежащим вне системы PERT, систематически принимает недостаточные решения. Математические трудности, которые здесь имеют место, достаточно серьезны.

Другим ограничением, выявившимся при проведении разра-

ботки ракетоплана Дайна-Сор, является недостаточное совершенство методов машинной обработки информации. Как указывается в материалах по PERT, трудности заключаются в том, что нужны слишком большие памяти машины и слишком большие программы. Во всяком случае обработка сети из 30000 работ оказалась ватруднительной, хотя, повидимому применялась такая машина, как 7090.

Большая дискуссия ведется по вопросу о приемлемости вероятностного планирования. Многочисленные сомнения высказываются по поводу надежности субъективных оценок.

Поскольку субъективные оценки не являются статистическими они могут использоваться только для расчета срока завершения разработки в целом, но для расчета сроков отдельных работ они мало пригодны.

Специальное предупреждение, не рекомендуемое это делать, содержится в "Руководстве по системе PERT/Cost". Интересно, что опыт показал, что финансисты и производственники обычно бывают настроены излишне пессимистично, в то время как инженеры и сбытовики неоправданно оптимистичны. Как на существенный пробел, указывается на то, что до сих пор нет никакого подтверждения справедливости применения ρ - распределения. В некоторых материалах подчеркивается непоследовательность, проявленная при разработке некоторых вариантов системы PERT/Cost, и заключающаяся в том, что вероятностный подход был распространен только на область времени, а область стоимости оставалась детерминированной.

Рассматриваются также и другие слабости близкого или аналогичного характера. Однако, ясно, что если в настоящее время с наличием всех этих слабостей надо считаться и их учитывать, то в будущем их влияние значительно ослабеет.

Кажущиеся недостатки.

Неправильное применение системы PERT приводит к снижению ее эффективности или даже превращает ее в обузу. Причины неправильного применения системы лежат в неправильном

понимании то, что⁷⁰ должен делать руководитель, применяющий эту систему; в неправильном понимании возможностей этой системы и областей, к которым она может быть приложена; в непонимании того, что ясность и простота принципов этой системы маскируют сложность ее применения. Одним словом, как и всегда, использование сложного технического средства требует высокой культуры. Об этом иногда забывают и думают, что если человек является руководителем, то он автоматически обладает необходимой культурой. Но это не всегда так бывает.

Некоторые руководители думают, что стоит им создать PERT'овский центр и завести отчетность, как все преимущества, даваемые этой системой появятся сами собой. Они забывают, что для этого системой надо пользоваться. Ведь можно приобрести автомобиль, но не ездить на нем. Более того, система PERT является первым техническим средством, поступившим в руки руководителей разработок. Этим средством надо уметь пользоваться, также как надо уметь править автомобилем. Но научиться водить автомобиль можно только сидя за рулем. Подобно этому научиться пользоваться системой PERT можно только ею пользуясь. Если хотят хорошо использовать систему PERT, то надо желать этому научиться и приложить труд и терпение для того, чтобы выучиться. Нужно выстоять при отдельных неудачах пока будут вырабатываться навыки. И, конечно, нужно повозиться, добиваясь совершенства использования.

Разумеется все сказанное относится не только к руководителям, но также и к специалистам-исполнителям.

Часто разочарования в системе PERT возникают вследствие того, что от неё ожидают то, чего она в принципе не может дать. Бывают случаи, когда руководители, уверовав во всемогущество этой системы, вдруг обнаруживают серьезные изъяны в подведомственной им работе. В литературе отмечается, что мыслящий руководитель, который не дает себя увлечь достоинствами этой системы и который отдает себе ясный отчет в несовершенствах и ограничениях, присущих системе, обычно достигает большого успеха в ее применении.

Многие неприятности связаны с применением системы PERT

в такой форме^и к таким областям, в какой и к которым она ограничено применима. Например, попытки формально применить систему PERT к 5-6 летнему проекту с существенно исследовательским характером и, соответственно, заставить специалистов детально планировать весьма отдаленное будущее в то время, как им еще совершенно неясны даже ближайшие задачи, вызывают возмущение коллектива специалистов. Однако, если бы эта система в этом случае была применена относительно ближайшей промежуточной цели, она была бы вполне эффективной. Так, например, является нелепой попытка применить эту систему для управления серийным производством.

Таким образом, хотя принципы системы PERT должны всемерно осуществляться, форма, в которой эти принципы осуществляются, не должна быть жестко стандартизованной, а должна разумно приспособливаться к обстоятельствам.

Необходимо также очень внимательно рассмотреть возможности того коллектива, который охватывается этой системой. Практика показала, что в сильных, дисциплинированных и хорошо организованных коллективах система бывает весьма эффективна. Напротив, в слабых, молодых и плохо руководимых коллективах, она бесполезна.

Бывают также случаи, когда систему PERT применяют на слишком ограниченном или на сильно-связанном участке, на участке с незамкнутыми результатами или на участке с плохо определенной целью. В этих случаях система легко может превратиться в бюрократическую обузу для руководителей и специалистов-исполнителей и тем самым стать полностью дискредитированной.

Иногда руководители жалуются, что эта система так много всего требует - специалистов-плановиков, программистов, служащих, требует знания терминологии, что возникает вопрос, оправдано ли все это или все это только мода. Эти жалобы нередко оправданны, так как самостоятельное введение системы PERT связано с большими хлопотами. Не следует забывать, что создание этой системы большая и сугубо специальная область деятельности. Не случайно, конечно, Министерство Обороны США бесплатно предоставляло все необходимое контрактующимся с ним

фирмам. Однако, в условиях удовлетворительного специального обслуживания внедрение и использование системы перестает быть непосильным. Только специализированные предприятия по ремонту автомобилей делают возможным их использование.

Целая группа недостатков, которые правильнее было бы назвать недостатками обстановки применения, обязана своим возникновением несоответствию между той формой организации разработок, которая является нужной с точки зрения системы PERT, и той, которая на практике существует в фирмах. Например, указываемое системой перемещение кадров или оборудования, наталкивается на бюрократические перегородки, существующие между отделами внутри фирмы. Приводятся также примеры, когда заказчик, Министерство Обороны, было лишено возможности эффективно использовать систему PERT из-за разобщенности фирм - участников разработок или из-за разобщенности бюджетных статей и чрезмерной ограниченности времени оформления изменения бюджета. К этой же группе можно отнести недостаток системы PERT, заключающийся в том, что система требует от специалистов-исполнителей повышенного чувства ответственности. В связи с этим отмечается, что целесообразно так организовывать работу, чтобы специалист получал выгоду, когда он ведет себя наиболее объективно.

J ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМЫ PERT

Опыт использования системы PERT показывает, что обычно возникают три группы организационных изменений.

Во-первых, как показал опыт разработки системы "Поларис" и ряда других американских военных систем, применение системы PERT стимулирует и обеспечивает создание высокоцентрализованного управления разработкой. В руках органа, осуществлявшего руководство разработкой системы "Поларис", была сосредоточена вся ответственность за всю разработку, включая исследования, инженерные разработки, изготовление, испытания, производство и сборка, техническое обслуживание, обучение персонала, снабжение, тренировка персонала, обеспечение оперативной готовности и усовершенствование системы. На этот орган была также возложена финансовая ответственность за разработку. Хотя "руководство разработкой системы" /или "системное руководство"/, как новая профессиональная деятельность, появилось раньше, чем система PERT, оно стало реальностью, а не желанием, только после освоения системы PERT. Организационные изменения этого типа затрагивают в основном ту организацию, откуда ведется руководство системой в целом. Во флоте США для руководства разработкой системы "Поларис" был создан новый специальный орган. Для руководства другими разработками использовались две формы организации. В одной из них для руководства создавались специальные не-прибыльные корпорации. В другой руководство разработкой возлагалось на головную фирму. Во всех случаях, которые известны, система PERT была основным инструментом этих органов управления.

Вторая группа организационных изменений включает те

изменения, которые произошли при внедрении системы PERT в организации управления внутри фирм. Первоначально, система PERT в организационном отношении была механическим добавком к той системе управления, которая была внутри фирм. Однако, в дальнейшем, особенно после создания системы PERT/Cost, выяснилось, что организация управления внутри фирмы должна быть довольно радикально изменена, чтобы аппарат системы PERT занял основное место в тех областях, для которых он пригоден.

Необходимо отметить, что параллельно с PERT развивалось много других машинных информационных систем того же уровня, но других классов. Например, машинная система для управления материально-техническим снабжением, для контроля отношений с фирмами-поставщиками, для управления производством и т.д. В наиболее мощных фирмах, таких, как Дженерал Электрик, уже созданы комплексные машинные информационные системы, включившие в себя перечисленные системы, и ряд других. Разумеется, что введение таких систем существенно меняет организацию управления внутри фирмы.

В-третьих, введение системы PERT сопровождается появлением целого штата "PERT'овских специалистов" - программистов, планировщиков и т.д.

ЗАТРАТЫ НА СИСТЕМУ PERT И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Затраты на систему PERT складываются из

- затрат на первоначальное приобретение /или аренду/ оборудования, программ, на обучение персонала и руководителей и т.д.
- затрат на оплату машинного времени, оплаты PERT'овского персонала и т.д.
- затрат времени инженерами, заполняющими PERT'овские двухнедельные сообщения.

Сведений о первоначальных затратах нет.

Затраты на обслуживание уже действующей системы составляют от 0,1% до 0,5% стоимости контракта. Так, в одном случае при контракте 1 млн. долларов затраты на PERT составили 0,5%, а в другом случае ^{при} контракте 1,8 млн долларов затраты составили 3000 долларов, т.е. меньше 0,2%.

Эти величины затрат подтверждаются также сведениями о численности групп, обслуживающих систему PERT. Так, например, известно, что в разгар разработки "Поларис" систему PERT обслуживало 13 человек, хотя в этот период было охвачено системой PERT 43 основных фирмы. Для расчетов тратилось не более 5% ресурса машинного времени машины NORC (22000 сложений в секунду).

Затраты времени специалистами также невелики. Они составляют в денежном выражении 1/8 от затрат на обслуживание системы. "Это менее 1/10 того времени, которое инженеры затратили в этот период на кофейные перерывы".

Эффективность системы PERT определяется тем сокраще-

нием времени, которое достигается при применении этой системы. Видимо, цифра 20-25%, многократно упоминавшаяся в различных материалах по PERT, является типичной. В некоторых случаях получается сокращение срока на 37%, как это имело место при переходе на систему PERT для планирования периодических ремонтных работ на химических заводах фирмы Дюпон. Называются также различные цифры, показывающие экономию средств. Так, при строительстве завода был сокращен срок на 25% и была получена экономия в 1 млн долларов.

Таким образом, система PERT является весьма экономичной и весьма эффективной.

Нелишне напомнить, что условиями эффективности системы PERT являются

- четкое определение цели
- охват в одной сети всех работ, от которых существенно зависит достижение цели
- навык в использовании системы PERT у исполнителей и руководителей.

З а к л ю ч е н и е

В заключение следует ответить на три вопроса:

- что дает система PERT?
- чем обусловлены преимущества, даваемые этой системой?
- каково будущее системы.

Что же дает система P E R T ?

Коротко, она дает следующие пять основных результатов

- позволяет определять срок завершения разработок и затраты на них с гораздо более высокой точностью, чем любые другие методы
- обеспечивает улучшение выбора цели разработок, благодаря тому, что руководители получают реалистичное представление о сроках и затратах
- обеспечивает сокращение срока разработок на 20-25%, а иногда на 35% и дает существенную экономию средств
- обеспечивает улучшение использования специалистов
- дает руководителям уверенность в том, что, когда и за какие деньги можно достичь.

Последнее качество системы PERT должно рассматриваться как такое же важное, что и остальные.

В ходе работ она указывает руководителю:

- где требуются люди, когда и в каком количестве
- какие работы сдерживают всю разработку
- где могут возникнуть в будущем опасные сдвиги графика и перерасходы
- как лучше использовать людей и оборудование по времени
- каковы связи людей и организаций по данному проекту.

Система PERT также дает:

- здоровый деловой климат для специалистов-разработчиков
- экономию сил руководства

Необходимо также отметить, что поскольку система PERT содержит регулярный аппарат для планирования и управления, практически всякий после подготовки оказывается в состоянии выполнять эти операции, т.е. в известном смысле облегчается решение проблемы квалифицированных руководящих кадров.

В чем сущность системы PERT, что позволяет ей достичь этих результатов?

Если ответить одной фразой, то это то, что она является современной научной системой, впитавшей лучшие идеи современной науки и техники.

Более конкретно, ее преимущества определяются следующим:

- применена более правильная модель процесса разработки, чем прежде, т.е. использована точка зрения методов исследования операций,
- вся система построена так, чтобы восстановить, укрепить и улучшить ослабленные сложностью и масштабами разработок информацион-

ные связи внутри коллектива разработчиков, т.е. использован операционно-информационный подход кибернетики,

- система построена как функциональное целое, так, что все части гармонично связаны друг с другом, обеспечивая успешное решение конечной задачи, т.е. использован современный системный подход.
- система построена на основе таких технических средств, как ЭВМ и средства отображения информации, т.е. использован самый современный технический уровень.

Еще более конкретно суть научных, технических и методических достижений, использованных в системе PERT, заключается в следующем:

1. 1.Новая модель включает два логических элемента - работу и событие, каждый из которых имеет более сложное содержание чем единственный элемент прежней модели.
 - 2.Новая модель учитывает наличие зависимостей между работами в то время, как старая отражала только следование.
 - 3.Новая модель является вероятностной, в то время как прежняя являлась детерминированной, что не адекватно процессу
 - 4.Новая модель имеет формальное определение и, таким образом, доступна для критики и улучшений, в то время как прежняя модель существовала на интуитивном уровне.
- П. 1.В системе PERT строго организованы потоки информации.В ней обеспечено единство информации снизу доверху.
- 2.Разработан язык, делающий информацию осмысленной

и приняты меры, делающие ее возможно более объективной.

3. План в системе PERT является коллективным прогнозом, а плановый орган – органом связи коллектива.

4. Устанавливаются такие обратные связи, которые превращают коллектив разработчиков в единое целое, а коллектив руководителей в коллективного руководителя. Это достигается благодаря тому, что каждый имеет такую информацию, которая позволяет ему оценить свое положение относительно общего и, таким образом, обеспечить такие действия, которые содействуют достижению общей цели.

Ш. 1. Как и у всякой системы, четко определены конечные функции – планирование и управление по системе в целом.

2. Система PERT является первой сконструированной системой планирования и управления разработок. До нее системы планирования и управления складывались, а не разрабатывались.

3. В системе PERT имеются четкие процедуры действий для руководителей и специалистов на всех этапах планирования и управления.

4. Система PERT, вероятно, является системой близкой к оптимальной, так как в ней максимально использовано прогнозирование, согласование целей и возможностей, выбор вариантов и моделирование решений, т.е. весь методический арсенал современных систем.

5. В системе PERT накапливается и анализируется опыт, в частности ведется отбор оценщиков.

Таким образом, в ней заложены элементы научения.

6. Система PERT является человеко-машинной сис-

темой, что обеспечивает ей высокую гибкость. Многими способами осуществлено согласование человека с машиной и, в частности, использованием принципа "руководства на основе исключения".

Каково будущее этой системы?

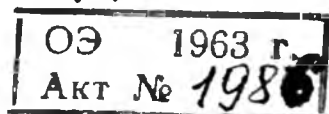
Совершенно ясно, что системы этого класса находятся еще в начале пути и можно ожидать дальнейшего их развития.

Основные направления развития:

- усиление охвата и проникновения системы / "вся" сеть, "все" характеристики работы, "все" этапы, "все" цели /
- срашивание с системами других классов этого же уровня
- объединение с системами, моделирующими будущие системы.

Вряд ли можно сейчас переоценить плоды этого развития.

7Р-35226



Т-07806
Тираж 150

К печати 18/VI-63 г.

Уч.-изд. л. 2,47
Заказ 870 /314

Типография НИИТЭИР. Москва, I-я ул. Машиностроения, д.3

System Lab

system-laboratory.ru