

64-6

2021

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ
СССР

Экз. № 3

ПЕРЕВОД № 651

Джером Пилман

СИСТЕМА PERT - ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД
ПЛАНИРОВАНИЯ

Jerome Pearlman

PERT - AN EMPIRICAL APPROACH TO
RESOURCES PLANNING

Источник: IRE Inter-
national Convention
Record, 1961, III,
pt.10, p.12-21.

1963

СИСТЕМА РЕВТ - ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ

Дается сравнительно краткое и ясное описание системы планирования разработок, известной под названием РЕВТ. Применение этой системы дает руководству наглядную картину хода работ и темпа затрат, а также сосредотачивает его внимание на узких местах, требующих оперативного вмешательства.

Сложность физики как науки нашла свое отражение в усложнении ряда проблем, связанных с жизнью. Разработка пушки, корабля, танка или винтовки не может быть приравнена по сложности возникающих проблем к разработке управляемого снаряда. Это вызвало к жизни новую технологию - технологию управления. Те же принципы, которые стимулировали быстрый процесс физических явлений, используются для того, чтобы лучше связать эти явления с человеком.

Потребность в комплексной системе планирования военных разработок выявилась в 1954 г. при создании межконтинентального баллистического управляемого снаряда "Атлас" - первой системы оружия в прямом смысле этого слова. Стало ясно, что использовавшийся до сих пор метод планирования по "кускам", пригодный для относительно "простых" видов оружия, абсолютно непригоден для одновременной разработки

и поставки оружия, наземной аппаратуры, радиолокационной части, программы обеспечения надежности, программы обучения и других элементов.

В 1957 - 1958 гг. руководство проекта разработки баллистического снаряда для флота осознало необходимость комплексного планирования разработки исключительно разветвленной системы оружия. Серьезные проблемы возникают вследствие сложных взаимосвязей и зависимости между основными элементами системы. Например, снаряд не может быть испытан до тех пор, пока его пусковая установка - специально разработанная подводная лодка - не совершит пробного плавания. И для снаряда и для корабля требуется специальный док и площадка. Кроме того, в выполнении программы участвуют около двух тысяч подрядчиков. Таким образом, проблема взаимосвязи между заказчиком и подрядчиками фактически осложнилась. Все это еще раз подтвердило необходимость разработки комплексной системы руководства и планирования. Такой системой явилась система PERT - метод оценки и обзора плана. В 1960 г. система почти без изменения была принята ВВС и названа PEP - метод оценки программы.

Комплексная система руководства и планирования

Ключевыми словами в этом определении являются "комплексная" и "система". При классических методах проектирования требуется очень детальная "системотехника". Такую

систему можно определить как "слияние воедино изделий, руководства, персонала, средств и планов, необходимых для получения оружия, способного выполнить свое назначение". Система руководства - это фактически то же, что и система производства. Конечный результат, однако, различен, так как действующим лицом является человек.

Слово "комплексная" означает единый подход с точки зрения времени, стоимости и технических показателей, поскольку эти и только эти элементы могут быть использованы для количественного выражения программы. Затрачиваемые ресурсы обычно выражаются в форме стоимости.

На рис. I дана упрощенная иллюстрация понятия комплексного руководства и планирования. Каждая программа,

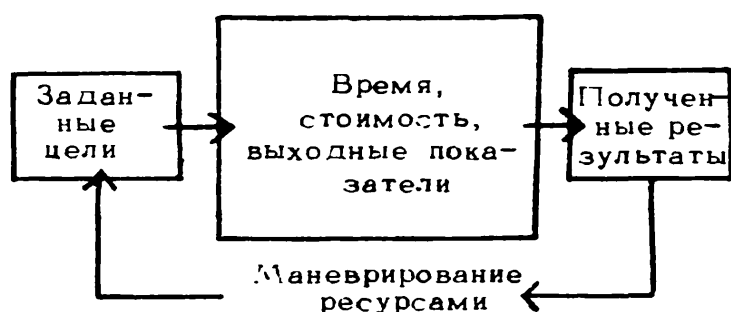


Рис. I. Комплексная система планирования.

независимо от конечного результата, может быть выражена через упомянутые три фактора - технические показатели, время и стоимость. Их заданные значения достигаются благодаря использованию квалифицированного персонала разработчиков. Намечаемые цели и ресурсы должны находиться в равновесии: цели должны соответствовать ресурсам, и наоборот. Поэтому понятие комплексной системы руководства и планирования включает не только язык, который позволяет определить требования,

независимо от конечного результата, может быть выражена через упомянутые три фактора - технические показатели, время и стоимость. Их заданные значения достигаются благодаря использованию квалифицированного персонала разработчиков. Намечаемые цели и ресурсы должны находиться в равновесии: цели должны соответствовать ресурсам, и наоборот. Поэтому понятие комплексной системы руководства и планирования включает не только язык, который позволяет определить требования,

предъявляемые к конечным этапам, поставить цели перед персоналом и определить необходимые средства в рамках большой системы, но также и определение необходимых ресурсов.

Характеристики системы PERT/PEP

Какие понятия лежат в основе системы PERT или PEP? Фактически это метод, который дает возможность тому или иному индивидууму обусловить и оценить те взаимодействия, в которых он сам, его организация или его программа находится с любым другим лицом, организацией или программой в данной области. Другой отличительной чертой является то, что индивидуумы могут пользоваться общим языком и понимать друг друга.

Третьей характеристикой является наличие неопределенности в планировании. Исследование и разработка современного комплексного оружия характеризуются большой неопределенностью потенциального результата. Раньше эта неопределенность игнорировалась, что вело к неоправданному пессимизму при разработке планов. В системе PERT эта проблема не только не игнорируется, но предлагается и разрабатывается вероятностный метод, который позволяет главному конструктору определить степень успеха его программы.

Современному руководителю (в правительстве или в промышленности) нехватает времени даже для осуществления

всего того, что он считает насущно необходимым. Частично эту проблему можно решить, если информировать руководящих лиц о существующих и потенциальных узких местах, а в отношении остальных вопросов давать лишь краткую оценку. Такое "руководство путем исключения" дает возможность руководящим лицам более рационально использовать свое время. Для реализации такого метода руководства в системе РЭРТ/РЭР нужно классифицировать различные проблемы по степени их напряженности - от наихудших условий планирования до наилучших. (Правильнее было бы сказать: от наихудших до наименее напряженных). Таким образом, возможно не только расположить проблемы в порядке приоритета, но и осветить узкие места.

С Е Т И

Общим языком в системе РЭРТ/РЭР является сеть. Эта языковая среда представляет собой соединение взаимосвязанных точек во времени или конечных этапов. На рис.2 дана лишь часть большой сети.

Необходимо дать определение некоторых терминов.

Событие - обусловленный момент времени, когда задача или поставлена или выполнена, получена информация или принято решение. Очень часто термин "конечный этап" синонимичен "событию". Такие этапы, как наличие чертежей, завершение испытаний, выбор альтернативы и т.д., представляют собой обычные события.

Деятельность - работа, необходимая для достижения цели данного события. Деятельность синонимична слову "задача". Испытание, изготовление или сборка компонентов, вычерчивание чертежей и другие подобные задачи очень часто являются видами деятельности в системах PERT/PEP.

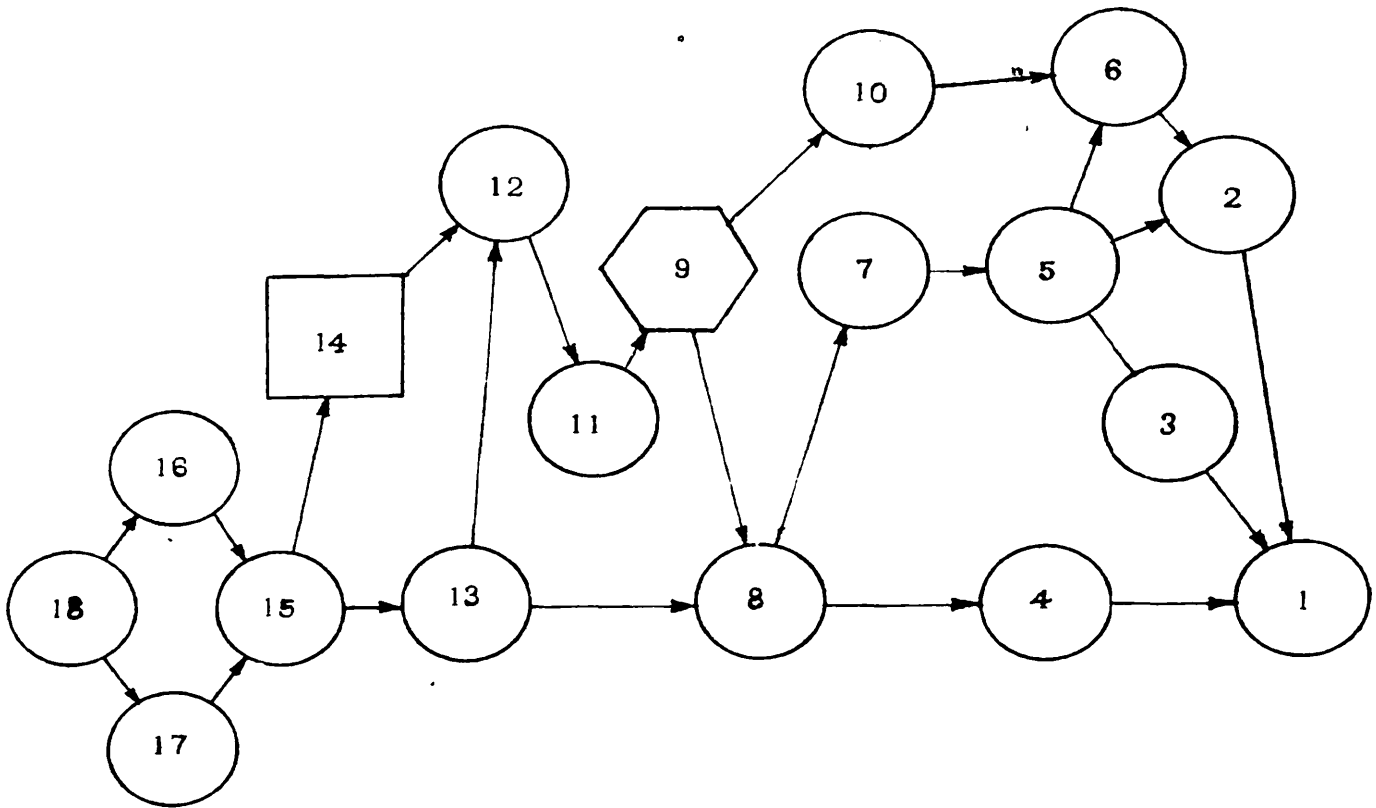


Рис.2. Основная сеть:

1 - монтаж на печатной плате; 2 - окончательная схема; 3 - требования к отводу тепла; 4 - монтаж шкафа; 5 - испытание макета при температуре 125° по Фаренгейту; 6 - составление ведомости покупных изделий; 7 - испытание макета при нормальной окружающей температуре; 8 - сборка макета; 9 - испытание нестандартных комплектующих изделий; 10 - составление отчета об испытаниях нестандартных изделий; 11 - приемка образцов; 12 - выбор схемы гетеродина; 13 - предварительная принципиальная схема; 14 - моделирование на вычислительной машине; 15 - составление функциональной схемы; 16 - анализ ошибок; 17 - формулировка технических требований к детектору; 18 - начало работы.

Завершение этапа - событие, которое обычно является основным моментом в выполнении программы. Эти события означают или характеризуют выполнение основных пунктов технического задания. Примером мог бы служить успешный запуск полностью управляемого снаряда. Другим примером является утверждение чертежа общего вида, поскольку это обычно является кульминационным моментом значительной части работы.

Зависимость - предшествование одних событий другим, что показывает необходимость выполнения работ в данной последовательности. Например, та или иная деталь должна быть изготовлена и собрана до того, как она может быть испытана, т.е. начало испытаний зависит от окончания сборки.

Взаимосвязь - зависимость одного лица от другого или одной группы от другой. Сеть используется для того, чтобы показать организационные или групповые взаимоотношения путем регистрации событий, за которые ответственно одно лицо или организация, а затем - увязать эти события с другими, за которые ответственны другие лица или организации, но которые зависят от завершения предыдущих событий.

Используя данные рис.2 и некоторые логические вопросы, можно дать следующую интерпретацию сети:

I. Чтобы получить окончательный чертеж панели печатного монтажа, необходимо иметь окончательную принципиальную схему, чтобы сформулировать требования, предъявляемые

к теплоотводу, и выполнить монтажную схему шкафа.

2. Когда имеется блок-схема, можно начать работу по составлению предварительной схемы и моделированию на ЦВМ с целью выбора схемы местного гетеродина.

3. Когда наблюдается изменение в геометрии событий, сразу становится ясным, что моделирование на вычислительной машине будет выполняться одной организационной группой, испытание нестандартных блоков - другой, и вся остальная работа - третьей.

Поэтому основная сеть удовлетворяет некоторым требованиям к комплексной системе руководства и планирования, характеризуя организационную взаимосвязь на общем языке. Зависимость всех программ друг от друга видна из последовательности работ. Видно также последовательное и параллельное выполнение отдельных этапов.

ПЛАНИРОВАНИЕ ПО ВРЕМЕНИ

Система PERT/PEP была разработана как механизм планирования по времени. Для планирования и анализа по времени необходимо ввести некоторое понятие о степени использования ресурсов. Однако учет стоимости и расхода ресурсов представляет собой предмет дальнейшего исследования и разработки.

Сеть, показанная на рис.2, может быть преобразована в инструмент планирования по времени. Следует отметить,

что предшествование и последовательность событий, естественно, основаны на времени, поскольку вопросом, возникшим при разработке, является вопрос: "В какой последовательности должны следовать события, для того чтобы удовлетворить поставленной цели?" Поэтому, хотя и неявно, при разработке сети подразумеваются внутренние временные отношения.

Неопределенность в планировании сроков окончания того или иного вида деятельности (т.е. завершения) определенно является проблемой. Это должно быть принято как условие, характерное для полного цикла подготовки современного оружия и других изделий. Основным принципом метода PERT/РЕР является рассмотрение неопределенности, а не игнорирование ее. При оценке времени методом PERT было принято бета-распределение как характерное для неопределенности. Слишком мало имеется фактов для того, чтобы оспаривать этот выбор. Бета-распределение также может аппроксимировать сильно асимметричное распределение, которое наиболее близко к реальным условиям.

На рис.3 показано бета-распределение. Оно обозначает-

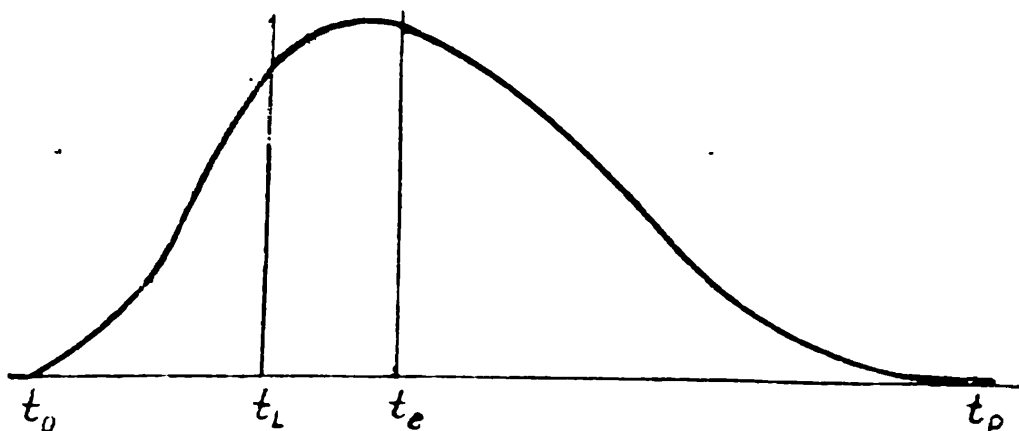


Рис.3. График бета-распределения.

ся тремя величинами t_o, t_p, t_k . Эти величины преобразуются в величину t_e , которая стремится уменьшить некоторую асимметричность оценок.

t_o - оптимистическое время

Эта величина выражает время (число дней или недель), которое будет затрачено на определенный вид деятельности, если все, что должно быть выполнено к ее началу, было успешно завершено при первой же попытке. По существу t_o выражает срок, реальный лишь в том случае, если имеется в наличии избыток ресурсов. Однако рекомендуется оптимизм в этой оценке базировать не на избытке ресурсов, а на успешном выполнении технических требований путем ведения разработки на должном уровне. Вероятность реализации такой оценки времени не должна превышать 1/100.

t_p - пессимистическое время

При пессимистической оценке исходят из ситуации, прямо противоположной оптимистической. Предполагается полная неудача: эксперименты не удаются, требуются переделки, нужно искать новые подходы и т.д. В некоторых организациях при этом учитывается также недостаточность снабжения ресурсами.

Величина t_p должна выбираться очень осторожно. Слиш-

ком часто пессимистическое время является чрезмерно оптимистическим. Если имеются обоснованные сомнения по поводу возможностей выполнения технического задания, то такая оценка времени должна как-то отражать этот пессимизм. Вероятность превышения величины t_p должна быть равна 1/100 или менее.

t_L - наиболее вероятное время

Если желательно иметь единую реалистическую оценку времени, то необходимо задать именно эту величину. Она выражает оценку при сравнительно нормальных обстоятельствах, когда успех чередуется с неудачами.

После того, как на сеть, показанную на рис.2, были нанесены три временные оценки (t_o, t_p, t_L), расположенные на путях, отражающих деятельность по реализации перенумерованных событий, она приобрела вид, показанный на рис.4. В этом виде сеть приобретает первые признаки оперативно-календарного плана.

По замыслу, в методике PERT предусматривается суммирование величин t_e для каждого последовательного пути внутри сети с целью определения полного суммарного времени, характеризующего окончательный срок готовности данного события. Сложение оценок времени для каждого вида деятельности сходно с обычно применяемым при составлении планов. Общее время, определенное таким образом для каждого собы-

тия, дает сроки, которые, по мнению того или иного индивидуума, являются реальными.

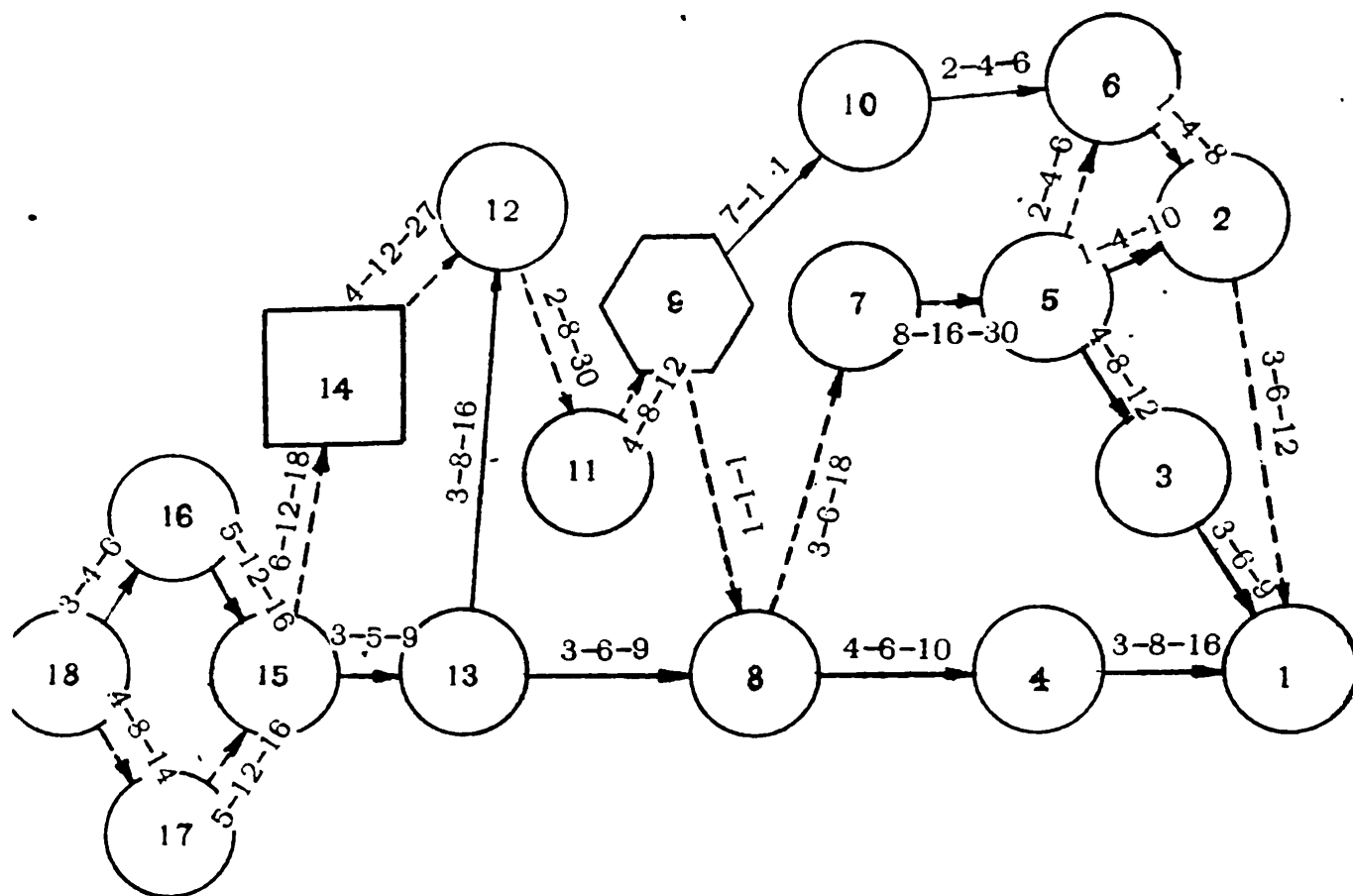


Рис.4. Сеть с анализом времени:

1 - монтаж на печатной плате; 2 - окончательная схема; 3 - требования к отводу тепла; 4 - монтаж шкафа; 5 - испытание макета при температуре 125° по Фаренгейту; 6 - составление ведомости покупных изделий; 7 - испытание макета при нормальной окружающей температуре; 8 - сборка макета; 9 - испытание нестандартных комплектующих изделий; 10 - составление отчета об испытаниях нестандартных изделий; 11 - приемка образцов; 12 - выбор схемы гетеродина; 13 - предварительная принципиальная схема; 14 - моделирование на вычислительной машине; 15 - составление функциональной схемы; 16 - анализ ошибок; 17 - формулировка технических требований к детектору; 18 - начало работы.

Тем не менее, обычной проблемой руководства является такой вопрос: "Насколько можно дать сдвинуться срокам за-

вершения отдельных событий, без того, чтобы это повлияло на своевременное достижение важного промежуточного или конечного этапа?" При стремлении эффективно использовать имеющиеся ресурсы этот вопрос приобретает наибольшее значение. На него можно получить ответ, закрепляя сроки основных этапов по истечении всего затраченного времени, а затем последовательно вычитая оцененное время для отдельных видов деятельности. Поскольку для некоторых путей требуется больше времени, чем для других, сравнение даст представление о допустимом сдвиге сроков.

Критический путь

Пожалуй, наиболее важным применением аналитических методов PERT (или PEP) является определение критического пути. После всего сказанного должно быть ясно, что критический путь является наиболее напряженным и самым длинным последовательным путем во всей сети. Критический путь объединяет те виды деятельности, для которых самый ранний момент времени, когда должен иметь место данный вид деятельности, равен самому позднему моменту времени, когда данная деятельность может закончиться. Следовательно, на этом пути нет запаса времени для сдвига сроков. (Эта линия обозначена пунктиром на рис.4).

Как может быть истолкован критический путь?

I. Сдвиг сроков для любого вида деятельности на кри-

тическом пути вызовет эквивалентный сдвиг срока конечного события.

2. Любое сокращение плановых сроков должно быть сначала осуществлено на критическом пути.

3. С точки зрения использования ресурсов, критический путь требует более квалифицированного персонала, поскольку он является наиболее важным направлением всего плана.

Запас по срокам

Это время между наиболее поздним допустимым сроком завершения события и наиболее ранним моментом, когда можно ожидать его завершения. В таблице показан анализ пути, имеющего запас времени.

Таблица

Единицы запаса времени							
0	0,7	3.7	4.1	6.4	23.4	25.5	33.6
18			18				
17			16				
15			15	15			
14				13			
12				12			
11							
9						9	13
8						10	8
7					8		
5	5	5			4	6	
6	3	2			1		
2	1						
1							

Чтобы прочесть эту таблицу, следует отметить, что события, составляющие критический путь, сведены в крайнюю левую колонку. Каждая из вычисленных величин запаса по срокам расположена в верхнем горизонтальном ряду. Ниже каждой величины запаса указан вид деятельности, для которой этот запас существует. Например, запас 0,7 соответствует деятельности 5-3 и 3-1. Таким образом, в таблице дается перечисление в порядке приоритета как наиболее критических сроков, так и наименее напряженных. Анализ пути, имеющего запас времени, позволяет руководству эффективно маневрировать средствами. Например, использование наиболее сильного разработчика для выполнения вида деятельности 8-4 может оказаться неоправданным, особенно, если имеется еще целый ряд взаимозаменяемых специалистов, имеющих примерно одинаковый опыт в данной отрасли. Следовательно, в данном случае кажется разумным переключить наилучшего работника с деятельности 8-4 для выполнения деятельности 2-1.

Анализ ресурсов

Любая деятельность, которая должна предшествовать какому-либо событию или важному этапу, требует затраты времени. Наряду с затратой времени необходима и затрата людских ресурсов и денежных средств.

Установив, какие ресурсы требуются для выполнения того или иного вида деятельности, можно провести анализ времени и ресурсов. Например, анализ затраты рабочей силы на

выполнение определенного вида деятельности конкретным или изображенным символически индивидуумом, дал бы результат, показанный на рис.5. Руководство с одного взгляда может

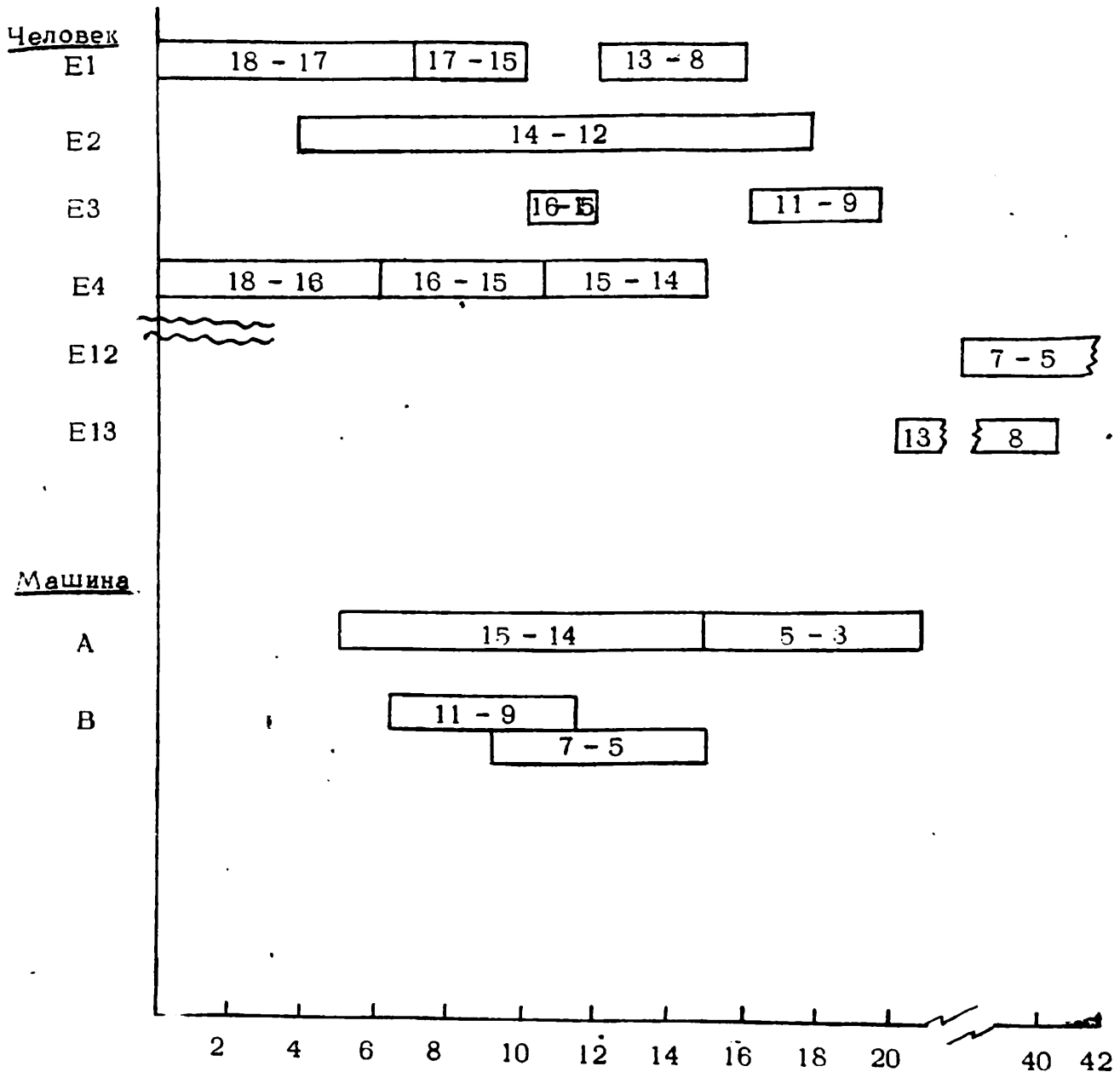


Рис.5. График использования человека и машины. Числа в прямоугольниках соответствуют событиям, показанным на рис.2 или 4. Используя оба события, можно вычертить линию деятельности. Машина В, например, запланирована на две программы одновременно, а для выравнивания такого использования необходим анализ запасов времени.

определить, кто ответственен за определенные виды деятельности. Так же легко руководитель может установить, когда определенные индивидуумы высвободятся для выполнения дальнейших задач.

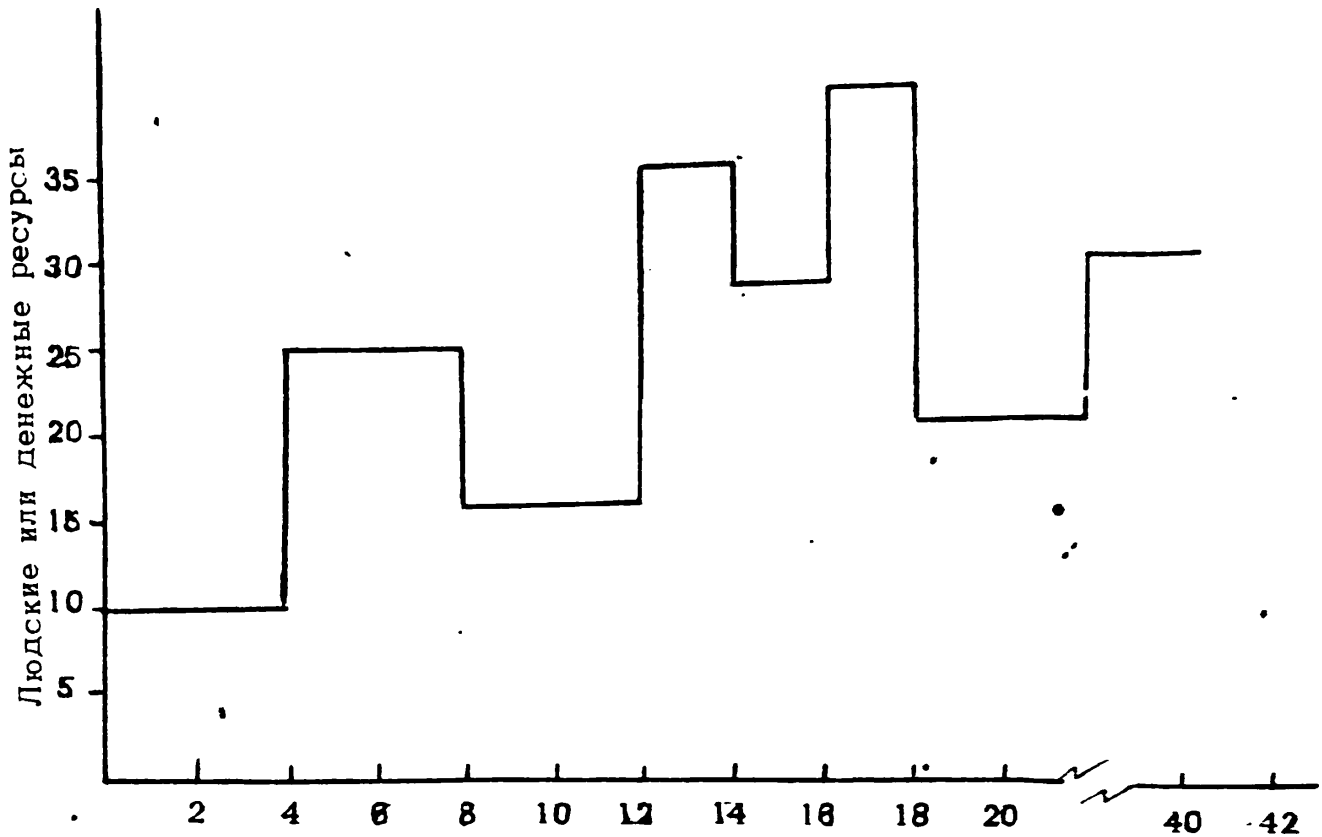


Рис.6. Зависимость трудоемкости или денежных затрат в функции времени.

Простое линейное суммирование итоговых цифр людских или денежных ресурсов и изображение их в функции времени дает график, приведенный на рис.6. Когда речь идет о долларах, нарастающий итог дает общие требуемые суммы, а ордината для каждого периода выражает требуемые издержки или наличные нужды.

Разумное распределение средств и запаса времени по методу PERT дает возможность руководителю проверять пра-

Дата отчета

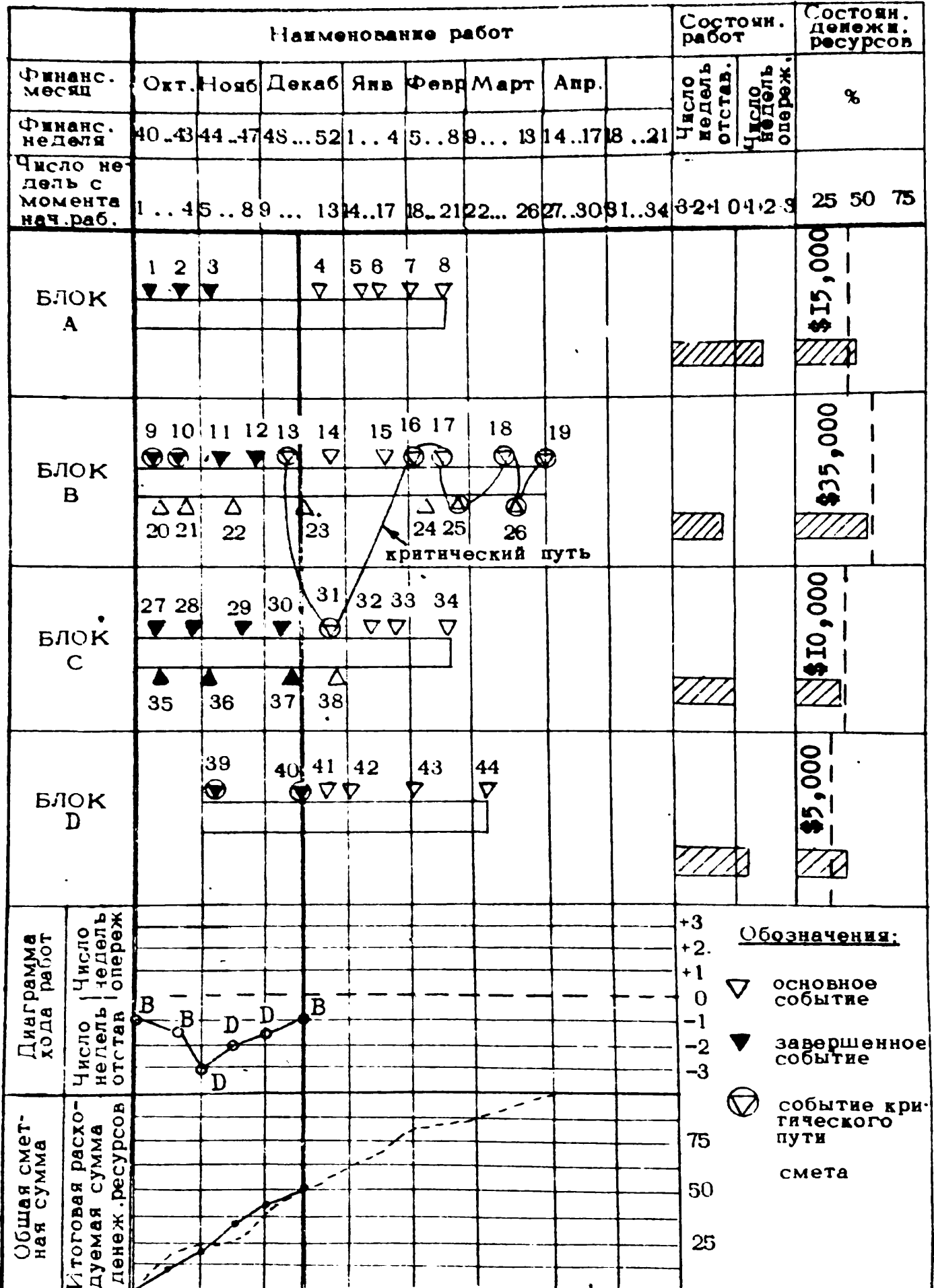


Рис. 7. Отчетность по планированию:

1 - составление техусловий; 2 - предварительный анализ; 3 - электрические испытания коаксиальных линий; 4 - изготовление антенны; 5 - выбор окончательной конструкции; 6 - испытание макета; 7 - электрические испытания модулятора; 8 - окончательная сборка; 9 - составление техусловий; 10 - изготовление коаксиальных линий; 11 - механические испытания коаксиальных линий; 12 - начало выпуска монтажной схемы; 13 - изучение вопросов компенсации; 14 - изготовление макета антенны; 15 - окончание изготовления; 16 - макетирование компенсатора; 17 - начало сборки; 18 - испытание; 19 - завершение испытаний; 20 - выбор конструкции катушки индуктивности; 21 - изучение материалов; 22 - предварительное решение; 23 - выпуск монтажной схемы; 24 - окончание баланса; 25 - завершение процесса сборки; 26 - сборка системы; 27 - составление техусловий; 28 - проектирование смесителя; 29 - сборка смесителя; 30 - испытание смесителя; 31 - испытание с замкнутой петлей управления; 32 - испытание демодулятора; 33 - изготовление субблока; 34 - испытание субблока; 35 - заказ широкополосных фильтров; 36 - выбор местного гетеродина; 37 - испытание местного гетеродина; 38 - выбор фильтра; 39 - составление техусловий; 40 - окончание моделирования; 41 - обзор; 42 - изучение вопроса об обтекателе; 43 - изучение переходного режима; 44 - испытание системы.

видность своей интуиции. Например, удлиняя сроки тех или иных видов деятельности так, чтобы полностью использовать запасы времени, и одновременно уменьшая требуемое число людей (при постоянной трудоемкости в человеко-днях),

можно:

- сократить темп расходования средств;
- передвинуть лучших людей для выполнения более важных видов деятельности;
- более разумно наращивать людские ресурсы;
- уменьшить общую потребность в персонале. Поскольку планировать можно деятельность как человека, так и маши-

ны, хотя символы должны быть различными, дефицитное оборудование может быть использовано более эффективно. Например, для событий по критическому пути машины могут быть применены так, чтобы обслуживаемые ими события могли сдвигаться во времени, для того чтобы обеспечить баланс нагрузки на машине. Анализ был бы таким же, как и данный на рис.5, и его необходимо было бы связать с таблицей (анализ пути с запасом времени).

Отчетность по планированию

На рис.7 дан образец общего отчета, объединяющего в себе перечень основных этапов, показателей PERT и обычную диаграмму. Без периодического обзора состояния каждого этапа планирование является бесполезной тратой времени. Отчет руководству делается путем выборки из обзора.

Диаграммы справа отражают состояние работ. Первая предсказывает число недель отставания от графика или опережения его при достижении того или иного события. Поскольку критический путь тоже показан, можно быстро выяснить, на что необходимо обратить внимание сейчас, чтобы избежать осложнений в будущем. Затраты оцениваются путем сопоставления фактических затрат (в процентах к общей сметной стоимости) и сметных сумм (в тех же процентах). Этого, вообще говоря, недостаточно для предсказания опережения или отставания, но это помогает руководителю сравнить сметные и фактические затраты.

Выводы

Сложность изделий требует простоты в руководстве. Для понимания этой проблемы и для решения ее необходимо разработать технологию руководства. Метод PERT является одним из первых инструментов этой новой технологии. Планирование большинства проектов и разработок может быть выражено на языке времени, стоимости и конечных результатов. Манипулируя имеющимися средствами, руководитель достигает своих целей. Постоянное слежение за выполнением обеспечивает коррекцию либо целей, либо средств.

С помощью сего метод PERT обеспечивает общий язык, который является важнейшим элементом технологии. Используется также другой важный элемент - исчисление. Объединяя общий язык и исчисление, руководитель может проанализировать состояние дела, чтобы определить:

- где требуются его лучшие работники?
- что более всего затрудняет решение проблемы сроков?
- где можно допустить сдвиг сроков без отрицательного влияния на конечные сроки?
- как можно уравновесить людские ресурсы, возможности и время?
- какова взаимосвязь людей и организаций, занятых в выполнении программы?

Использование системы PERT на всех организационных

уровнях обеспечивает реалистическое планирование и руководство. В организациях, занимающихся исследованием и разработкой, система обычно получает признание. Благодаря логике и дисциплине она дает наглядный эмпирический метод планирования ресурсов.

68140537

АКТ. № 243

System Lab

system-laboratory.ru