

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
СГАУ РЕГИСТ. № 21/41

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ
на основе СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Методические указания

Самара 2007 г.

Составитель: *И.Г. Абрамова*

УДК 658.512

Управление проектом на основе сетевых моделей: Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т, Сост. *И.Г.Абрамова*. Самара, 2007. 58 с.

Кратко изложены основы теории построения и расчета сетевых моделей. Показаны варианты построения сетевых графиков с помощью элементной базы 50-х годов прошлого столетия и элементной базы современного представления начала 2000 века. Раскрыты методы расчета сетевых графиков, их оптимизации. Для самостоятельной проработки вопросов структурного моделирования приведены примеры.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 160301 – «Авиационные двигатели и энергетические установки», со специализацией «Организация производства авиадвигателей», и выполняющих лабораторной работы дисциплины «Организация и управление подготовкой производства», а также студентов, обучающихся по специальности 080502 - «Экономика и управление на предприятии (по отраслям - машиностроение)», и выполняющих курсовую работу по дисциплине «Производственный менеджмент». Кроме того, учебное пособие поможет студентам самостоятельно выполнить задачи управления проектами по анализу существующих и разработке новых производственных процессов в рамках дипломного проектирования.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. Академика С.П.Королева.

Рецензент: *В. Г. Засканов*

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Базовые понятия управления проектами и классификация их типов	7
1.1. Базовые понятия управления проектами	7
1.2. Классификация типов проектов	8
2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ	12
2.1. Из истории сетевого моделирования	12
2.2. Сетевое представление сетевых графиков 50-х годов XX столетия (классические сетевые графики)	14
2.2.1. Элементы классических сетевых графиков	14
2.2.2. Правила построения классических сетевых графиков	17
2.2.3. Пример построения классического сетевого графика	22
2.2.4. Параметры классического сетевого графика	24
2.2.5. Временные оценки работы	31
2.3. Сетевое представление графиков начала XXI века (современные сетевые графики)	33
2.3.1. Элементы современных сетевых графиков начала XXI века ..	33
2.3.2. Пример построения современного сетевого графика	34
3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ.....	35
3.1. Метод расчета критического пути на сетевой модели	35
3.1.1. Метод расчета критического пути на классической сетевой модели 50-х годов XX столетия	35
3.1.2. Метод расчета критического пути на современной сетевой модели начала XXI века	36
3.2. Матричный метод расчета классической сетевой модели	38
3.3. Табличный метод расчета классической сетевой модели	39
3.4. Пример временных оценок работ	41
4. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ.....	43
4.1. Оптимизация времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и расстановкой их на критическом пути	43
4.2. Оптимизация времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и перераспределением работ с имеющимся резервом времени	45
5. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	48
5.1. Цель и задачи курсового проектирования	48
5.2. Выдача заданий на курсовую работу	48

5.3.	Содержание и объем курсовой работы	48
5.4.	Общие требования к оформлению расчетно-пояснительной записки	49
6.	МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	50
6.1.	Лабораторная работа № 1	50
6.2.	Лабораторная работа № 2	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		51
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	Проект разработки летательного аппарата	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	PERT диаграмма строительства дома	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	Представление PERT-диаграммы сетью Петри	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	Сетевой график проекта «Конструкторская подготовка производства»	57

Введение

Одной из основных проблем управления большими системами является проблема, управления комплексами взаимосвязанных операций (работ), которая получила название исследование операций. Именно в этой области были предложены системы сетевого планирования и управления.

Необходимость в самостоятельной дисциплине «Управление проектами» (Project Management) была осознана в развитых странах Запада с рыночной экономикой в 50-х годах XX в. Это было вызвано массовым ростом масштабов проектов и тем, что понятие успешности проекта стало измеряться в первую очередь соответствием его окончательной стоимости объему выделенных ассигнований, величиной экономии и размерами прибыли.

К настоящему времени управление проектами стало признанной во всех развитых странах методологией инвестиционной деятельности.

Роль проектов заключается в привлечении повышенного внимания, они становятся важнейшим инструментом для достижения стратегической цели организации. В условиях жесткой конкуренции многие организации в целях выживания следуют философии инновации, обновления, пересмотра процессов деятельности. Эта философия предполагает, что организация должна быть гибкой и перенастраиваемой, а её сотрудники должны обладать набором знаний и навыков, позволяющих решать вопросы управления проектами.

В учебном плане студентов, обучающихся по специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)», а также 160301 «Авиационные двигатели и энергетические установки», со специализацией «Организация производства авиадвигателей», отсутствует самостоятельная дисциплина «Управление проектами», однако её элементы изучаются в разных разделах некоторых дисциплин. В таблице 1. указан перечень инструментов управления проектом и дисциплин, где они изучаются.

Мотивацией для написания этого учебного пособия стало желание предоставить нашим студентам материал по сетевому моделированию, как одного из инструмента в управлении проектами, построенный с учетом произошедших изменений на протяжении периода развития и построения сетевых графиков.

Для активизации восприятия теоретического материала в учебном пособии приводятся решенные задачи и иллюстрированные примеры.

Инструменты управления проектом и их изучение в дисциплинах экономического блока

Таблица 1.

Перечень инструментов управления проектом и дисциплин, в которых изучают элементы управления проектом

№ п/п	Инструменты управления проектом	Компьютерная поддержка, программное обеспечение (ПО)	Специальность «Экономика и управление на предприятии (экономико-строительном)» (080502)		Специальность «Автоматические системы управления производством» (160301)	
			Дисциплины	Методические объединения курса кафедры	Дисциплины	Методические объединения курса кафедры
1	Функциональные моделирующие САДТ-модели	ВРWin	(Базовый курс) Теория сложных систем Каф. ЦДЛА	Безменова Н.В., Шустов С.А. Методология конкурентного моделирования ИЭГО в инструментальной среде ВРWin. Учебно-методическое пособие, Самара, СГАУ, 2002 г., 65 с.	(Базовый курс) Теория сложных систем Каф. ЦДЛА	Безменова Н.В., Шустов С.А. Методология конкурентного моделирования ИЭГО в инструментальной среде ВРWin. Учебно-методическое пособие, Самара, СГАУ, 2002 г., 63 пособия, Самара, СГАУ, 2002 г., 63
2	Сетевые моделирование. Сетевые графики управления проектами		(Испыльцовой) Планирование (раздел бизнес-планирование) Каф. ЦДЛА	-00-	(Испыльцовой) Планирование (раздел бизнес-планирование) Каф. ЦДЛА	-00-
2	Сетевые моделирование. Сетевые графики управления проектами		(Базовый курс) Проектно-сетевой менеджмент Каф. ЦДЛА	Косачев Ю.В. Построение и расчет сетевой модели. Методические указания / Самарский Государственный Аэрокосмический Университет. Самара, 1998 г., 32 с.	Организация и управление подотделом предприятия (раздел, Управленческие процедуры) Каф. ЦДЛА	Шаталов И.Г., Прохорова Н.Д., Абрамова И.Г. Функциональное моделирование бизнес-процессов машиностроительного предприятия в среде ВРWin, средства ИЭГО. Учебное пособие / Самарский гос. Аэрокосм. Унив. Самара, 2005, 49 с.
3	Методы расчета экономической эффективности проекта	Project Expert	(Базовый курс) Анализ финансово-экономической деятельности Изучение методов без использования ПО. Каф. Техническая	Данные методические указания	(Базовый курс) Организация и управление подотделом предприятия (раздел, ПО, проект) Каф. ЦДЛА	Косачев Ю.В. Построение и расчет сетевой модели. Методические указания / Самарский Государственный Аэрокосмический Университет. Самара, 1998 г., 32 с. + Данные методические указания

1. БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИХ ТИПОВ

1.1. Базовые понятия управления проектами

Проект функционирует в определенном окружении, включающем внутренние и внешние компоненты, учитывающие экономические, политические, социальные, технологические, нормативные, культурные и иные факторы.

Проект всегда нацелен на результат, на достижение определенных целей, на определенную предметную область. Реализация проекта осуществляется полномочным руководством проекта, менеджером проекта и командой проекта, работающей под этим руководством, другими участниками проекта, выполняющими отдельные специфические виды деятельности, процессы по проекту. В работах по проекту (как правило, на условиях частичной занятости) могут участвовать представители линейных и функциональных подразделений компаний, ответственных за выполнение возложенных на них заданий, видов деятельности, функций, включая планирование, руководство, контроль, организацию, администрирование и другие общесистемные функции.

Управление проектами – методология (искусство) организации, планирования, руководства, координации трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов на протяжении проектного цикла, направленная на эффективное достижение его целей путем применения современных методов, техники и технологии управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта.

Для эффективного управления проектами система должна быть хорошо структурирована. Суть структуризации (говорят также — декомпозиции) сводится к разбивке проекта и системы его управления на подсистемы и компоненты, которыми можно управлять.

Основной структурной единицей участников проекта является команда проекта — специальная группа, которая становится самостоятельным участником проекта (или входит в состав одного из этих участников) и осуществляет управление инвестиционным процессом в рамках проекта.

Реализация проекта происходит в рамках организационной формы, структура которой в значительной степени влияет на сам проект.

Жизненный цикл проекта (промежуток времени между моментом появления, зарождения проекта и моментом его ликвидации, завершения)

является исходным понятием для исследования проблем финансирования работ по проекту и принятия соответствующих решений. Укрупнено, жизненный цикл проекта можно разделить на три основные смысловые фазы: прединвестиционную, инвестиционную и эксплуатационную.

Дальнейшее разбиение существенно зависит от специфики проекта так, жизненный цикл может делиться на четыре фазы, в том числе:

1. концептуальная фаза, включающая формулирование целей, анализ инвестиционных возможностей, обоснование осуществимости (технико-экономическое обоснование) и планирование проекта;

2. фаза разработки проекта, включающая определение структуры работ и исполнителей, построение календарных графиков работ бюджета проекта, разработку проектно-сметной документации, переговоры и заключение контрактов с подрядчиками и поставщиками;

3. фаза выполнения проекта, включающая работы по реализации проекта, в том числе строительство, маркетинг, обучение персонала;

4. фаза завершения проекта, включающая в общем случае приемочные испытания, опытную эксплуатацию и сдачу проекта в эксплуатацию.

Далее идет эксплуатационная фаза, включающая приемку и запуск замену оборудования, расширение, модернизацию, инновацию.

Управление проектом содержит следующий состав функций: планирование контроль анализ, принятие решений, составление и сопровождение бюджета проекта, организацию осуществления, мониторинг, оценку, отчетность, экспертизу, проверку и приемку, бухгалтерский учет, администрирование.

Подсистемы управления проектом включают: управление содержанием и объемами работ, управление временем, продолжительностью управление стоимостью, управление качеством, управление закупками и поставками, управление распределением ресурсов, управление человеческими ресурсами, управление рисками, управление запасами ресурсов интеграционное управление, управление информацией и коммуникациями.

1.2.Классификация типов проектов

Методы управления проектами в значительной степени зависят от масштаба (размера) проекта, сроков реализации качества, ограниченности ресурсов, места и условий реализации. Рассмотрим основные виды так называемых специальных проектов, в которых один из перечисленных факторов играет доминирующую роль и требует к себе особого внимания, а влияние остальных факторов нейтрализуется с помощью стандартных

процедур контроля. В таблице 1 рассмотрены типы проектов, которые классифицированы по масштабам, срокам реализации, качеству исполнения, ограничению ресурсов, конструктивному исполнению, участникам.

Таблица 2.

Классификация типов проектов

Классификационные признаки	Типы проектов				
По уровню проекта	Проект		Программа		Система
По масштабу (размеру проекта)	Малый		Средний		Мегапроект
По сложности	Простой	Организационно сложный	Технически сложный	Ресурсно сложный	Комплексно сложны
По срокам реализации	Краткосрочный		Средний		Мегапроект
По требованиям к качеству и способам его	Бездефектный		Модульный		Стандартный
По требованиям к ограниченности ресурсов совокупности	Мультипроект			Монопроект	
По характеру проекта уровню участников	Международный (совместный)			Отечественный (Государственный, Территориальный, Местный)	
По характеру целевой задачи проекта	Антикризисный			Реформирование/ реструктуризация	
	Маркетинговый			Инновационный	
	Образовательный			Чрезвычайный	
По объекту инвестиционной деятельности	Финансовый			Реальный	
	Инвестиционный			Инвестиционный	
По главной причине возникновения проекта	Открывшиеся возможности		Необходимость структурно-функциональных преобразований		Реорганизация
	Чрезвычайная				Реструктуризация
					Рейнжиниринг

Малые проекты невелики по масштабу, просты и ограничены объемами. Так, в американской практике известны ограничения:

- капиталовложения: до 10-15 млн. долл.;
- трудозатраты: до 40-50 тыс. Чел.-ч.

Примеры типичных малых проектов: опытно-промышленные установки, небольшие (часто в блочно-модульном исполнении) промышленные предприятия, модернизация действующих производств.

Малые проекты допускают ряд упрощений в процедуре проектирования и реализации, формировании команды проекта (можно просто временно перераспределить интеллектуальные, трудовые и материальные ресурсы). Вместе с тем затрудненность исправления допущенных ошибок в связи с дефицитом времени на их устранение требует весьма тщательно определения объемных характеристик проекта, участников проекта и методов их работы, графика проекта и форм отчета, а также условий контракта.

Мегапроекты — это целевые программы, содержащие множество взаимосвязанных проектов, объединенных общей целью, выделенными ресурсами и отпущенным на их выполнение временем. Такие программы могут быть международными, государственными, национальными, региональными (например, развитие свободных экономических зон, республик, малых народностей Севера и т.д.), межотраслевыми (затрагивать интересы нескольких отраслей экономики), отраслевыми и смешанными. Как правило, программы формируются, поддерживаются и координируются на верхних уровнях управления: государственном (межгосударственном), республиканском, областном, муниципальном и т.д.

Мегапроекты обладают рядом отличительных черт:

- высокой стоимостью (порядка 1 млрд. долл. и более);
- капиталоемкостью — потребность в финансовых средствах в таких проектах, как правило, требует нетрадиционных (акционерных, смешанных) форм финансирования, обычно силами консорциума фирм;
- трудоемкостью — 2 млн. Чел.-ч. на проектирование, 15-20 млн. Чел.-ч. на строительство;
- длительностью реализации (5-7 лет и более);
- необходимостью участия других стран;
- отдаленностью районов реализации, а следовательно, дополнительными затратами на инфраструктуру;
- влиянием на социальную и экономическую среды региона и даже страны в целом.

Наиболее характерные примеры отраслевых мегапроектов — проекты, выполняемые в топливно-энергетическом комплексе, и в частности в нефтегазовой отрасли. Так, системы магистральных трубопроводов, связавших нефтегазоносные районы Крайнего Севера с центром страны, западными границами и крупными промышленными районами, сооружались очередями ("нитками") в течение 2-3 лет каждая. При этом продолжительность такого проекта составляла в среднем 5-7 лет, а стоимость — более 10-15 млрд.

Сложные проекты подразумевают наличие технических, организационных или ресурсных задач, решение которых предполагает нетривиальные подходы и повышенные затраты на их решение. На практике встречаются "скошенные" варианты сложных проектов с преобладающим влиянием какого-либо из перечисленных видов сложности, например использование нетрадиционных технологий строительства, значительное число участников проекта, сложные схемы финансирования и др. — все это суть проявления сложности проектов.

Краткосрочные проекты обычно реализуются на предприятиях по производству новинок различного рода, опытных установках, восстановительных работах. На таких объектах обычно заказчик увеличивает первоначальную стоимость проекта, его окончательная (фактическая) стоимость во много раз увеличена, поскольку заказчик заинтересован в скорейшем его завершении.

Бездефектные проекты в качестве доминирующего фактора используют повышенное качество.

Обычно стоимость бездефектных проектов весьма высока и измеряется сотнями миллионов и даже миллиардами долларов, например атомные электростанции.

Международные проекты обычно отличаются значительной сложностью и стоимостью. Их отличает также важная роль в экономике и политике тех стран, для которых они разрабатываются. Нередко для решения задач таких проектов создаются совместные предприятия. При этом каждый партнер вносит свой вклад и определенным образом участвует в прибылях.

Проект разработки и изготовления самолета представляет собой комплексный проект: средний, модульный, отечественный или совместный. Для сокращения цикла работы стадий рабочего проектирования ведутся последовательно-параллельным и параллельным методами, что видно из приводимого укрупненного сетевого графика (приложение 1).

2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

2.1. Из истории сетевого моделирования

Одним из известных методов, позволяющих достаточно эффективно управлять проектами, является временной «график Ганнта»- для несложных проектов.

Генри Лоуренс Ганнт (1861 – 1919) был одним из известных учеников Фредерика Уинслоу Тейлора (1856 – 1915). Американский инженер Ганнт интересовался уже не отдельными операциями и движениями, как его учитель, а производственными процессами в целом. Согласно Ганнту «основные различия между наилучшей сегодняшней и прежними системами состоят в способах планирования и распределения задач, а также способах распределения поощрений за их выполнение». Следуя этому принципу, Ганнт поставил цель усовершенствовать механизмы функционирования предприятий путем обновления систем формирования задач и распределения поощрений и премий.

Ганнт является первооткрывателем в области оперативного управления и календарного планирования деятельности предприятий; он разработал целую систему плановых графиков («графики Ганнта»), позволивших благодаря их высокой информативности осуществлять контроль за запланированными и составлять календарные планы на будущее.

В числе первых методов управления проектами в конце 50-х годов были разработаны методы сетевого планирования и управления: метод СРМ (Critical Path Method, 1957 г.), который применили при строительстве и ремонте химических заводов Дю Пона. Это – метод критического пути при фиксированном числе работ для составления расписания.

Почти в это же время, в 1958 г. появился метод PERT (Program Evaluation and Review Technique) – метод оценки и пересмотра программ. Он возник при решении задачи перевооружения военно-морского флота Америки.

СРМ использует предположение: "времена всех работ определенные величины".

PERT использует три временных оценки для каждой работы, в результате чего каждая работа оценивается математическим ожиданием времени ее выполнения и дисперсией. Разновидностью данного метода стал метод PERT- Cost, который использует в параметрах сети стоимостные оценки работ. Пример графика PERT приведен в приложении 2,3.

В отличие от графиков Гантта методы PERT и CPM применялись для сложных проектов из 1000 работ.

С начала 70-х годов XX века сетевые модели начали широко внедряться для управления и планирования процессами создания и освоения новых изделий на машиностроительных предприятиях СССР, в частности в авиационной промышленности. Два этих метода (PERT + CPM) стали известны как методы сетевого планирования.

Основным плановым документом в системе сетевого планирования и управления (СПУ) является сетевой график (сетевая модель, или просто сеть), представляющий собой информационно-динамическую модель, в которой изображаются взаимосвязи и результаты всех работ, необходимых для достижения конечной цели разработки.

В сетевом графике детально или укрупнено показывается, что, в какой последовательности, когда (за какое время), для чего необходимо выполнить, чтобы обеспечить окончание всех работ не позже заданного (директивного) срока.

Сетевая модель отражает логическую последовательность и взаимосвязи работ, которые должны быть выполнены для того, чтобы достигнуть определенную цель.

Сетевая модель (график) (СМ) – конечный ориентированный граф, в котором одна вершина не имеет входных дуг (начальных вершин) и одна вершина не имеет исходных дуг (конечных вершин).

Граф - это схема, состоящая из заданных точек (вершин), соединенных определенной системой линий. Отрезки, соединяющие вершины, называются ребрами (дугами) графа. Ориентированным называется такой граф, на котором стрелкой указаны направления всех его ребер (дуг). Графы носят название карт, лабиринтов, сетей, диаграмм. Исследование этих схем проводится методами теории, получившей название "теория графов". Теория графов оперирует понятием пути, под которым понимается такая последовательность ребер, когда конец каждого предыдущего ребра совпадает с началом последующего. Понятие контура означает конечный путь, у которого начальная вершина совпадает с конечной вершиной.

Другими словами, сетевой график - это ориентированный граф без контуров, ребра которого имеют одни или несколько числовых характеристик. Ребрами изображаются на графе работы, а вершинами графа - события.

Исторически сложившееся представление графа состоит из двух основных элементов: работа и событие.

Современное представление графа отличается от ранее разработанного. В конце XX века элементная база графа сужается до одного понятия: процесс, который имеет начало, завершение и длительность.

В настоящем учебном пособии представлены методики решения задач по планированию работ на основе сетевых моделей разными способами и в том числе с применением современного представления сетевой модели.

Для рассмотрения сетевого графика необходимо, прежде всего, познакомиться с принятыми основными понятиями и определениями.

2.2. Сетевое представление сетевых графиков 50-х годов XX столетия (классические сетевые графики)

Элементы классических сетевых графиков

Элементами сетевых графиков, разработанных в середине 50-х годов, принято считать работу и событие.

Действительными работами называются любые процессы, действия, требующие затрат времени и ресурсов и приводящие к достижению определенных результатов (событий). Например, действия: «разработка маршрутной технологии», «изготовление штампов», «разработка чертежей» и т.д. Процессы: «механическая обработка деталей», «старение отливок» и т.д. Работой следует считать и возможное ожидание (пролеживание) деталей перед началом обработки, пролеживание изготовленных некомплектных элементов конструкции при сборке, ожидание поставок по кооперации и т.д. Здесь требуется только затраты времени.

Кроме работ действительных, т.е. требующих затрат времени и ресурсов, существуют так называемые фиктивные работы, (зависимости). Фиктивной работой (зависимостью) называется связь между какими-то результатами работ (событиями), не требующими затрат времени и ресурсов. Допустим, сведения о внесенных в чертежи изменениях конструкторы должны сообщить технологом, разрабатывающим маршрутную технологию изготовления автомобиля. К разработке детальных технологических процессов можно приступить только тогда, когда в маршрутной технологии отражены изменения, сделанные конструкторами. Сама передача сведений технологом не займет внутри одной организации практически никакого времени, и ее можно считать фиктивной работой.

Событиями называются результаты произведенных работ. Событие конкретизирует процесс планирования, исключает возможность различно-

го толкования итогов выполненных работ. Результаты перечисленных выше работ, т.е. события можно записать следующим образом: «маршрутная технология разработана», «штампы изготовлены», «чертежи разработаны», «механическая обработка деталей закончена», «старение отливок завершено» и т.д. Как мы видим, формулировка события всегда записывается в совершенной форме, не допускающей различного толкования (т.е. что-то сделано, выполнено, закончено). Каждое событие может быть отправным моментом для начала последующих работ. В отличие от работы, имеющей, как правило, «протяженность» во времени, событие представляет собой только момент свершения работы (или работ).

Событие, за которым непосредственно начинается данная работа (работы), называется начальным для данной работы; оно обозначается символом *i*. Например, для работы «разработка маршрутной технологии» при подготовке производства нового кузова легкового автомобиля начальным может быть событие «разработка конструкции нового кузова закончена».

Событие, которому непосредственно предшествует данная работа (работы), называется конечным для данной работы; оно обозначается символом *j*. Например, для той же работы конечным может быть событие «разработка маршрутной технологии изготовления кузова закончена».

Событие, располагающееся в сети непосредственно перед данным событием, так, что между ними нет никаких промежуточных событий, называется предшествующим. Например, для события «разработка маршрутной технологии закончена» предшествующим может быть событие «разработка конструкции нового кузова закончена».

Событие, располагающееся в сети непосредственно после данного события так, что между ними нет никаких промежуточных событий, называется последующим. Для события «разработка маршрутной технологии закончена» последующим может быть событие «разработка технологических процессов закончена».

Первоначальное событие в сети, не имеющее предшествующих ему событий и отражающее начало выполнения всего комплекса работ, включенных в данную сеть, называется исходным; оно обозначается символом *I*. Для того же комплекса работ «подготовка производства ценового кузова легкового автомобиля» исходным событием может явиться подписание приказа о создании отдела главного конструктора и других отделов (на вновь создаваемом заводе) или о назначении, руководителя, которому поручается комплекс работ по подготовке производства кузова (на действующем заводе).

Событие, которое не имеет последующих событий и отражает конечную цель комплекса работ, включенных в данную сеть, называется завершающим. Оно обозначается символом С. Завершающее событие, которое будет характеризовать окончание подготовки производства кузова автомобиля, может быть сформулировано так «инструментальная оснастка, штампы, нестандартное оборудование для изготовления кузова смонтированы и отлажены».

Любая последовательность работ в сетевом графике, которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы, называется путем.

Всякая работа сетевого графика кодируется номерами ее начального (i) и конечного (j) событий. Например, работа А (рис.1) имеет код (1,2), а работа Д - код (4-7).

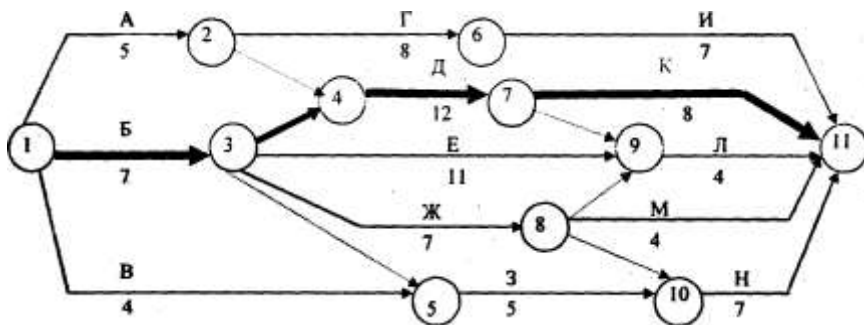


Рис. 1. Пример построения сетевого графика.

Работы, входящие в событие, называются предшествующими по отношению к этому событию. Работы, выходящие из события, называются последующими по отношению к этому событию.

Событие, не имеющее предшествующих работ, называется исходным. Событие, не имеющее последующих работ, называется завершающим.

Сетевой график с одним завершающим событием называется одноцелевым, а с несколькими такими событиями - многоцелевым.

В дальнейшем рассматриваются только одноцелевые сетевые графики.

Правила построения классических сетевых графиков

При построении сетевого графика: рекомендуется направлять стрелки слева направо и изображать их по возможности горизонтальными линиями без лишних пересечений.

Для правильного отражения взаимосвязи между работами сетевого графика при его построении необходимо соблюдать ряд правил.

Первое правило. Если работы А, Б и В выполняются последовательно, то на сетевом графике они изображаются по горизонтали одна за другой (рис.2).

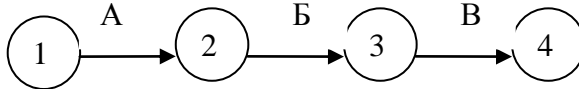


Рис. 2. Иллюстрация первого правила.

Второе правило. Если результат работы А необходим для выполнения работ Б и В, то на сетевом графике это изображается следующим образом (рис.3).

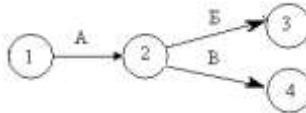


Рис. 3. Иллюстрация второго правила.

Третье правило. Если результат работ Г и Д необходим для выполнения работы Е, то на сетевом графике это изображается так, как показано на рис.4.

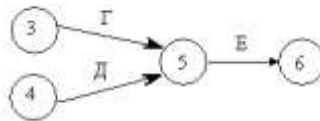
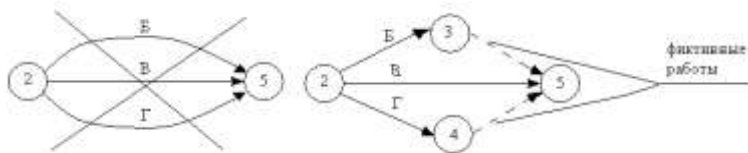


Рис. 4. Иллюстрация третьего правила

Четвертое правило. Работы сетевого графика не должны иметь одинакового кода. Если работы Б, В, Г выходят из одного события и их выполнение необходимо для свершения одного и того же события, то вводятся дополнительные фиктивные работы (рис.5)



А) неправильно

Б) правильно

Рис. 5. Иллюстрация четвертого правила.

Пятое правило. Если работы Б, В и Г начинаются после частичного выполнения работы А, то работа А разбивается на части А1, А2, А3 и т.д., при этом каждая часть работы А в сетевом графике считается самостоятельной работой (рис. 6).

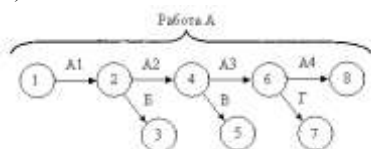


Рис. 6. Иллюстрация пятого правила

Шестое правило. Если для начала работы Ж необходимо выполнение работ Г и В, а для начала работы Д выполнение работы Г, то в сетевой график вводится дополнительная фиктивная работа (рис.7).

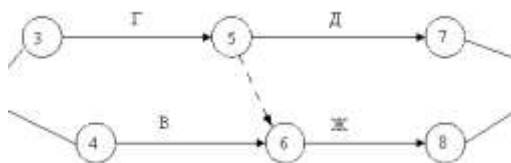


Рис. 7. Иллюстрация шестого правила.

Седьмое правило. Если после окончания работы А можно начать работу Б, а после окончания работы В работу Г, и работа Д может быть начата только после окончания работ А и В, то на сетевом графике это изображается при помощи двух дополнительных фиктивных работ (рис.8).

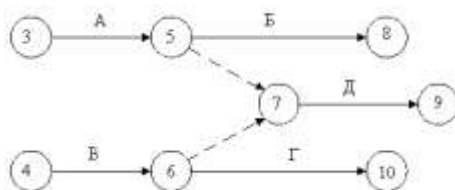
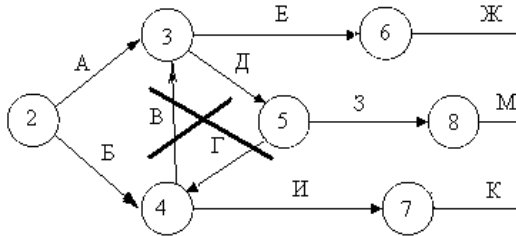


Рис. 8. Иллюстрация седьмого правила

Восьмое правило. В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (циклов), т.е. цепочек работ, возвращающихся к тому событию, из которого они вышли. На рис.9 замкнутый контур (цикл) образовался из событий 3, 4, 2, 3. Наличие цикла в сети свидетельствует об ошибке в исходных данных или о неправильном изображении взаимосвязи работ.

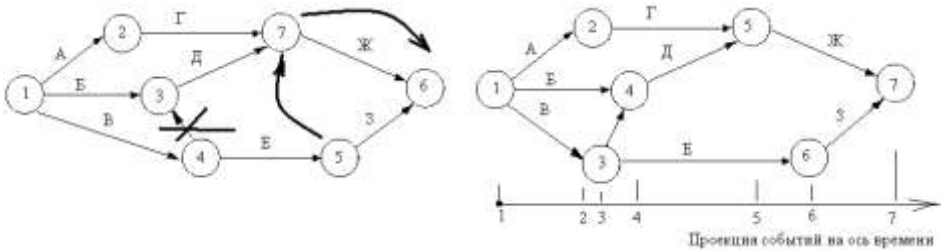
Такая ситуация чаще возникает в больших и сложных сетях, которые разрабатываются несколькими исполнителями. При обнаружении подобной ошибки сетевой график, после выяснения ее причины, необходимо исправить (рис.9).



Замкнутый контур (цикл) 3-5-4-3 не допускается

Рис. 9. Иллюстрация восьмого правила

Девятое правило. События следует кодировать так, чтобы номер начального события данной работы был меньше номера конечного события этой работ(рис.10).



б) неправильно

а) правильно

Рис. 10. Иллюстрация девятого правила.

Десятое правило. В одноцелевом сетевом графике не должно быть "тупиков", т.е. таких событий, из которых не выходит ни одной работы (событие 2 на рис.11). Если в сети, кроме завершающего, появилось еще одно событие, из которого не выходит ни одной работы - это означает ли-

бо ошибку при построении сетевого графика, либо планирование ненужной работы (Б), результат которой никого не интересует (рис.11).

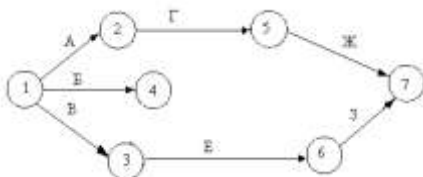


Рис. 11. Недопустимый для сетевого графика «тупик» Правило № 10.

Одиннадцатое правило. В сетевом графике (рис. 12) не должно быть "хвостов" т.е. событий в которые не входит ни одной работы, если эти события не являются исходными для данного сетевого графика (событие 4 на рисунке 12). Если это правило нарушено и в сети, кроме исходного, появилось еще одно событие, в которое не входит ни одной работы - это означает либо ошибку при составлении сетевого графика, либо отсутствие работы, результат которой необходим для начала работы (Г).

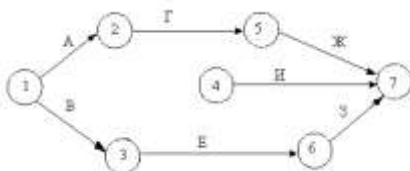


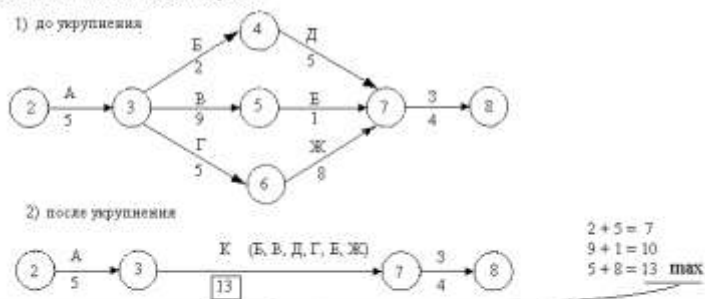
Рис. 12. Недопустимый для сетевого графика «хвост». Правило № 11

Двенадцатое правило. При укрупнении сетевых графиков группа работ может изображаться как одна работа (рис.13), если в этой группе имеется одно конечное событие и если эти работы выполняются одним исполнителем при наличии в группе входных и выходных работ

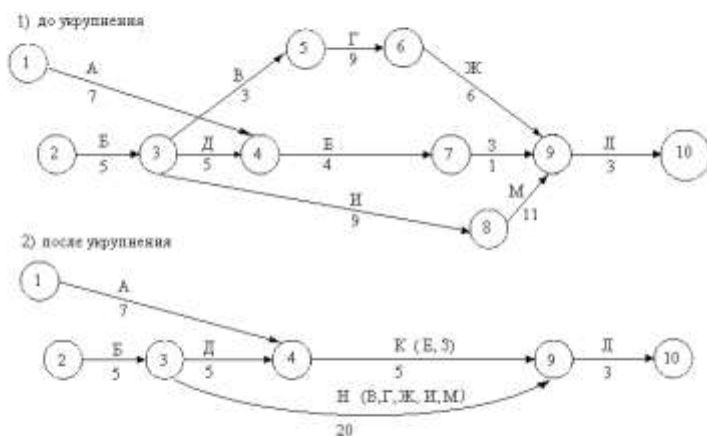
Показаны примеры укрупнения сетевого графика (работы А рис.13 б, работа М рис.13 в), где необходимо сохранить события входа или выхода.

Продолжительность укрупненной работы равна продолжительности наибольшего пути от начального до конечного события этой группы работ. Например, на рис.13 а продолжительность укрупненной работы (3,7) равна продолжительности наибольшего пути 3, 6, 7, т.е. 13 ед..

а) без входных и выходных работ



б) с входной работой



в) с выходной работой

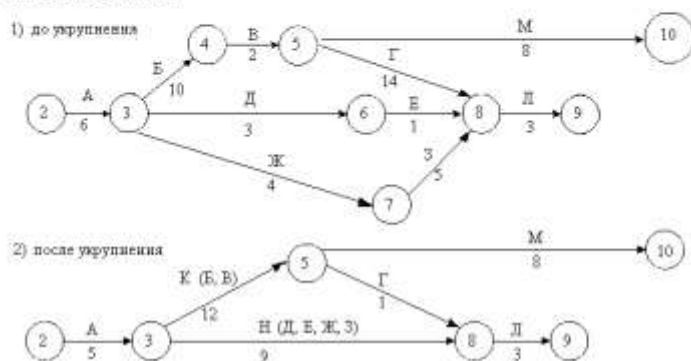


Рис. 13. Примеры укрупнения сетевого графика

Пример построения классического сетевого графика

Для уяснения студентами всех правил построения сетей в методических указаниях приводится решение одной из задач на разработку топологии сетевого графика.

1) Построить топологию сетевого графика, закодировать работы и определить коэффициент сложности сети.

Таблица 3.

Исходные данные

№ п/п	Работы, окончание которых является необходимым условием для начала рассматриваемой	Рассматриваемая работа
1	2	3
1	-	А
2	-	Б
3	-	В
4	А	Г
5	А, Б	Д
6	Б	Е
7	Б	Ж
8	Б, В	З
9	Г	И
10	Д	К
11	Д, Е, Ж	Л
12	Ж	м
13	Ж, З	н

Для упрощения задачи наименования работ обозначены буквами русского алфавита.

Решение:

Изображение топологии сетевого графика начинаем с исходного события и работ, выходящих из него. Работы, не имеющие предшествующих работ, должны выходить из исходного события. В нашем примере такими работами являются А, Б и В. Вычертим их как показано на рис.14 а. Затем изображаем работы Г,Д,Е,Ж,З, для которых предшествующие - А,Б,В уже вычерчены. Рассмотрим порядок изображения этих работ.

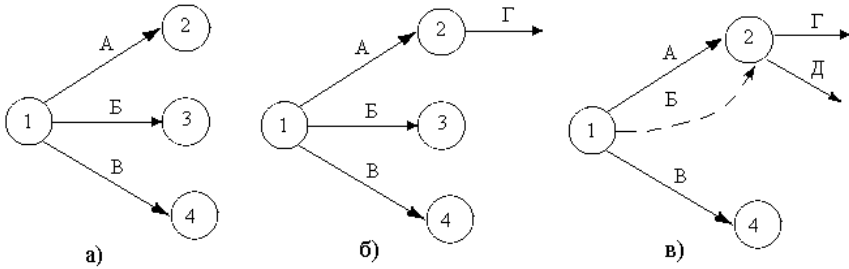


Рис. 14. Топология сетевого графика

Работа Г зависит от работы А, поэтому, поставив событие после окончания работы А, вычертим работу Г. Работу А изобразим в виде стрелки, как показано на рис.14 б).

Работа Д зависит от А и Б. Изображение работы Д, как показано на рис.14в, будет противоречить исходным данным задачи и правилам кодирования работ, так как работа Г стала зависимой от Б, а работы А и Б получили одинаковый код, что недопустимо при кодировании работ.

Правильное изображение достигается путем введения фиктивных работ А', Б' (рис. 15а). Последующие работы Г, Д, Е, Ж, З показаны на рис.15б).

Теперь можно изобразить оставшиеся работы И, К, Л, М и Н, так как работы предшествующие им уже вычерчены. Работы И, К, Л, М и Н не являются условиями для выполнения других работ, а поэтому их концы сводятся в одно общее завершающее событие.

Построенная топология представлена на рис.15.

Затем производим кодирование работ топологии сетевого графика. Нумерация событий ведется таким образом, чтобы номер конечного события был больше номера начального события для всех работ топологии. Кодирование начинаем с исходного события и присваиваем ему цифру 1. Затем даем номера конечным событиям работ А, Б и В, т.е. цифры 2, 3 и 4. При таком кодировании работы получили следующие коды: А- (1,2); Б - (1,3); В - (1,4). Аналогично кодируются и остальные работы топологии сетевого графика. Завершающему событию присваиваем цифру 11.

Для определения коэффициента сложности (Ксл) сетевого графика подсчитаем число событий, действительных и фиктивных работ и число ожиданий.

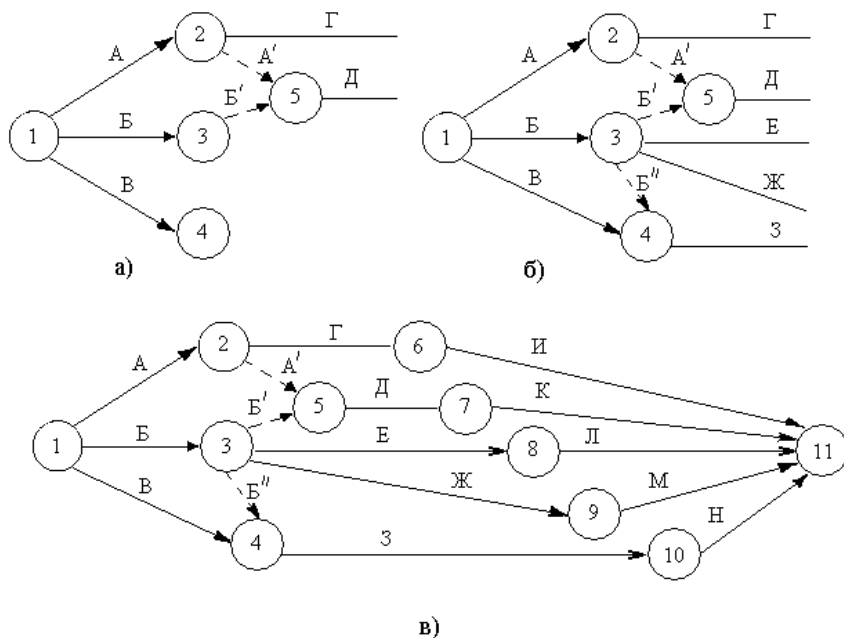


Рис. 15. Завершение топологии сетевого графика

В нашем примере (рис.15в) число событий $n = 11$, действительных работ $D = 13$, фиктивных работ $\Phi = 3$, ожиданий $O = 0$.

Коэффициент сложности определяется по формуле:

$$K_{сл} = \frac{D + O + \Phi}{n} = \frac{13 + 0 + 3}{11} = 1,45 \quad (1)$$

При построении топологии сетевого графика необходимо стремиться к тому, чтобы число фиктивных работ было минимальным, так как лишние фиктивные работы усложняют сетевой график и увеличивают время его расчета.

Параметры классического сетевого графика

К основным параметрам сетевого графика относятся: критический путь, резервы времени событий и резервы времени работ. Эти параметры являются исходными для получения ряда дополнительных характеристик, а также анализа сети или, для анализа составленного плана разработки.

Выше уже отмечалось важнейшее свойство критического пути, величина которого определяет сроки выполнения всего планируемого комплекса работ.

Критический путь - это наиболее протяженная по времени цепочка работ, ведущих от исходного к завершающему событию.

Изменение продолжительности, любой работы, лежащей на критическом пути, соответственным образом меняет (сокращает или удлиняет срок) наступления завершающего события, т.е. дату достижения конечной цели, ставящейся при планировании разработки.

Свойства, присущие работам критического пути, а также те возможности, которые открываются при использовании этих свойств, в значительной мере и определяют эффективность сетевых графиков.

При планировании комплекса операций критический путь позволяет найти срок наступления завершающего события. В процессе управления ходом разработки внимание, руководства сосредоточивается на главном направлении - на работах критического пути. Это позволяет наиболее целесообразно и оперативно контролировать ограниченное число работ, влияющих на срок разработки, а также лучше использовать ресурсы (трудовые и материальные).

В некоторых случаях в сетевом графике может быть не один, а несколько критических путей, имеющих одинаковую продолжительность, большую, чем продолжительность других путей.

В сетевых графиках имеются и другие пути, опирающиеся на исходное и завершающее события (полные пути), которые могут либо полностью проходить вне критического пути, либо частично совпадать с критической последовательностью работ. Эти пути называются ненапряженными. Ненапряженные пути - это полные пути сетевого графика, которые по продолжительности меньше критического пути.

Ненапряженные пути обладают важным свойством:

на участках, не совпадающих с критической последовательностью работ, они имеют резервы времени. Это означает, что задержка в свершении событий, не лежащих на критическом пути, до определенного момента (до исчерпания располагаемых резервов) не влияет на срок завершения разработки в целом.

Критические пути резервами не располагают. Если свершение какого-либо события находящегося на критическом пути будет задержано, то в соответствии с данным выше определением критического пути, либо будет отодвинуто на тот же срок свершение завершающего события, либо должны быть сокращены на такое же в сумме время продолжительности

работ, расположенных на критическом пути после этого события (цепочка последующих работ). Таким образом, если даже удастся обеспечить соблюдение установленного срока свершения завершающего события при затяжке в выполнении какой-либо из работ критического пути, то это достигается за счет переоценки времени выполнения других работ или ускорения сроков их выполнения, а не за счет наличия резервов у работ или событий критического пути.

Из ненапряженных путей наибольший интерес представляют подкритические пути – это ближайшие по продолжительности к критическому, а также наименее напряженные пути. Подкритические пути могут стать критическими в результате сокращения продолжительности работ, лежащих на критическом пути, и таким образом являются потенциально опасными с точки зрения соблюдения сроков завершения разработки. Напротив, наименее напряженные пути не представляют угрозы для нарушения директивных сроков окончания работ и поэтому могут рассматриваться с точки зрения использования ресурсов (рабочей силы, денежных средств), выделенных для их выполнения. Перераспределение этих ресурсов с передачей их на работы критического пути может привести к сокращению продолжительности последнего и, таким образом приблизить срок свершения завершающего события.

Результаты расчетов основных параметров сетевой модели удобно заносить в таблицу. Тогда сразу видно, какие события и работы располагают резервами времени и какова величина этих резервов.

Основными параметрами сетевой модели, кроме критического пути являются резервы времени свершения событий и различные разновидности резервов времени работ. Резервы времени существуют в сетевом графике во всех случаях, когда имеется более одного пути разной продолжительности.

Величины резервов времени должны внимательно анализироваться руководителями комплекса работ. Резерв времени события - это такой промежуток времени, на который может быть отсрочено свершение этого события без нарушения сроков завершения разработки в целом. Резерв времени события R определяется как разность между поздним T_n , и ранним T_r сроками свершения события:

$$R = T_n - T_r. \quad (2)$$

Наиболее поздний из допустимых сроков T_n - это такое свершение события, превышение которого вызовет логичную задержку наступления завершающего события.

Иными словами, если событие наступило в момент T_n , оно попало в критическую зону и последующие за ним работы должны находиться под таким же контролем, как и работы критического пути.

Наиболее ранний из возможных сроков свершения T_r - срок, необходимый для выполнения всех работ, предшествующих данному событию. Это время находится путем выбора максимального значения из продолжительностей всех путей, ведущих к данному событию.

Если обозначить предшествующее событие i , а последующее j , то, соответственно, поздний и ранний сроки свершения событий будут обозначаться T_{pi} и T_{ri} , T_{pj} и T_{rj} т.е. внизу индекса, определяющего характер срока свершения события (поздний срок - p или ранний - r), пишется номер события.

Можно следующим образом сформулировать правило определения T_n и T_r для любого события сети: ранний срок T_r и поздний срок T_p свершения события определяются по максимальному из путей L_{max} , проходящих через данное событие, причем T_r равно продолжительности максимального из предшествующих данному событию путей, а T_p является разностью между продолжительностями критического пути $L_{кр}$ и максимального из последующих за данным событием путей, т.е.

$$T_{r_i} = t \cdot (L_{max} (I..i)) \quad (3)$$

$$T_{p_i} = t \cdot (L_{кр}) - t \cdot (L_{max} (I..C)) \quad (4)$$

Где I - исходное событие;

C - завершающее событие.

В каждой сети некоторые события имеют нулевой резерв времени, т.е. для этих событий наибольший допустимый срок равен наименьшему ожидаемому. Путь, соединяющий эти события, и является критическим, т.е. соответствует максимальной продолжительности последовательных работ, ведущих от исходного к завершающему событию. Исходное и завершающее события во всех случаях имеют нулевой резерв времени. Таким образом, наиболее простой и надежный способ выявления критического пути - это определение всех последовательно расположенных событий, имеющих нулевой резерв времени. Такой способ особенно удобен, когда для расчета сетей используются электронно-вычислительные машины.

Зная ранние и поздние сроки свершения событий, можно для любой работы (i, j) определить также и ранние и поздние сроки начала и окончания работы.

Самый ранний из возможных сроков начала работы:

$$T_{r_{nij}} = T_{ri} \quad (5)$$

Самый поздний из допустимых сроков начала работы

$$Tn_{nij} = Tnj - tij, \quad (6)$$

где tij — продолжительность выполнения работы ($i - j$),

Самый ранний из возможных сроков окончания работы

$$Tr_{oij} = Tr_i + tij, \quad (7)$$

И, наконец, самый поздний из допустимых сроков окончания работы

$$Tn_{oij} = Tnj, \quad (8)$$

Резервами времени располагают не только события и пути (кроме критического, как уже отмечалось выше), а также работы, лежащие на некритических путях.

Для определения полного резерва времени пути $R(Li)$ следует опять вернуться к тому условию, что длина критического пути в сетевом графике больше, чем длина любого другого полного пути. Разница между длиной критического пути $t(Lkp)$ и длиной любого другого пути $t(Li)$ называется полным резервом времени пути Li .

$$R(Li) = t(Lkp) - Li, \quad (9)$$

Полный резерв времени пути показывает, насколько в сумме могут быть увеличены продолжительности всех работ, принадлежащих пути Li или, иными словами, предельно допустимое увеличение продолжительности этого пути. При дальнейшем увеличении пути (или, что то же самое, при дальнейшем затягивании выполнения работ, лежащих на этом пути) критический путь переместится с ранее вычисленной последовательности работ на последовательность работ пути Li .

Отсюда легко сделать вывод, что любая из работ пути Li на его участке, не совпадающем с критическим путем, обладает резервом времени.

Резерв времени работы определяется посредством резерва времени пути, на котором находится эта работа. Следует при этом учитывать, что работа может принадлежать нескольким путям одновременно и что резерв времени пути может быть распределен между отдельными работами, находящимися на этом пути, только в пределах полных резервов времени этих работ.

Полный резерв времени работы - это максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя при этом продолжительности критического пути.

Полный резерв времени работы $Rnij$ определяется по формуле

$$Rnij = Tnj - Tr_i - tij, \quad (10)$$

где i - начальное событие данной работы;

j - конечное событие этой работы;

T_{nj} и T_{pi} - соответственно поздний и ранний сроки свершения событий j и i .

Важным свойством полного резерва времени работы является то, что если его использовать частично или целиком для увеличения длительности какой-либо работы, то соответственно уменьшится резерв времени всех остальных работ лежащих на этом пути. При использовании полного резерва времени целиком для одной работы резервы времени остальных работ лежащих на максимальном пути, проходящем через нее, будут полностью исчерпаны, поскольку полный резерв времени работы принадлежит не только ей, а всем работам, лежащим на путях, проходящих через данную. Резервы времени работ, лежащих на других (не максимальных по продолжительности) путях, проходящих через эту работу сократятся и будут равны разности между прежним резервом времени этих работ и использованным полным резервом работы, лежащей на максимальном пути.

У отдельных работ помимо полного резерва времени имеется свободный, резерв времени R_{cij} , который равен разности между ранними сроками наступления событий i и j за вычетом продолжительности работы (i,j) .

$$R_{cij} = T_{pj} - T_{pi} - t_{ij}, \quad (11)$$

Свободный резерв времени - это максимальное количество времени, на - которое, можно увеличить продолжительность работы или отсрочить ее начало, не изменяя при этом ранних сроков начала последующих работ, при условии, что начальное событие этой работы наступило в свой ранний срок.

Используя свободный резерв времени, ответственные исполнители могут маневрировать в его пределах сроком начала данной работы или ее продолжительностью. Это важное свойство резерва времени должно учитываться исполнителями при автономном выполнении отдельно взятых работ, располагающих этим резервом

Резервы времени работы позволяют маневрировать сроком начала и окончания работы, ее продолжительностью. При отсутствии резервов нет возможности маневрирования. Именно поэтому на эти работы и обращено в основном внимание руководства.

В то же время необходимо правильно использовать имеющиеся резервы. На рис.16 представлена графическая интерпретация возможностей использования резервов времени работ полного и свободного.

На этом графике (рис. 16.) ось абсцисс является осью времени, поэтому все построения вдоль этой оси, в том числе продолжительность работы t_{ij} , даются в соответствующем масштабе.

Полный резерв времени работы может быть распределен, как отмечалось, между работами, находящимися на пути, которому принадлежит данная работа. При этом и начальное и конечное событие этой работы могут располагать резервами времени.

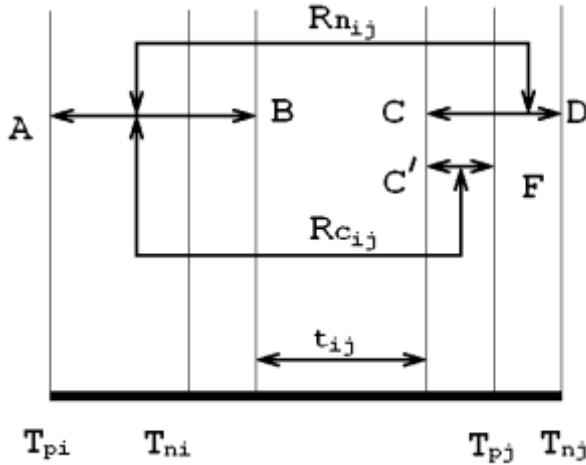


Рис. 16. Графическое изображение возможностей использования резервов

Графически полный резерв времени может быть представлен как сумма двух отрезков АВ и СД. Каждый из этих отрезков охватывает величину резерва времени соответствующего события ($R_i = T_{ni} - T_{pi}$ и $R_j = T_{nj} - T_{pj}$) и величину возможного смещения начала или окончания работы. Эти последние величины зависят, естественно, от продолжительности самой работы.

Сумма отрезков АВ и CF дает величину свободного резерва R_{cij} . Свободный резерв - это независимый резерв. Его использование на какой-либо работе не меняет величины свободных резервов остальных работ сети, так как при его исчислении в качестве плановых сроков начала выполнения всех работ приняты ранние сроки наступления событий.

Ответственные исполнители, располагая графиками, характеризующими резервы закрепленных за ними работ, видят возможности маневрирования ресурсами времени.

Временные оценки работы

Оптимистическая оценка (t_{\min}) – минимально возможный период времени (a), в течение которого может быть выполнена данная работа, при наиболее благоприятных условиях работы.

Наиболее вероятностная - наилучшая оценка периода времени (m), в течение которого может быть выполнена данная работа.

Пессимистическая оценка (t_{\max}) - максимально возможная продолжительность времени (b) выполнения работы, при неблагоприятных условиях работы.

Обозначим: $a = t_{\min}$, $b = t_{\max}$, $m = t_{\text{nominal}}$

Ожидаемый срок выполнения:

Существуют два варианта определения ожидаемого срока выполнения американский и русский варианты.

американский вариант

$$t_{\text{ож.}(cp)} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{nom}} + t_{\max}}{6} = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (12)$$

русский вариант

$$t_{\text{ож.}(cp)} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5} = \frac{3a + 2b}{5} \quad (13)$$

Дисперсия работы:

американский вариант

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{\max} - t_{\min}}{6} \right)^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2, \quad (14)$$

русский вариант

$$\sigma^2 = 0,04 \cdot (t_{\max} - t_{\min})^2 = 0,04 \cdot (b - a)^2, \quad (15)$$

Если дисперсия велика, то существует значительная неопределенность относительно момента завершения работы.

Если дисперсность мала, то оценка продолжительности работы достаточно точна в отношении срока ее завершения, т.е. оптимистическая и пессимистическая оценки лежат близко друг к другу (рис.17).

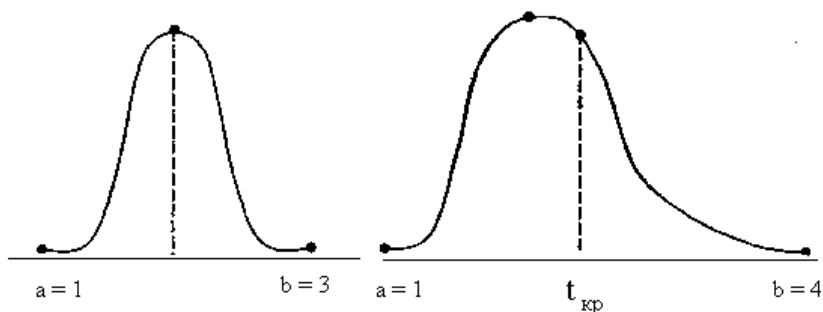


Рис. 17. Дисперсия работ

σ^2 - есть мера неопределенности, связанная с продолжительностью выполнения данной работы.

Аргумент нормальной функции распределения вероятностей (Z) находим по формуле:

$$Z = \frac{T_d - T_k}{\sqrt{\sigma_{ij}^2}}, \quad (16)$$

где T_d – директивный срок окончания всех работ, лежащих на критическом пути

T_k – календарный срок окончания комплексных работ согласно расчету

По значению аргумента нормальной функции распределения (Z) определяется значение вероятности (P) свершения события в срок.

Из таблицы 5 /2/ можно отметить, что при Z близкой к 0 вероятность свершения события близка к 50%, при $Z=1$ $P=84\%$, при $Z=2$... $P=99\%$.

Чем больше Z , тем выше вероятность свершения события.

2.3. Сетевое представление графиков начала XXI века (современные сетевые графики)

Элементы современных сетевых графиков начала XXI века

Элементная база сетевых моделей конца XX – начала XXI века претерпела изменение. В ней отсутствует элемент «событие», используемый ранее. В построении участвует элемент «работа», которая имеет порядковый номер, длительность, раннее и позднее время выполнения работы, а также резерв времени работы.

Работа – это процесс.

В основе графического представления современных моделей лежит процессный подход. И кибернетическая модель «процесса» напоминает графический образ «черного ящика», со входящими и выходящими потоками, наиболее ярко представленными в SADT модели и исполненная инструментальными средствами BPrwin. Поэтому в графическом представлении современных сетевых графиков используется значок «прямоугольника», а не «круга», как ранее.

Параметры элемента «работа-процесс» показаны на рисунке 18.

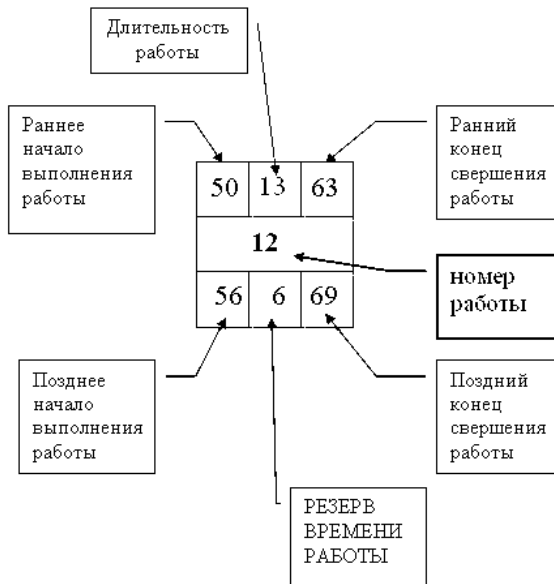
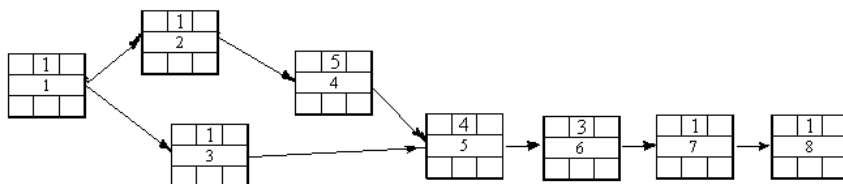


Рис. 18. Параметры элемента «работа-процесс»

Пример построения современного сетевого графика

Вид исходного сетевого графика перед расчетами показан на рисунке 19.

На графиках указаны длительность выполнения работы и её номер.



Обозначение этапов:

- 1 - Получение задания;
- 2 - Получение методических материалов;
- 3 - Получение информации у студентов об аналогичном задании;
- 4 - Предварительный расчет;
- 5 - Получение консультации;
- 6 - Исправление и доработка;
- 7 - Оформление;
- 8 - Защита курсового проекта.

Рис. 19. Этапы выполнения курсового проекта

Этапы конструкторской подготовки производства (КПП) на одном из машиностроительных предприятий выполняются в основном последовательно, как показано на рисунке 20.

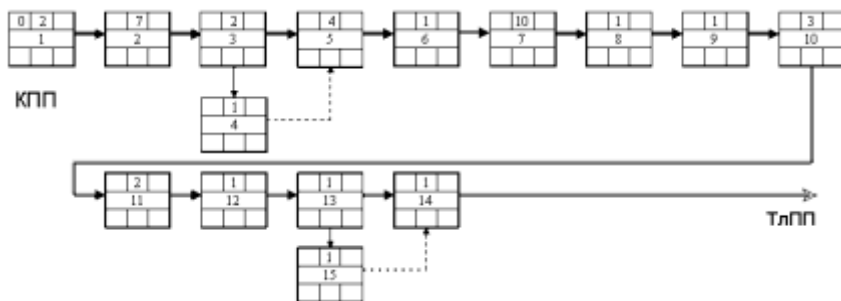


Рис. 20. Этапы КПП представленные современными средствами сетевого графика

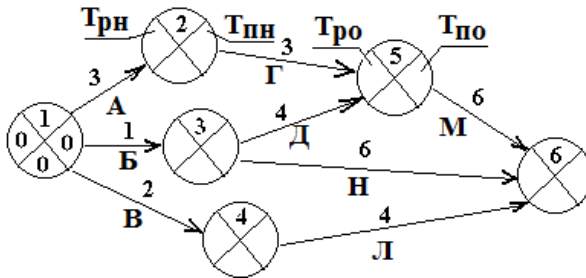
Содержание этапов указано в приложении 4.

3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

3.1. Метод расчета критического пути на сетевой модели

Метод расчета критического пути на классической сетевой модели 50-х годов XX столетия

Рассмотрим пример. Сетевая модель графика с трудоемкостью работ представлена на рисунке 21. Особенностью модели является наличие двух видов элементов графика: «работа» (А, Б, ... Н, Л) и событие (1, 2, ... 5, 6).



Обозначение: $T_{рн}$ – раннее начало, $T_{ро}$ – раннее окончание (для работы «Г»);
 $T_{пн}$ – позднее начало, $T_{по}$ – позднее окончание (для работы «Г»).

Рис. 21. Исходные данные сетевой модели.

Решение: Расчет критического пути сетевого графика производится последовательно: сначала определяются ранние сроки свершения событий (раннее начало и раннее окончание) от исходного до завершающего события, затем, в обратной последовательности определяются поздние сроки свершения событий (позднее начало и позднее окончание) (см. рис. 22).

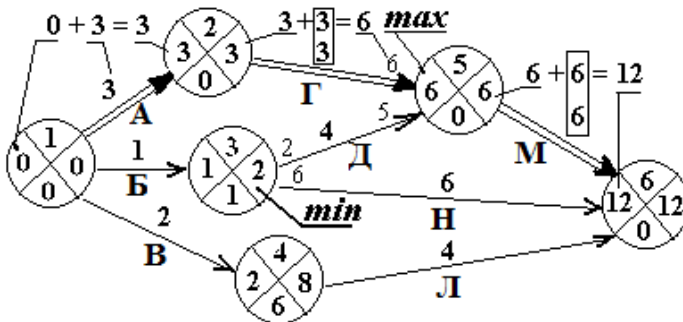


Рис. 22. Расчет критического пути классической сетевой модели

Метод расчета критического пути на современной сетевой модели начала XXI века

Перестроим сетевую модель, представленную на рисунке 22. На рисунке 23 представлена модель в современном представлении, особенностью которой является то, что она имеет один элемент сети – «работу» или процесс. Элемент графика «событие» на данной модели отсутствует.

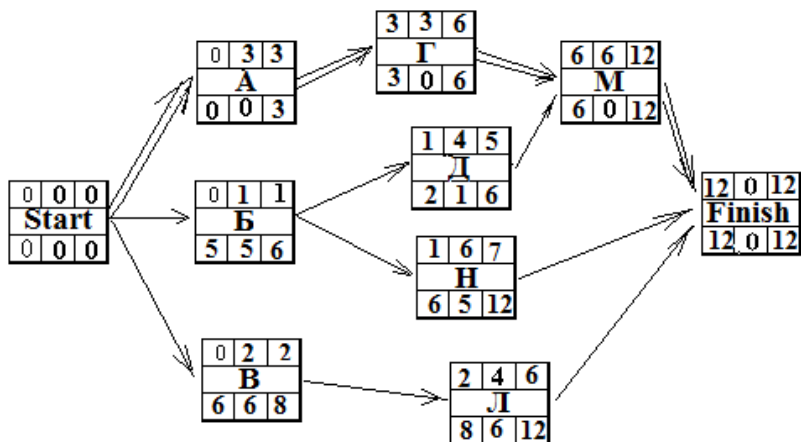


Рис. 23. Модель графика с одним элементом сети – «работа».

Расчет ранних и поздних сроков окончания работ на сетевом графике и определение критического пути ведется аналогично, как на классических сетевых графиках 50-х годов прошлого столетия. Пример расчета элемента сети представлен на рисунке 24.

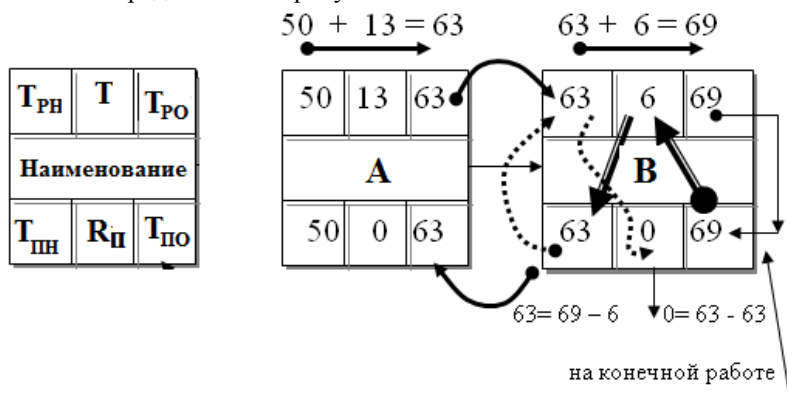


Рис. 24. Пример расчета элемента графика.

Пояснения к расчету критического пути представлены на рисунке 25.

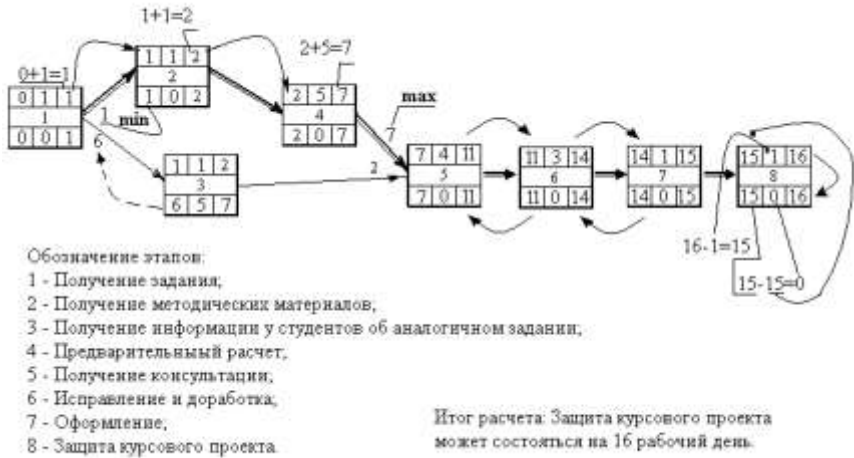


Рис. 25. Графические пояснения к расчету критического пути сетевых графиков современного представления

Результаты расчетов показаны на рисунке 26.

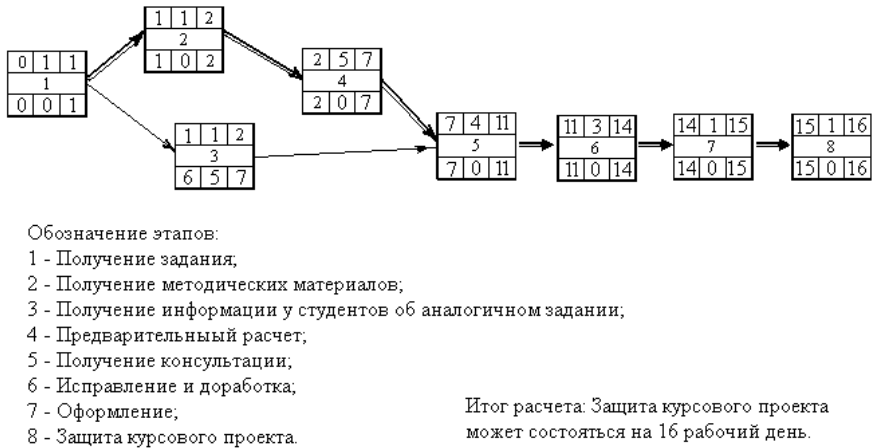


Рис. 26. Расчет критического пути на сетевой модели «выполнение курсового проекта»

3.2. Матричный метод расчета классической сетевой модели

Для расчета матричным методом воспользуемся сетевым графиком, рассмотренным ранее и представленным на рис.22.

Число столбцов и строк равно числу событий.

В правой части таблицы над диагональю записываются трудоемкости работ. Так, например, трудоемкость работы 1-2 равна 3 дням, а для работы 3-5 величина трудоемкости - 4 дня.

Заполняются сначала ранние сроки свершения событий – над диагональю:
 $Tr_2 = T_0 + T_{1-2} = 0 + 3 = 3$, «3» записываем над диагональю
 $Tr_5 = Tr_2 + T_{2-5} = 3 + 3 = 6$
 $Tr_6 = Tr_3 + T_{3-5} = 1 + 4 = 5$ из «5» и «6» выбираем max, т.е. = 6

Цикл работы (трудоемкость)

Ранний срок свершения события

Номер строки	Номер столбца					
	1	2	3	4	5	6
1	0	3	1	2		
2		3			3	
3			1		4	6
4			2	2		4
5	Поздний срок свершения события				6	6
6					6	12

Рис. 27. Матрица сетевой модели

В обратной последовательности заполняются поздние сроки свершения событий – под диагональю.

Если на пересечении строки и столбца ранние и поздние сроки свершения событий равны, то в этом пересечении резерв времени равен нулю и по этим событиям проходит критический путь.

3.3. Табличный метод расчета классической сетевой модели

В таблице показана последовательность расчетов.

В колонках 1,2 заполняются номера событий, в 3-й колонке – величина работы.

Начинаем с расчета ранних сроков свершения событий. Заполняем построчно колонки 4 и 5. Спускаемся вниз до последней строки – последнего события.

После заполненных колонок 4 и 5 начинаем движение построчно вверх. Рассчитываем и заполняем строки колонок № 6 и 7.

Формулы для расчета ранних и поздних сроков приведены в таблице.

Таблица 4.

Схема расчета табличным методом.

i	j	t_{ij}	Раннее		Позднее		Резерв	
			начало	оконч.	начало	оконч.	полный	Свободный
			$t_{рн(ii)}$	$t_{ро(ii)}$	$t_{пн(ii)}$	$t_{по(ii)}$	$R_{П(ii)}$	$R_{СВ(ii)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			$t_{рн1}=0$ $t_{рнi}=\max t_{роij}$	$t_{ро} = t_{рн(ii)} + t_{ij}$	$t_{пн(ii)} = t_{по(ii)} - t_{ij}$	$t_{по(ii)} = \min t_{пнij}$	$R_{П(ii)} = t_{по(ii)} - t_{ро(ii)}$	$R_{СВ(ii)} = t_{рн(Ci)} - t_{ро(iC)}$
							$c.8 =$ $= c.6 - c.4$	 $c.4$ $c.9 = c.4 - c.5$

Полный срок $R_{П(ii)}$ вычисляется как разность столбцов 6 (7) и 4 (5) соответствующей строки.

Свободный резерв времени вычисляется по правилу «параллелограмма» и показан в примере табл. .

Пример расчета табличным методом покажем для рассмотренной сетевой модели (рис. 28).

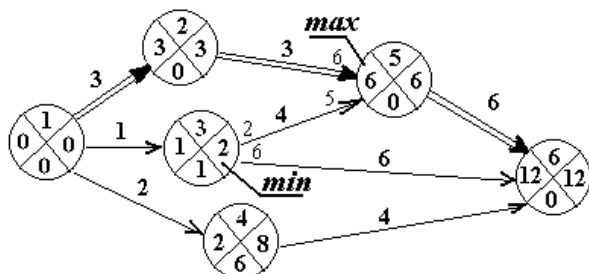


Рис. 28. Исходная модель для расчета табличным способом

Таблица 5..

Пример расчета сетевой модели табличным методом.

i	j	t _{ij}	Раннее		Позднее		Резерв	
			начало	оконч.	начало	оконч.	полный	Свободный
			t _{рн(ij)}	t _{ро(ij)}	t _{пн(ij)}	t _{по(ij)}	R _{П(ij)}	R _{СВ(ij)}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	0	3	(3-3) 0	(6-3) 3	0	(3-3) 0
1	<u>3</u>	1	0	1	(2-1) 1	(6-4) 2	1	0
1	4	2	0	2	(8-2) 6	(12-4) 8	(6-0) 6	(2-2) 0
2	5	3	3	6	(6-3) 3	(12-6) 6	0	0
3	<u>5</u>	4	1	<u>5</u>	(6-4) 2	(12-6) 6	(2-1) 1	(6-5) 1
3	6	6	1	7	(12-6) 6	12	5	(12-7) 5
4	6	4	2	6	(12-4) 8	12	(8-2) 6	(12-6) 6
<u>5</u>	6	6	<u>6</u>	12	(12-6) 6	12	(6-6) 0	(12-12) 0
6	-	-	12	-	-	-	-	-

3.4. Пример временных оценок работ

Определим временные оценки работ рассматриваемого примера (рис.

29).

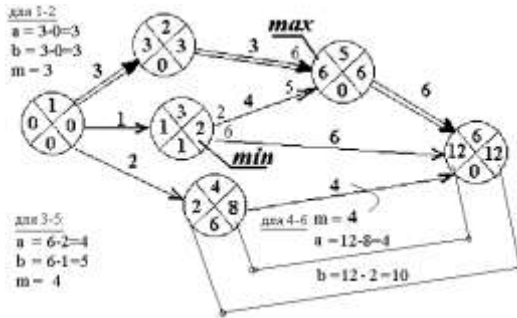


Рис. 29. к определению временных оценок а, b, m

Таблица 6.

Определение временных оценок работ

№ события предшествующего, i	№ события последующего, j	a	m	b	тож (ср) амер	тож (ср) рус	σ^2 ам	σ^2 рус
1	2	3	3	3	3	3	0	0
1	3	1	1	2	1,17	1,4	0,0028	0,04
1	4	2	2	8	3	4,4	1	1,44
2	5	3	3	3	3	3	0	0
3	5	4	4	5	4,17	4,4	0,0028	0,04
3	6	10	6	11	7,5	10,4	0,0028	0,04
4	6	4	4	10	5	7,2	1	1,44
5	6	6	6	6	6	6	0	0

Напоминание:

- американский вариант

$$t_{ож.}(ср) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

- русский вариант

$$t_{ож.}(ср) = \frac{3a + 2b}{5}$$

$$\sigma^2 = 0,04 \cdot (b - a)^2$$

Аргумент нормальной функции распределения для пути 1-3-5-6:

$$Z_{1-3-5-6} = \frac{T_S - \sum t_{ср}}{\sqrt{\sum \sigma^2}} = \frac{12 - (1,17 + 4,17 + 6)}{\sqrt{(0,0028 + 0,0028 + 0)}} = \frac{0,66}{0,075} = 8,8, \quad P \rightarrow 1.$$

Таблица 7.

Значения вероятностей в зависимости от аргумента нормальной функции распределения.

Z	P	Z	P
0	0,5	-3	0,0013
0,1	0,5398	-2,9	0,0019
0,2	0,5793	-2,8	0,0026
0,3	0,6179	-2,7	0,0035
0,4	0,6554	-2,6	0,0047
0,5	0,6915	-2,5	0,0062
0,6	0,7257	-2,4	0,0082
0,7	0,7580	-2,3	0,0107
0,8	0,7881	-2,2	0,0139
0,9	0,8159	-2,1	0,0179
1	0,8413	-2	0,0228
1,1	0,8643	-1,9	0,0287
1,2	0,8849	-1,8	0,0359
1,3	0,9032	-1,7	0,0446
1,4	0,9192	-1,6	0,0548
1,5	0,9332	-1,5	0,0668
1,6	0,9452	-1,4	0,0808
1,7	0,9554	-1,3	0,0968
1,8	0,9641	-1,2	0,1151
1,9	0,9713	-1,1	0,1357
2	0,9772	-1	0,1587
2,1	0,9821	-0,9	0,1841
2,2	0,9861	-0,8	0,2119
2,3	0,9893	-0,7	0,2420
2,4	0,9918	-0,6	0,2743
2,5	0,9938	-0,5	0,3085
2,6	0,9953	-0,4	0,3446
2,7	0,9965	-0,3	0,3821
2,8	0,9974	-0,2	0,4207
2,9	0,9981	-0,1	0,4602
3	0,9987	0	0,5000

4. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

4.1. Оптимизация времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и расстановкой их на критическом пути

Задача 1.

Найти вектор распределения дополнительных ресурсов по работам сетевого комплекса, если дополнительный ресурс – 3 единицы (3 человека).

Исходные данные представлены в виде сетевой модели на рис.30.

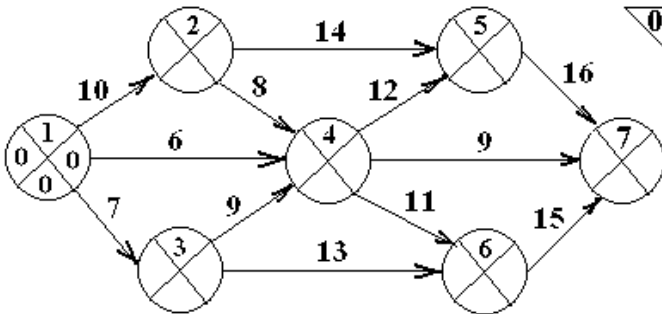


Рис. 30. исходная сетевая модель с трудоемкостью работ

Решение:

1. Расчет критического пути по исходным данным (вар.-1).

Неизрасходованный ресурс исполнителей - 3 чел.

Израсходованный ресурс $X=0$ Расчет представлен на рис.31.

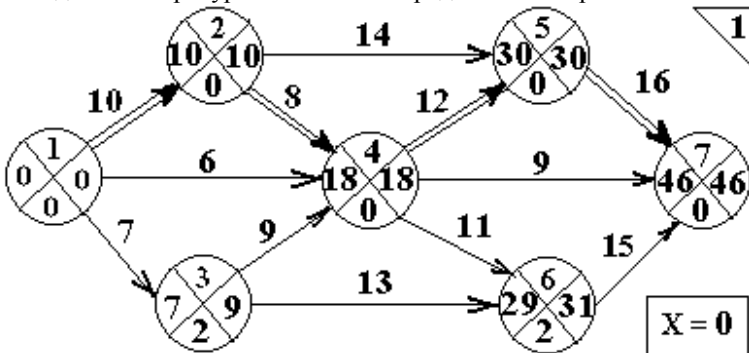


Рис. 31. Определение критического пути и его длительности при $x=0$.

2. Расчет критического пути при израсходованном ресурсе 1 человек (вар.-2). Расстановка исполнителя ($x=1$) по работам критического пути. Неизрасходованный ресурс исполнителей - 2 чел. Израсходованный ресурс $X=1$. Расчет представлен на рис.32.

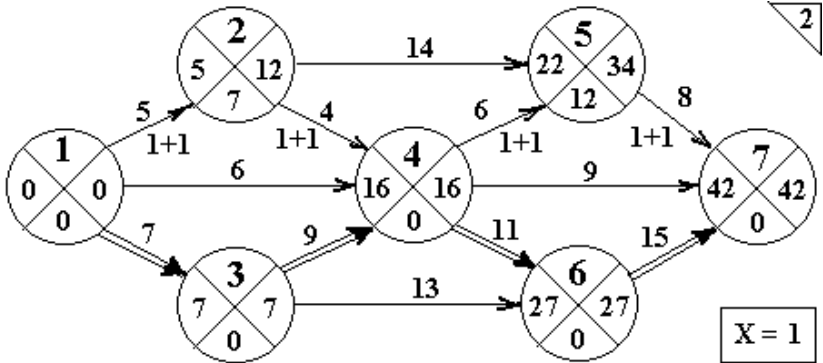


Рис. 32. Определение критического пути и его длительности при $x=1$

3. Расчет критического пути при израсходованном ресурсе 2 человека (вар.-3). Расстановка исполнителей ($x=1+1$) по работам критического пути. Неизрасходованный ресурс исполнителей - 1 чел. Израсходованный ресурс $X=2$. Расчет представлен на рис.33

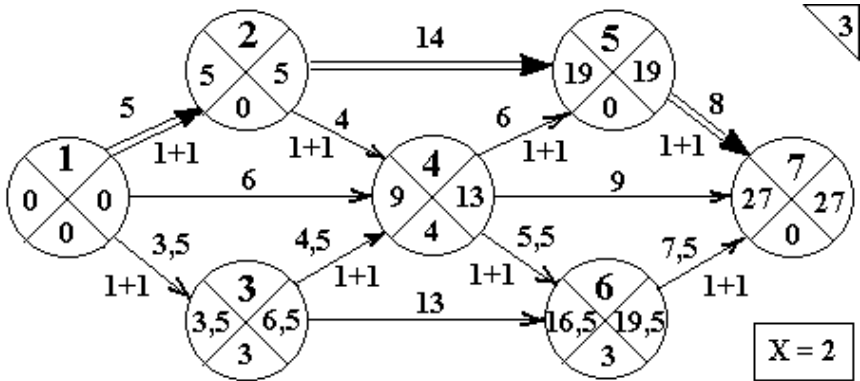


Рис. 33. Определение критического пути и его длительности при $x=2$

4. Расчет критического пути при израсходованном ресурсе 3 человека (вар.-4). Расстановка исполнителей ($x=1+1+1$) по работам критического пути.

Неизрасходованный ресурс исполнителей - 0 чел.

Израсходованный ресурс $X=3$. Расчет представлен на рис.34

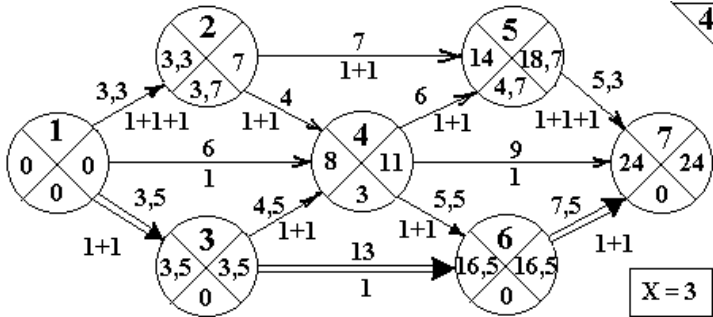


Рис. 34. Определение критического пути и его длительности при $x=3$

Ответ: Оптимизация сетевого графика позволила сократить срок выполнения задачи с 46 дней до 24 дней (за месяц) и определить работы, на которых должно быть расставлено дополнительное число исполнителей.

4.2. Оптимизация времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и перераспределением работ с имеющимся резервом времени

Задача 2.

Необходимо оптимизировать сетевой график по времени выполнения при ограниченном ресурсе исполнителей 10 человек. Для простоты принять один вид исполнителей – конструкторы.

Над стрелками (работами) дана продолжительность работы, а под стрелками (в квадрате) – число исполнителей.

Сетевая модель с рассчитанным критическим путем и продолжительностью работ приведена на рис.35.

Представим на графике работы (рис. 36.), в соответствии с длительностями их выполнения. Работы, лежащие на критическом пути сдвигать нельзя, они выделены двойной полосой. Максимальное количество исполнителей 12 человек необходимо для выполнения данного проекта и показано на эпюре (рис. 36).

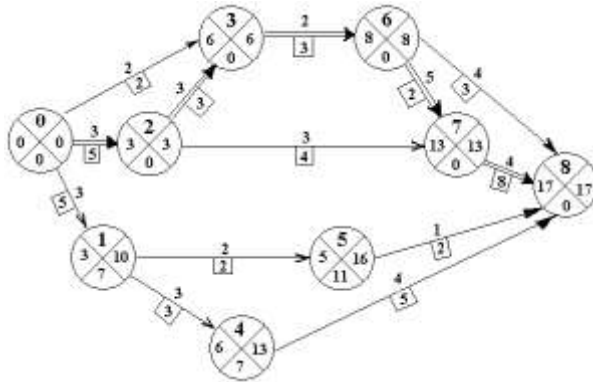


Рис. 35. Исходная сетевая модель с рассчитанным критическим путем и продолжительностью работ.

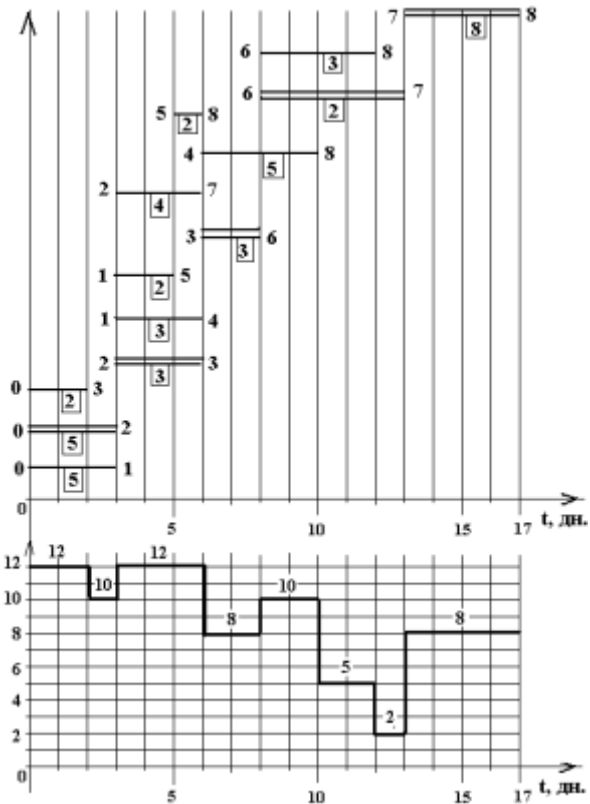


Рис. 36. График работ линейчатый и эпюра ежедневных ресурсов

С целью оптимизации ресурсов необходимо передвинуть вправо те работы, которые на сетевой модели имеют свободный резерв времени. Работы выделенные двойной чертой лежат на критическом пути и передвижение их по шкале календарного времени невозможно, т.к. у этих работ отсутствует резерв времени.

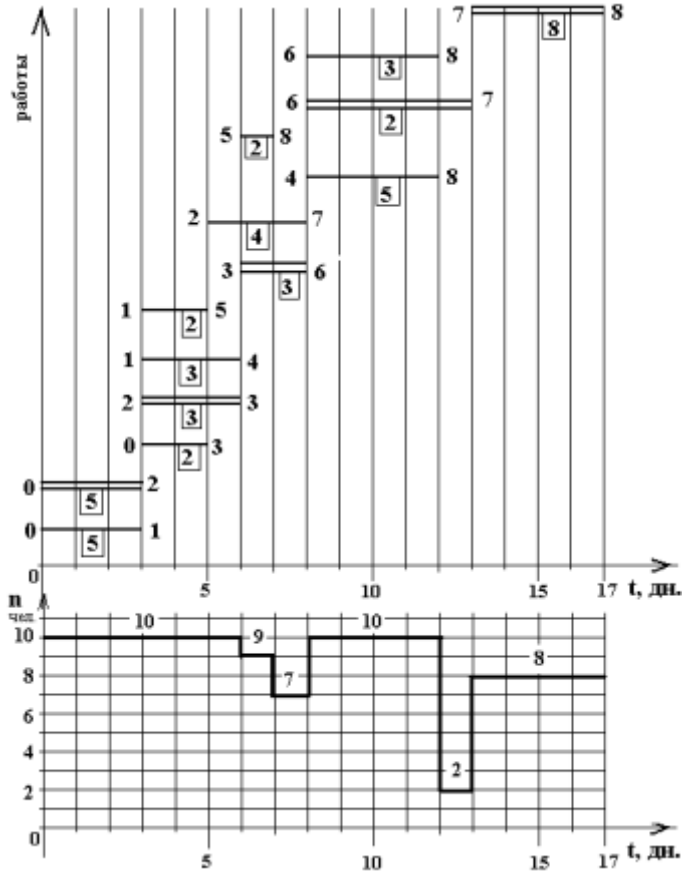


Рис. 37. Редактированный график работ и эпюра ежедневных ресурсов.

На рисунке 37 показана эпюра ежедневных ресурсов (количество исполнителей), на которой число исполнителей не превышает предельной численности. Пересмотр работ, их передвижение по календарному времени (за исключением тех работ, которые находятся на критическом пути) позволяет выполнить плановые задания коллектива в срок при ограниченном их ресурсе.

5. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

5.1. Цель и задачи курсового проектирования

Целью данной курсовой работы является расширение, углубление и закрепление теоретических знаний студентов при решении вопросов управления и планирования процессами создания и освоения новых изделий.

5.2. Выдача заданий на курсовую работу

Студентам выдается индивидуальное задание в виде таблицы исходных данных для построения сетевого графика и сетевого графика для определения взаимозависимости работ и временных параметров, оптимизации по ресурсу, указанному в рассматриваемых задачах.

5.3. Содержание и объем курсовой работы

Общий объем курсовой работы определяется временем, предусматриваемым рабочей программой курса.

Курсовая работа состоит из 3-х разделов:

1. В первом разделе на основании таблицы: исходных данных необходимо построить топологию сетевого графика, закодировать работы и определить коэффициент сложности сети: (взаимосвязь работ).

Пример таблицы исходных данных приведен ниже. Для построения топологии сетевого графика кодирование работ и определения коэффициента сложности сети, используется информация, приведенная в 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 данного пособия.

2. Во втором разделе по сетевому графику, выданного преподавателем, необходимо:

- а) объяснить взаимозависимость работ и отразить ее в таблицы исходных данных;
- б) определить число путей;
- в) определить продолжительность критического пути и срок окончания проекта классическим способом;
- г) определить продолжительность критического пути и срок окончания проекта современным способом;

- д) рассчитать сетевой график матричным способом;
- е) рассчитать сетевой график табличным способом.

Для определения временных параметров сетевого графика используется информация, приведенная в пункте 1.1.4.

3. В третьем разделе работы по сетевому графику (по которому был произведен расчет критического пути всеми способами) и по его временным оценкам работы (оптимистической, наиболее вероятностной и пессимистической) требуется определить вероятность P наступления событий в запланированные сроки T_s .

Пример сетевого графика с временными оценками работ приведен в 2.4. Для выполнения данной части работы используется информация таблицы 5.

Работа должна заканчиваться заключением по всем трем частям. Объем пояснительной записки 20 - 30 страниц.

5.4. Общие требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ7.32-81. Она должна быть написана чернилами или отпечатана (через 1,5 межстрочных интервала) на листах формата А4 (210x297). Поля должны оставаться по всем сторонам листа: слева 35 мм, справа 10 мм, сверху и снизу по 20 мм.

Записка, выполненная трудно читаемым почерком и с орфографическими ошибками, к защите не принимается.

На титульном листе, с которого начинается записка, указывается задание (форма титульного листа приведена в приложении 2).

На следующей странице приводится реферат, написанный в соответствии с ГОСТ 7.32-81. Затем приводится содержание записки. Далее следует текст пояснительной записки (введение, основная часть, заключение). В конце записки приводится список использованных источников и необходимые приложения.

Во введении отражаются краткие сведения о сетевых графиках (области применения, основные понятия и определения) .

Записку рекомендуется писать по разделам параллельно с выполнением работы. В ней приводятся обоснования по разделам курсовой работы, расчеты с приложением схем и таблиц. Схемы именуются рисунками с присвоением порядкового номера.

Записка должна быть написана грамотно, в сжатой форме, иметь максимум собственных выводов, пояснений, расчетов.

Подписи к рисункам и название таблиц оформлять по примеру оформления данного учебного пособия.

Ссылка на литературный источник указывается в скобках «косая черта», порядковый номер должен соответствовать номеру источника в списке литератур, приводящемся в конце записки.

В список включается вся литература, которой пользовался студент при выполнении проекта и на которую приведены ссылки в записке.

Перечень литературы составляется в алфавитном порядке, в нем указывается: фамилия автора, его имя и отчество (сокращенно), название книги (без кавычек), город, издательство и год выпуска.

Например: Балагин В..В. Теоретические основы автоматизированного управления. Минск. Высшая школа, 1991.

Все листы записки имеют сквозную нумерацию. Первой страницей является титульный лист. Номер страницы записывается в правом верхнем углу. На титульном листе номер страницы не ставится.

6. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы так же, как и курсовая работа, преследуют цель - расширение, углубление и закрепление теоретических знаний студентов при решении вопросов управления и планирования процессами создания и освоения новых изделий.

6.1.Лабораторная работа № 1

На основании задания № 1, выданного преподавателем, необходимо:

1. построить топологию сетевого графика, закодировать работы и определить коэффициент сложности сети: (взаимосвязь работ).

На основании задания № 2, выданного преподавателем, необходимо:

2. определить продолжительность критического пути и срок окончания проекта классическим способом;
3. определить продолжительность критического пути и срок окончания проекта современным способом;
4. рассчитать сетевой график матричным способом;
5. рассчитать сетевой график табличным способом.

6.2. Лабораторная работа № 2

На основании задания № 2, выданного преподавателем, необходимо:

1. по сетевому графику (по которому был произведен расчет критического пути всеми способами) и по его временным оценкам работы (оптимистической, наиболее вероятностной и пессимистической) определить вероятность P наступления событий в запланированные сроки T_s .
2. по этому же сетевому графику произвести оптимизацию времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и расстановкой их на критическом пути, согласно задачи 1 (п.3.1.).
3. по этому же сетевому графику произвести оптимизацию времени выполнения проекта с ограниченным ресурсом исполнителей и перераспределением работ с имеющимся резервом времени, согласно задачи 2 (п. 3.2.).

По выполнению лабораторных работ произвести отчет.

Список использованных источников

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогте Н.Г. Управление проектами: Учеб. пособие для вузов / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогте; Под общ. ред. И.И. Мазура. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2001. – 574 с. – (Современное бизнес-образование);
2. Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсон. Управление проектами: Практическое руководство / Пер. с англ. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2003. – 528 с.
3. Ф. Леви, Г. Томпсон, Дж. Уист. Введение в метод критических путей, *Industrial Scheduling*, edited by John F., Muth and Gerald L. Thompson, copyright 1963, p.335.
4. Косычев Ю.В. Построение и расчет сетевой модели : Методические указания / Самарский гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1998 г., 32 с.
5. Организация, планирование и управление авиационными научно-производственными организациями: Учеб. пособие для вузов по авиационным специальностям / И.Ф. Байдюк, В.В. Бойко, А.Д. Донец и др.; Под общ. ред. В.И.Тихомирова. – М.6 Машиностроение, 1985. – 344 с., ил.
6. Сетевые графики в планировании. Учебное пособие. Изд.2-е переработанное и дополненное. М.: «Высшая 'школа», 1975.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1*Проект разработки летательного аппарата*

Перечень событий директивного сетевого графика:

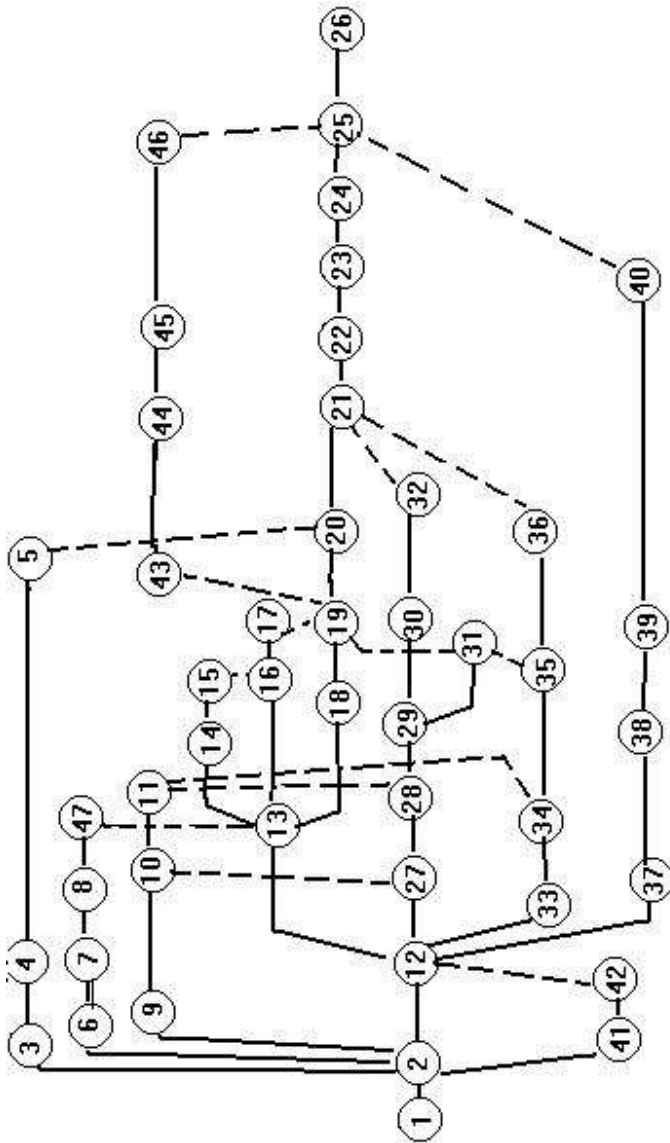
- 1 - 2. Утверждение аванпроекта;
Двигатели
- 2 - 3. Составление ТЗ на двигатели;
- 3 - 4. Согласование и утверждение ТЗ на двигатели;
- 4 - 5. Создание и поставка двигателей;
Модели
- 2 - 6. Проектирование модели для выдачи исходных расчетных данных;
- 6 - 7. Изготовление моделей для выдачи исходных расчетных данных;
Макет
- 2 - 9. Проектирование макета;
- 9 - 10. Постройка и оборудование макета;
- 10 - 11. Макетная комиссия;
Эскизный проект
- 2 - 12. Разработка эскизного проекта;
- 2 - 41. Подготовка и выпуск приказа с определением заводов – поставщиков, сроков проектирования;
- 41 - 42. Расчет трудоемкости рабочего проектирования изделия. Составление и утверждение планов и графиков проектирования и постройки изделия;
Рабочее проектирование и постройка планера
- 12 - 13. Разработка конструктивных и силовых схем фюзеляжа, крыла, оперенья, шасси, пилонов. Выпуск теоретических чертежей;
- 13- 14. Заказ основных материалов: поковок, штампованных заготовок, панелей, профилей, листов;
- 13- 15. Поставка основных материалов;
- 13 - 16. Выпуск рабочих чертежей фюзеляжа, крыла, оперенья, пилонна;
- 16 - 17. Изготовление деталей планера;
- 13 - 18. Подготовка к производству: проектирование и монтаж ступеней, изготовление плазов, шаблонов, оснастки; разработка и освоение новых технологических процессов (опытные партии);
- 18 - 19. Ступенчатая сборка фюзеляжа, крыла, оперенья, пилонов;

*Продолжение приложения 1**Стыковка, монтаж, отработка*

- 19 - 20. Стыковка агрегатов планера;
 - 20 – 21. Навеска двигателей и монтажные работы;
 - 21 – 22. Установка изделия под ток. Цеховая отработка систем;
 - 22 – 23. Лабораторная отработка систем изделия;
 - 23 – 24. Частотные испытания;
 - 24 – 25. Предъявление изделия ОТК;
 - 25 – 26. Аэродромные отработки изделия. Рулежка. Первый вылет изделия;
- Рабочее проектирование и изготовление оборудования*
- 12–27. Уточнение принципиальных схем в отделах рабочего проектирования;
 - 27- 28. Внесение замечаний макетной комиссии. Выпуск чертежей принципиальных схем систем;
 - 28- 29. Рабочие чертежи на оборудование, встроенного в каркас;
 - 29 - 31. Изготовление деталей оборудования, встроенного в каркас;
 - 29 - 30. Рабочие чертежи оборудования, устанавливаемого при общей сборке;
 - 30 – 32 Изготовление деталей оборудования, устанавливаемого при общей сборке изделия;

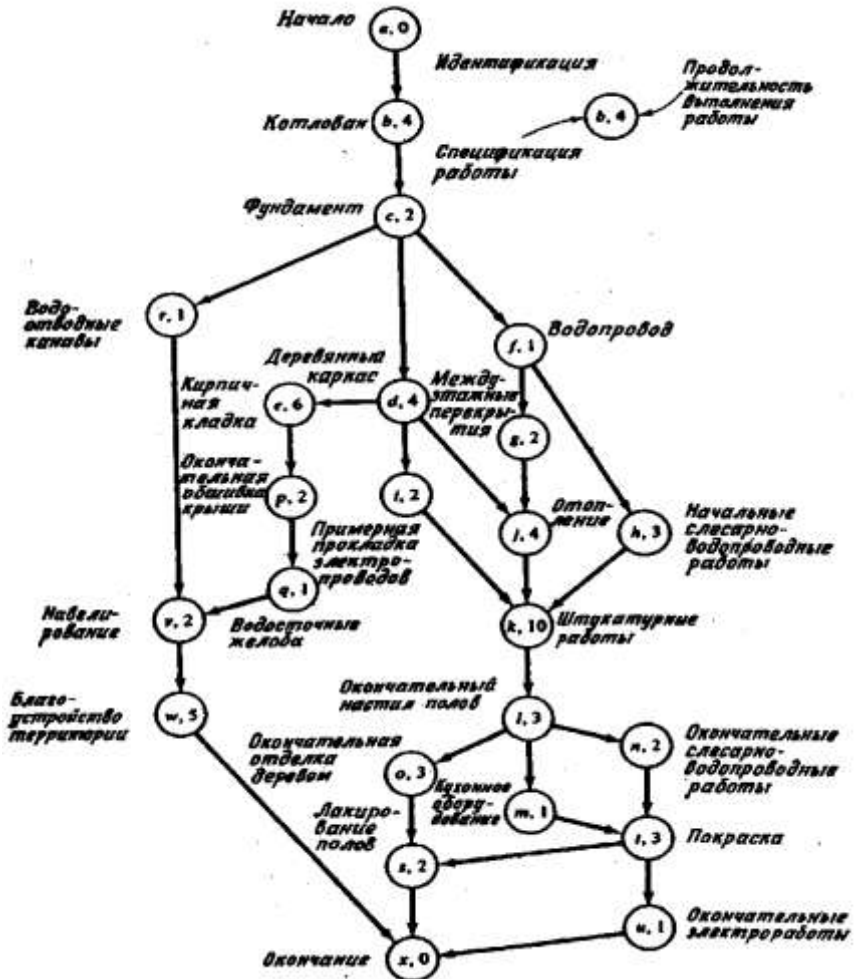
Готовые изделия

- 12 - 33. Составление ТЗ на готовые изделия;
 - 33 - 34. Согласование и утверждение ТЗ на готовые изделия;
 - 34 - 35. Поставка изделий, встроенных в каркас;
 - 35 - 36. Поставка готовых изделий, устанавливаемых при общей сборке;
- Проектирование, постройка и работа на стендах*
- 12- 37. Определение состава первоочередных стендов. ТЗ на стенды;
 - 37- 38. Проектирование стендов первой очереди;
 - 38- 39. Постройка стендов первой очереди;
 - 39- 40. Проведение отработок на стендах первой очереди;
- Изделие для статических испытаний*
- 43 - 44. Сборка изделия для статических испытаний;
 - 44 - 45. Подготовка к проведению статических испытаний 1 – этапа;
 - 45. - 46 Проведение статических испытаний 1-этапа и выдача результатов.



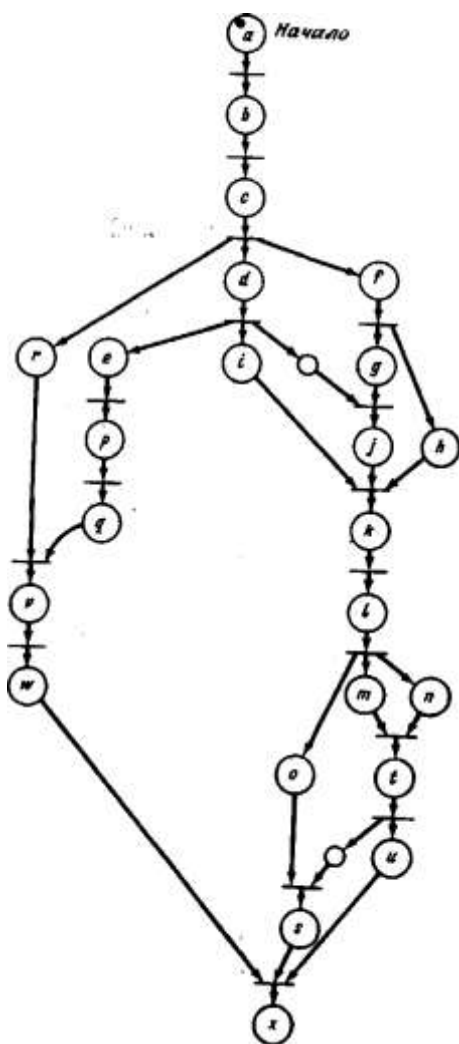
Директивный сетевой график создания самолета

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



PERT диаграмма строительства дома

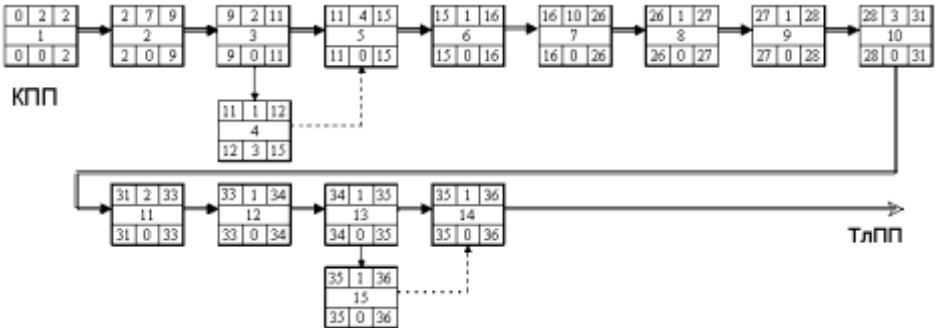
ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Представление PERT-диаграммы сетью Петри

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Сетевой график проекта «Конструкторская подготовка производства»
(вид графика: одноэлементный)



Содержание и трудоемкость работ этапа проекта
«Конструкторская подготовка производства»

№ работы	Наименование работы	Трудоемкость работы, дн.
		«как есть»
1	2	3
1	Задание на разработку ТЗ	2
2	Разработка схемы детали1	7
3	Разработка схемы детали2	2
4	Утверждение схемы детали 1 и детали 2 (ТЗ)	1
5	Формирование спецификации проектируемого изделия	4
6	Необходимые расчеты	1
7	Выполнение технологических элементов операций	10
8	Предварительное согласование с технологами	1
9	Разработка 2D и 3D модели деталей изделия	1
10	Утверждение КД	3

Учебное издание

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ
на основе СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**

Методические указания

Составитель: *Абрамова Ирина Геннадьевна*

Самарский государственный аэрокосмический
университет им. академика С.П. Королева
443086 Самара, Московское шоссе, 34.