

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ

4.1 Моделирование в строительно-технологическом Проектировании

Основой модели является содержательное описание моделируемого объекта. Создание модели всегда начинается с опытного изучения явления. Чаще всего модели строятся для следующих целей:

- нахождение на модели оптимальных параметров объекта и процесса;
- имитация действия объекта или протекания процесса при различных параметрах для получения представления об изменении тех или иных характеристик в связи с изменением параметров;
- технико-экономическое прогнозирование во времени с учетом предполагаемых или случайных параметров, главным образом экономических процессов.

Виды моделей, наиболее распространенных в архитектурно-строительном проектировании, можно подразделить на две группы: концептуальные (абстрактные) модели и графические модели или макеты. Модели первой группы, в свою очередь, делятся на словесно-описательные и математические модели.

К словесно-описательным моделям относятся технические задания, пояснительные записки к проектам и отчетам, постановки задач в словесно-описательной форме. Такие модели позволяют наиболее полно описать объект или ситуацию, однако их невозможно использовать непосредственно для сформулированных выше целей. Поэтому словесно-описательные модели обычно преобразуют в математические для удобства дальнейшего оперирования с ними.

Математическое моделирование. Понятия модели и моделирование, взятые в широком смысле, понятны и органически близки архитектору-проектировщику, так как любой рисунок, эскиз, проект, чертеж, макеты по существу являются своеобразными моделями, воспроизводящими в образной, наглядной форме определенные признаки и качества моделируемого или в данном случае проектируемого объекта. Модель или макет какого-либо здания (сооружения) не воспроизводит всех его свойств и качеств, но дает определенное представление о каких-то его сторонах и об объекте в целом.

Математическая модель на математическом языке формул, урав-

нений, неравенств и матриц описывает или воспроизводит те свойства, взаимосвязи и показатели моделируемого объекта или решаемой задачи, которые являются наиболее важными и определяющими. Как на модели (макете) здания (сооружения), так и в математической модели проектировщик может оценивать те или иные качества и свойства, изменять ее параметры и отдельные показатели, варьировать условия и таким образом находить оптимальные, с точки зрения того или иного критерия, решения.

Основной смысл применения математических методов заключается в применении математических моделей, допускающих обработку их параметров средствами вычислительной техники.

Математические модели используются во многих известных способах моделирования. Среди них можно назвать разработку моделей, описывающих статическое и динамическое состояния объекта, оптимизационные задачи, имитацию поведения. Примером математических моделей, описывающих статическое и динамическое состояние объекта, могут служить различные методы традиционных расчетов конструкций, которые проводятся в определенной последовательности математических выражений. Представление процесса в виде последовательности математических формул или отношений означает, что этот процесс выражен в виде алгоритма. В таком случае можно сказать, что составлена математическая модель для определенного расчета конструкции.

При автоматизации архитектурно-строительного проектирования обычно используют математическое моделирование, представляющее собой метод исследования процессов или явлений путем построения их математических моделей и исследования этих моделей.

Графические модели могут быть геометрическими моделями (чертежи или макеты) и представлены в виде блок-схемы или граф-схемы. В первом случае в процессе проектирования работают не с реальным объектом, а только с его изображением – геометрической моделью, дающей только геометрическое подобие. Это позволяет проводить эксперименты не в процессе строительства объекта, что довольно дорого и трудоемко, а на чертеже. Наличие геометрической модели дает возможность увидеть проектируемый объект в целом еще до осуществления строительства его в натуре, связать наилучшим образом все его части в единое целое, найти оптимальный вариант.

Модели блок-схемы в наглядном виде позволяют «описывать»

логическую и функциональную последовательность решения какой-либо задачи, а также структуру разнообразных объектов, систем, явлений, процессов. В модели блок-схемы блоками служат определенные на структурной модели отдельные элементы системы, а связи отражают наличие информационных потоков между выделенными блоками, элементами. Графические модели могут использоваться для составления структурных, функциональных и других моделей.

Структурная модель представляет объект-систему элементов, полностью определяющих содержание данной системы и их иерархическую взаимосвязь в зависимости от принятых принципов декомпозиции системы. Структурная модель может быть изображена как графическая схема, на которой показаны все объекты, охваченные системой с их частями, элементами частей и т. д. при необходимой в каждом конкретном случае степени расчленения объекта. Однако структурных моделей недостаточно для понимания сущности системы, поэтому для более полного представления об общей схеме системы необходимо построить информационную и функциональную модели.

Информационная модель предназначена для описания состояний элементов системы в процессе их преобразования, а также информационных потоков. Информационная модель анализирует информационные потоки, возникающие в процессе преобразования модели объекта при оптимизации проектного решения, а также подразделяет информацию, циркулирующую в системе, на внешнюю и внутреннюю. Внешняя информация вводится в систему как исходная и отражает информационную связь системы с внешней средой. Каждый структурный элемент системы, получая исходную информацию, преобразует ее по соответствующему алгоритму в выходную. Эта информация, в свою очередь, может служить выходной информацией для других элементов системы.

Функциональная модель представляет собой систему элементов, связанных отношениями взаимодействия. Смысл и характер каждого элемента задаются и исчерпываются его функционированием, его ролью в создании результатов, так или иначе воздействующих на функционирование других элементов в системе в целом. Функциональная модель предназначена для описания последовательности элементарных операций в процессе проектирования с учетом всех информационных связей, существующих между ними. Эта модель может быть изображена в виде сетевой модели, на которой показана по-

следовательность проектного процесса от одной его операции к другой.

При разработке проекта в рамках САПРОС (системы автоматизированного проектирования объектов строительства) можно выделить три стадии архитектурно-строительного проектирования: разработка требований к объекту проектирования; композиционное проектирование и техническое проектирование.

В процессе разработки требований к объекту проектирования определяют систему ограничений и формулируют критерии, что является непременным условием формализации процесса оптимального проектирования в условиях применения математических методов.

Композиционное проектирование состоит в выработке общей концепции проекта, в анализе компонентов будущего объекта и в анализе оптимального варианта взаимного расположения этих компонентов в пространстве с учетом всех необходимых связей между ними. Композиционное проектирование (общая компоновка объекта) – это основной этап, на нем полностью формируется объект проектирования, создается его модель, которая отражает все основные свойства объекта и полностью удовлетворяет требованиям, которые необходимо учесть в проекте.

При техническом проектировании должны полностью учитываться требования технологии и организации строительного производства. На этой стадии выполняют точные инженерно-технические и экономические расчеты с учетом всех требований СНиП.

Методология машинного проектирования базируется на изучении процесса проектирования как одного из важных видов творческой деятельности архитектора. Поэтому на этой стадии должны рассматриваться основные операции, с помощью которых архитектор достигает своей цели в процессе проектирования, а также выявляет закономерности формообразования объектов строительства с учетом их функционального назначения.

Согласно сложившейся методологии проектирования процесс творческой деятельности, как правило, расчленяется на три взаимосвязанные операции: анализ, синтез и оценка.

Анализ - это операция, когда выявляют требования, которые необходимо учитывать в процессе проектирования объекта, включая наличие ресурсов, которыми располагают заказчик и подрядная строительная организация. Уточняются методы, с помощью которых будет осуществлено строительство объекта.

Синтез – это операция, в процессе которой осуществляется создание, согласно проекту, законченного объекта в результате совмещения разрозненных решений в одно общее, отвечающее техническим и художественным требованиям и экономическим возможностям. Эта операция в основном соответствует стадии композиционного проектирования.

Оценка – это операция сопоставления исходных данных и требований к объекту с вариантами комплексного проектного решения. Оно может производиться как по одному, так и по комплексу критериев. Решение считается оптимальным, если критерий достигает своего экстремального значения.

4.2 Организационно-строительные модели строительства

Рациональные календарные планы строительства составляются на основе нормализованной технологии возведения зданий и сооружений. Ее разработка сводится во многих случаях к построению эффективных технологических моделей строительства зданий и сооружений.

Под организационно-технологической моделью процессов возведения зданий и сооружений следует понимать описание перечня строительно-монтажных работ, порядка их выполнения и характера взаимосвязей между работами, технологии строительства, соответствия ее строительным нормам и правилам, условию рационального использования ресурсов.

Эффективность календарных планов зависит от того, насколько организационно-технологические модели возведения зданий и сооружений удовлетворяют определенным требованиям. Важнейшим из них является адекватность модели процессу возведения объекта. Модель должна описывать объект с необходимой для решения задачи календарного планирования степенью подробности и точности. Связи, имеющиеся в модели, должны отражать реальные связи, возникающие в процессе возведения объекта, и обеспечивать возможность составления допустимых календарных планов на основе рассмотрения данной модели. Модель должна быть устойчивой по отношению к изменениям самого объекта, простой, удобной для анализа.

При разработке календарных планов применяют преимущественно детерминированные организационно-технологические моде-

ли, в которых не принимается во внимание вероятностный характер строительного производства.

Организационно-технологические модели возведения зданий и сооружений в составе ПОС разрабатываются в виде линейных или сетевых графиков, циклограмм. Выбор вида графика зависит от типа и сложности объекта, а также принятых методов организации строительства.

Главной задачей календарного планирования является составление такого расписания работ, то есть календарного плана, который был бы оптимальным по принятому критерию его оценки и одновременно удовлетворял бы ограничениям, учитывающим реальные условия производства.

Критерий оптимальности календарного плана зависит от периода планирования и конкретных условий производства работ. Для текущего планирования, к которому относятся календарные планы на год или квартал, за критерии оптимальности принимают, один из следующих показателей – максимум прибыли, минимум продолжительности строительства. Для оперативного планирования, к которому относятся календарные планы производства работ на месяц, декаду или неделю, за критерий оптимальности обычно принимают минимум простоев трудовых ресурсов, равномерность их использования во времени.

К ограничениям, используемым при составлении календарных планов, могут относиться сроки выполнения работ, заданные генподрядчиком; интенсивность потребления ресурсов, зависящих от возможностей строительной организации; ресурсы, выделяемые в конкретные календарные периоды.

Ресурсы, используемые для выполнения строительно-монтажных работ, разделяют на два типа – складированные и нескладированные. К складированным ресурсам относят материалы, изделия, детали и конструкции, а к нескладированным – трудовые ресурсы, машины и механизмы.

Общая постановка задачи календарного планирования формируется следующим образом.

Заданы: перечень объектов строительства и характеристики работ, которые необходимо выполнить. К ним относятся объемы, трудоемкость, стоимость работ, виды и количество ресурсов, которые можно реально использовать на конкретные календарные периоды. Задается также обычно технологическая последовательность выпол-

нения работ.

Требуется: построить такой календарный план, чтобы он удовлетворял всем перечисленным в задаче условиям.

Естественно, что существует огромное множество допустимых планов, так как любую работу можно начать не только с различным сдвигом во времени, но и с разной продолжительностью, которая определяет срок ее окончания.

Ввиду множества решений, то есть допустимых планов, возникает задача выбора наилучшего в соответствии с принятым критерием оптимальности. Учитывая это, задачи календарного планирования, как правило, решаются с использованием машинных программ, для реализации которых задается некоторая числовая функция. Для всех составленных планов подсчитывается некоторое число этой функции, экстремум которого характеризует оптимальный вариант календарного плана.

В календарном планировании решаются временные, ресурсные и стоимостные задачи.

К временным относятся задачи, при решении которых увязывается выполнение работ только во времени. При этом не учитывают ограничений ни на ресурсы, ни на стоимость. При решении временных задач определяют расписание работ, то есть устанавливают сроки начал и окончаний работ, минимизируя их продолжительность.

При решении временных задач могут использовать вероятностные оценки продолжительности работ. В этом случае определяют такие параметры, как вероятность завершения работ по сдаче отдельного объекта или комплекса объектов в срок или, наоборот, добиваются в процессе календарного планирования такого расписания работ, при котором срок производства работ завершается с заданной вероятностью. В некоторых случаях при решении вероятностных задач используют понятие не только вероятностей продолжительности выполнения работ, но и сам состав работ (альтернативные модели).

Ресурсные задачи возникают в тех случаях, когда появляется необходимость учитывать ограничения на использование трудовых, материально-технических или финансовых ресурсов.

Ресурсные задачи подразделяются на задачи учета потребностей в ресурсах и задачи рационального распределения наличных или поступающих на объект строительства ресурсов. Такие задачи обычно возникают при календарном планировании работ строительно-монтажной организации, когда увязываются сроки выполнения работ

на различных объектах.

В ресурсных задачах могут учитываться не только отдельные виды ресурсов, но и одновременный ряд отдельных их видов. Например, трудовые ресурсы могут учитываться по отдельным специальностям, технические – по видам строительных машин.

При решении ресурсных задач может учитываться не только равномерная потребность в том или ином виде ресурса, но и потребность, которая задана некоторым графиком его поступления на объект. Может быть найдена также из множества рассчитанных потребностей допустимая потребность в том или ином виде ресурса.

Ресурсные задачи относятся к оптимизационным и встречаются в разнообразных постановках. При всем многообразии эти задачи могут быть отнесены к трем основным группам.

Первая группа – минимизация отклонения сроков строительства от заданных при соблюдении ограничений по использованию ресурсов.

Вторая группа – оптимизация некоторого показателя качества использования ресурсов при заданных сроках строительства объекта или комплекса объектов.

Третья группа – смешанные постановки, например, минимизация уровня потребностей некоторых видов ресурсов и сроков строительства отдельных объектов и жестко заданных сроков строительства других объектов.

Стоимостные задачи календарного планирования направлены на учет таких показателей при составлении календарных планов, как сметная стоимость, заработная плата, трудовые затраты. Эти показатели рассматриваются как особые виды ресурсов и решаются в задачах учета их потребности и распределения.

Стоимостные показатели непосредственно связаны с технико-экономическим планированием в строительных организациях и в этом заключается их особая практическая значимость. На основании календарного плана подсчитываются такие показатели, как численность рабочих на конкретные плановые периоды, потребность в фонде заработной платы.

Стоимостные, временные и ресурсные показатели относятся к показателям производственной программы специализированной организации, то есть к результатам ее технико-экономического планирования. Таким образом, календарное планирование существенным образом определяет технико-экономические показатели деятельности

специализированных организаций.

Так же, как и при решении временных задач, в ресурсных и стоимостных может учитываться вероятностный характер параметров календарных планов. В этих случаях могут решаться такие задачи, как определение количества какого-либо ресурса, который обеспечивает выполнение календарного плана с некоторой наперед заданной величиной вероятности. Может решаться и такая задача – определить статистические характеристики потребностей в конкретном виде ресурса при реализации конкретного плана строительства объекта или комплекса объектов.

При разработке календарных планов производства работ по объекту в качестве исходных данных принимаются:

- проектные решения зданий и сооружений (объемно-планировочные, конструктивные и технологические) и данные проекта об объемах работ;
- организационно-технологические схемы и решения по возведению здания, сооружения по секциям, пролетам, этажам, ярусам, захваткам и участкам, принятые в проекте организации строительства и технологических картах, в увязке с аналогичными решениями по возведению объектов производственной программы работ строительной организации;
- календарные графики выполнения отдельных видов работ в технологических картах;
- данные по организации и технологии возведения объектов-аналогов или объектов-представителей.

Разработка календарного плана производства работ по объекту осуществляется в следующей последовательности:

- производится анализ объемно-планировочных и конструктивных решений с разбивкой здания, сооружения на отдельные конструктивные элементы или части;
- устанавливаются перечень и объемы строительных, монтажных и специальных строительных работ, подлежащих выполнению на объекте;
- производится выбор методов производства работ с определением количества, типов и марок строительных машин, оборудования, инвентаря и приспособлений, а также профессионального и численно-квалификационного состава рабочих низовых строительных подразделений и принимается предварительная интенсивность и про-

должительность выполнения каждого вида работ;

- определяется трудоемкость выполнения каждого вида работ (в чел.-дн.) и потребность в работе строительных машин (в маш.-см.);

- устанавливается температурно-влажностный режим выполнения строительных процессов, а также величина технологических и организационных перерывов;

- устанавливается организационная и технологическая последовательность выполнения строительных процессов и их взаимная увязка во времени и корректируются принятые ранее интенсивность и продолжительность выполнения работ, а также количество средств механизации;

- производится построение линейной, циклограммной, сетевой модели поточного возведения здания, сооружения с расчетом основных параметров поточного строительства и выбором наиболее целесообразного варианта, отвечающего основным решениям по возведению данного здания, сооружения, принятым в проекте организации строительства в составе предприятия, по продолжительности строительства объекта или другому критерию эффективности;

- производится, на основе выбранного варианта, построение календарного плана и графиков движения рабочих, работы строительных машин и транспортных средств, а также потребности в строительных машинах, конструкциях и других материально-технических ресурсах.

На основе анализа проектных решений здание или сооружение относится к определенному типу по степени однородности проектных решений, принимаются организационно-технологическая схема его возведения и методы производства работ в зависимости от степени сложности объекта, возможности его разбивки на одинаковые захватки и участки, характера чередования отдельных строительных процессов в общем комплексе работ и других организационных условий.

При составлении перечня работ они заносятся в календарный план в технологической последовательности и группируются по видам и периодам времени. При группировании работ необходимо придерживаться определенных правил. Работы по возможности следует укрупнять, объединять, чтобы график был лаконичным и удобным для чтения. В то же время укрупнение работ имеет предел в виде следующих ограничений:

- нельзя объединять работы, выполняемые различными испол-

нителями;

– в комплексе работ, выполняемых одним исполнителем, необходимо выделять и показывать отдельно ту часть работы, которая скрывает фронт работ для другого строительного подразделения. Таким образом, укрупнение перечня работ в календарном плане ограничено технологическими факторами – последовательностью строительных процессов и организационными – распределением работ по исполнителям.

Трудоемкость работ и количество машино-смен работы строительных машин и оборудования определяется по действующим единым или ведомственным и местным нормам и расценкам с учетом данных о фактической производительности труда и мероприятий, предусматривающих соответствующее перевыполнение норм выработки. Планируемый рост производительности труда учитывается путем введения поправочного коэффициента на перевыполнение норм.

Необходимо иметь в виду, что нормирование труда по действующим нормам и расценкам очень трудоемкий процесс, в связи с чем во всех крупных строительных организациях для целей планирования следует использовать укрупненные нормы, разрабатываемые на основе производственных калькуляций. Укрупненные нормы составляют по видам работ на здание или его часть, конструктивный элемент или комплексный строительный процесс.

Продолжительность работ в календарном плане определяется следующим образом. К моменту составления календарного плана должны быть приняты методы производства работ, выбраны строительные машины, механизированные установки и оборудование и принята интенсивность выполнения работ. В процессе составления календарного плана следует предусматривать эксплуатацию основных строительных машин путем их использования в 2-3 смены без перерывов в работе и излишних перебазировок. Интенсивность и продолжительность механизированных работ должна определять только исходя из производительности машины. В связи с этим сначала определяется интенсивность и продолжительность механизированных работ, ритм выполнения которых определяет все построение календарного плана, а затем рассчитывается интенсивность и продолжительность работ, выполняемых вручную.

Продолжительность выполнения механизированных работ (в рабочих днях) определяется по формуле

$$T_{\text{мех}} = N / n_{\text{маш}} m,$$

N – потребное количество машино-смен;

$n_{\text{маш}}$ – количество принятых машин, шт.;

m – количество смен работы в сутках

Потребное количество машин $n_{\text{маш}}$ зависит от объема работ, принятой организационно-технологической схемы возведения здания и установленных сроков строительства объекта.

Продолжительность работ, выполняемых вручную (в рабочих днях), определяется по формуле

$$T_p = Q_p / n_{\text{чел}},$$

Q_p – трудоемкость работ, чел.-дн.;

$n_{\text{чел}}$ – количество рабочих, которые могут занять фронт работ.

Максимальное количество рабочих, которые могут работать на захватке, определяется путем разбивки фронта работ захватки на деланки, размер фронта работ на которых должен соответствовать по объему работ не менее чем сменной производительности звена или отдельного рабочего или быть кратным ей.

Произведение числа деланок на количественный состав звеньев дает максимальную численность исполнителей на данной захватке.

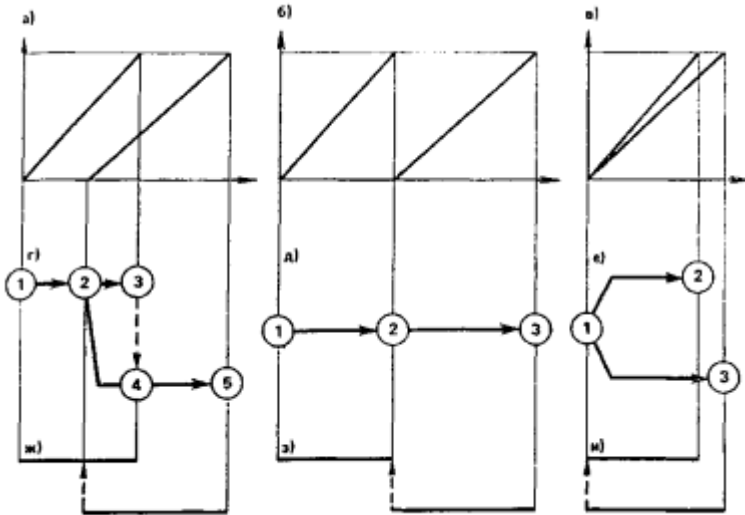
Минимизация продолжительности выполнения работ имеет предел в виде трех ограничений: размера фронта работ, наличия рабочих кадров, технологии производства работ.

Количество смен работы при использовании основных строительных машин принимают не менее двух. Работы без применения строительных машин, как правило, должны вестись только в одну смену. Сменность работ, выполняемых вручную и с помощью механизированного инструмента, зависит от имеющегося фронта работ и наличия рабочих кадров.

Количество рабочих в смену и состав производственного подразделения определяются в соответствии с трудоемкостью и продолжительностью работ. При расчете состава подразделения исходят из того, что переход в пределах объекта с одной работы на другую не должен вызывать изменений в количественном и профессионально-квалификационном составе звена рабочих или другого производственного подразделения. С учетом этого требования должна уста-

навливаться наиболее целесообразная структура совмещения профессий в подразделении.

Правила переноса топологии на различные графические модели строительства и принципиальные схемы отображения взаимоувязки строительных процессов на них даны на рисунке 4.1.



а, б, в – на циклограмме соответственно при совмещенном, последовательном и параллельном выполнении работ; г, д, е – то же, на сетевой модели; ж, з, и – то же, на линейной модели (графике Ганта)

Рисунок 4.1 - Принципиальные схемы отображения взаимоувязки строительных процессов и переноса топологии на различных графических моделях

Графическая модель возведения здания, сооружения наглядно отображает ход работ во времени и пространстве, их последовательность и взаимную увязку и может быть представлена в циклограммной (рисунки 4.1,а, б, в), сетевой (рисунки 4.1,г,д,е) и линейной форме (рисунки 4.1,ж, з, и).

Календарные сроки выполнения работ устанавливаются из условия соблюдения строгой технологической последовательности с учетом необходимости в минимально возможный срок предоставить фронт работ для выполнения последующих.

Время подготовки фронта работ в ряде случаев увеличивается из-за необходимости соблюдения технологических перерывов между двумя последовательно выполняемыми работами. Такие технологи-

ческие перерывы связаны со свойствами применяемых материалов.

Технологическая последовательность работ зависит от конкретных проектных решений. Так, способ прокладки внутренних электрических сетей определяет технологическую последовательность выполнения штукатурных, малярных и электромонтажных работ. Скрытая электрическая проводка выполняется до штукатурных малярных работ, а при открытой – штукатурные работы предшествуют электрической проводке.

Основным методом сокращения сроков строительства объектов является поточно-параллельное и совмещенное выполнение строительно-монтажных работ. Работы, не связанные между собой, должны выполняться параллельно и независимо друг от друга (см. рисунки 4.1, в, е, и).

При наличии технологической связи между работами в пределах общего фронта соответственно смещаются участки их выполнения, и работы производятся совмещенно (см. рисунок 4.1, а, г, ж). При этом необходимо учитывать правила охраны труда.

При составлении графика работ на строительство промышленных объектов учитывается очередность ввода в эксплуатацию отдельных агрегатов, узлов, технологических линий, пусковых комплексов, а также секций, блоков, отдельных зданий и сооружений. С учетом такого порядка сдачи эксплуатацию устанавливается технологическая последовательность строительно-монтажных работ и работ по монтажу технологического оборудования.

4.3 Взаимувязка работ при составлении календарного плана строительства отдельных зданий и сооружений

Выбрав методы и решив вопрос о последовательности и продолжительности производства строительно-монтажных работ, приступают к взаимной увязке общестроительных, монтажных и специальных строительных работ во времени и пространстве.

В процессе увязки соблюдают требования и правила, изложенные в предыдущем параграфе, что необходимо для улучшения календарного плана.

При увязке работ следует руководствоваться основным принципом организации строительного производства – принципом поточно-сти, т. е. одновременным и непрерывным выполнением нескольких

работ на разных участках строящегося здания или сооружения. Соблюдение этого принципа позволяет при несколько растянутых сроках выполнения отдельных работ добиться сокращения общей продолжительности возведения объекта.

Выбрав схему потока, организуют в соответствии с ней выполнение ведущего процесса при полном использовании фронта работ. Затем выделяют процессы, которые следует выполнять одновременно с ведущим процессом, и те, которые могут выполняться совмещенно с ним.

Все остальные процессы, имеющие сроки, отличные от срока, установленного для ведущего процесса, принятого за основу, должны быть увязаны с ним и друг с другом посредством создания резервов времени.

4.4 Составление календарного плана строительства объекта

4.4.1 Проектирование линейного графика производства работ

Наиболее ответственным и важным в календарном планировании является составление графика производства работ. При составлении календарного графика необходимо учитывать:

- директивный срок строительства;
- технологическую последовательность выполнения работ;
- максимальное совмещение во времени отдельных видов работ;
- выполнение работ крупными строительными машинами в две-три смены;
- равномерное распределение рабочих;
- соблюдение правил охраны труда и техники безопасности.

Календарный график (линейный) проектируется по форме таблицы 4.1 и состоит из двух частей: левой – расчетной и правой – графической.

Таблица 4.1- Календарный график производства работ

№ пп	Наименование работ	Объем работ		Трудоемкость, чел-дн		Потребные машины		Продолжительность боты, дн	Количество смен	Число рабочих в смену	Состав бригад	Год <u>месяцы</u> календарные <u>дни</u> рабочие дни
		ед. изм.	кол-во	нормативная	принятая	наименование	кол-во					

Продолжительность работ на графике обозначается линией-вектором. Над ним указывается количество рабочих. Продолжительность работ для механизированных процессов определяется количеством машино-смен, для остальных – из расчета количества рабочих в бригаде или звене, выполняющих данный процесс. Число рабочих определяется в соответствии с принятой трудоемкостью. Нельзя допускать больших изменений количества рабочих, так как график их движения будет с большим перепадом.

Необходимо стремиться к постоянному количеству рабочих на объекте. Изменения в их количестве допускаются до 20 %. График надо составлять так, чтобы после окончания работы на одной захватке рабочие переходили на другую.

Графы 1-5 календарного графика заполняются в технологической последовательности выполнения с группировкой их по видам и периодам работ на основании ведомости трудоемкости и машино-смен.

Принятая трудоемкость (гр.6) определяется путем умножения количества рабочих (гр.1) на продолжительность работ в днях (гр.9) и на количество смен (гр.10).

Потребные машины (гр.7 и 8) принимаются в соответствии с ранее выбранными методами работ. Количество смен для всех основных машин принимается не менее двух (гр.10).

Число рабочих в смену (гр.11) определяется отношением принятой трудоемкости (гр.6) к продолжительности выполнения данного процесса (гр.9). В графу 12 записываются составы бригад. В связи с ограниченностью места в эту графу рекомендуется записывать только

номера бригад, а в пояснительной записке дать их расшифровку.

Мелкие и однородные работы могут выполняться бригадой одной специальности, например, ручная доработка грунта, устройство песчаной подготовки под фундаменты, рытье траншей под шлаковую или песчаную засыпку фундаментных балок; шлаковая или песчаная засыпка и устройство гидроизоляции фундаментных балок; подготовка под отмостку; устройство отмостки; благоустройство территории.

Графы 5 и 6 подытоживаются отдельно по общестроительным и специальным работам. Их итоги нужны для определения технико-экономических показателей календарного графика.

В процессе разработки календарного графика необходимо предусматривать равномерное использование рабочих. Для этого по мере составления плана под ним вычерчивается график изменения численности рабочих. За каждый день суммируется количество рабочих и в соответствующем масштабе (например, 1 мм соответствует 1 чел.) откладывается по вертикали. График изменения численности рабочих строится по объекту в целом и по основным профессиям.

Стремясь построить равномерный график изменения численности рабочих в целом по объекту, не надо нарушать технологическую последовательность ведения работ и правила охраны труда. Если график оказался неудовлетворительным, нужно календарный график оптимизировать, изменив сроки выполнения работ или количество рабочих по отдельным процессам.

В целом правая часть графика наглядно отображает выполнение работ во времени и пространстве, а также их технологическую увязку (рисунки 4.3 и 4.4).

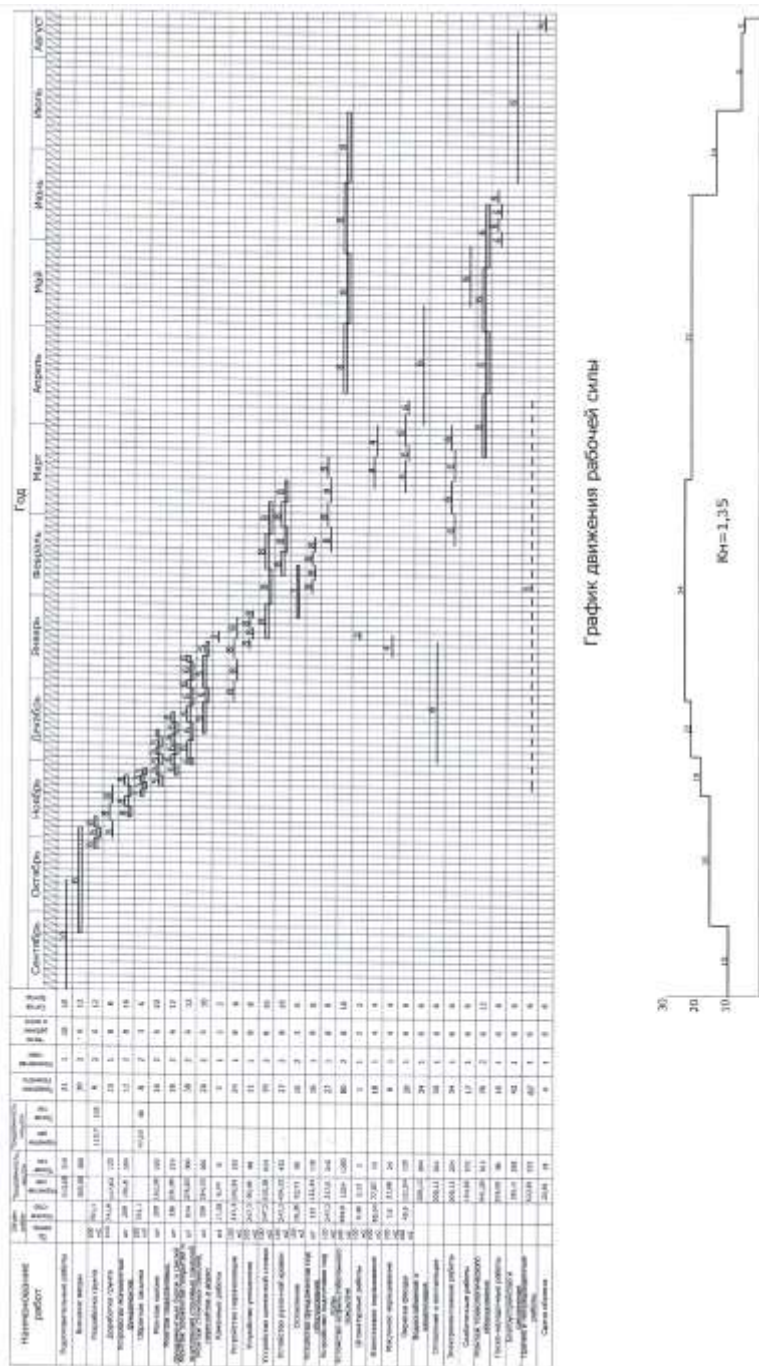


Рисунок 4.3 - Календарный график возведения одноэтажного промышленного здания

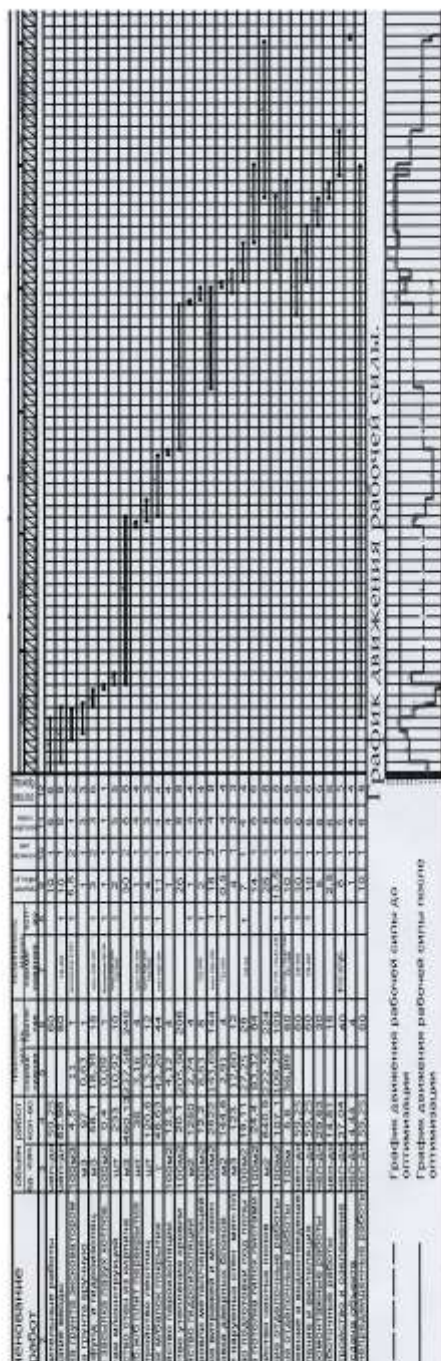


Рис. 4.4. Календарный график производства работ по строительству общественного здания

Детализация строительных процессов														
работы		операции			работы		процессы			комплексные процессы			цикл работы	
Наименование работ	Значение	Значение			Наименование работ	Значение	Наименование работ	Значение	Наименование работ	Значение	Наименование работ	Значение	Наименование работ	Значение
		1	2	3										
1. Подготовка элементов подсистемы					1. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке		II. Установка подсистемы		III. Подготовка элементов в вертикальной стене		IV. Подготовка элементов подсистемы в вертикальной стене		V. Установка подсистемы на лестничной площадке	
2. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
3. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
4. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
5. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
6. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
7. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
8. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
9. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
10. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
11. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
12. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
13. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
14. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
15. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
16. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
17. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
18. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
19. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
20. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
21. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
22. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
23. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
24. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
25. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
26. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
27. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
28. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
29. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
30. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
31. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
32. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
33. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
34. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
35. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
36. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
37. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
38. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
39. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
40. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
41. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
42. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
43. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
44. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
45. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
46. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
47. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
48. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
49. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
50. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
51. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
52. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
53. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
54. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
55. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
56. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
57. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
58. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
59. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
60. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
61. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
62. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
63. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
64. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
65. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
66. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
67. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
68. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
69. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
70. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
71. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
72. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
73. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
74. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
75. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
76. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
77. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
78. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
79. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
80. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
81. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
82. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
83. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
84. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
85. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
86. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
87. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
88. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
89. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
90. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
91. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
92. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
93. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
94. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
95. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
96. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
97. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
98. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
99. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														
100. Подготовка элементов подсистемы на лестничной площадке														

	<p>Газорезчики Газосварщики Изолировщики по гидроизоляции Каменщики Кровельщики по рулонным кровлям и по кровлям из штучных материалов Кровельщики по стальным кровлям Монтажники по монтажу стальных и железобетонных конструкций Печники Плотники Подсобные рабочие Слесари строительные Стекольщики Столяры строительные Такелажники на монтаже Транспортировщики Электросварщики</p>	<p>Санитарно-технические (прокладка наружных коммуникаций, монтаж и ремонт инженерного оборудования зданий и котельных установок)</p>	<p>плиточники Облицовщики синтетическими материалами Паркетчики Пескоструйщики Штукатуры Газорезчики Газосварщики Землекопы Изолировщики по термоизоляции Огнеупорщики Слесари по изготовлению деталей и узлов систем вентиляции Монтажники систем вентиляции и кондиционирования воздуха Наладчики приборов, аппаратуры и систем автоматического контроля регулирования и управления (наладчики КИП и автоматики)</p>
Отделочные	Лепщики архи-		Монтажники

	текстурных деталей Маляры строительные Модельщики архитектурных деталей Облицовщики-мозаичники		внутренних санитарно-технических систем и оборудования Монтажники наружных трубопроводов Электросварщики
--	---	--	--

Продолжение табл. 4.4

1	2	3	4
Электромонтажные работы Слаботочные работы	Электромонтажники по кабельным сетям Электромонтажники по освещению и осветительным сетям Электромонтажники по силовым сетям и электрооборудованию Электрослесари строительные Монтажники связи-антенщики Монтажники связи-кабельщики	Внешнее благоустройство Монтаж, эксплуатация, обслуживание строительных машин и электроустановок	Асфальтобетонщики Асфальтобетонщики-варильщики Дорожные рабочие Мостовщики Рабочие зеленого строительства Монтажники строительных машин и механизмов Электромонтажники (разные) Монтеры пути Машинисты (различных строительных машин)

	Монтажники связи- линейщики Монтажники связи- спайщики		
--	---	--	--

В стадии развернутого потока состав рабочих, занятых на объекте, должен быть по возможности стабильным. Кратковременное использование на объекте отдельных рабочих (в течение 1-3 смен) допускается только для таких профессий как сварщики, слесари-монтажники, стекольщики и др. при отсутствии соответствующих профессии в бригаде и невыполнении этих работ бригадой в порядке совмещения профессий. Фронт работ на захватках на различных этапах выполнения определенных циклов или при переходе от одного цикла к другому может сужаться.

Таблица 4.5 - Рекомендуемое совмещение профессий в бригадах

Типы бригад, основные профессии рабочих в бригадах	Совмещаемые профессии												
	облицовщик-плиточник	кровельщик	облицовщик-мозаичник	столяр	стекольщик	землекоп	печник	бетонщик	термоизолирующий	монтажник конструкций	плотник	каменщик	штукатур
транспортировщик, подсобный рабочий													
такелажник													
маляр													
Комплексные бригады:													
каменщики			*				*			*	*		
монтажники конструкций								*				*	
плотники				*	*							*	
штукатуры	*	*											
транспортировщики						*							
Подсобные рабочие						*							
Специализированные бригады:													
плотники		*		*	*	*		*		*			*

камен- щики	*		*				*	*		*					*	
штукатуры	*		*					*						*		*
маляры	*				*							*	*			
столяры					*								*			
транспортировщики																
транспортировщики						*								*	*	

4.5 Составление сетевого графика строительства объекта

4.5.1 Проектирование сетевого графика

Сетевой график представляет собой сетевую модель комплекса процессов и работ. Он состоит из безмасштабных стрелок, обозначающих работы, и кружков, указывающих свершение определенных, вполне конкретных событий, характеризующих результаты выполнения работ. Для облегчения построения сети рекомендуется пользоваться заранее заготовленными моделями сетевых графиков.

Исходными данными для составления сетевого графика служат:

- техническая документация на строительство;
- типовые технологические карты;
- проект производства работ;
- проектные и фактические данные о технологии и организации строительства аналогичных объектов;
- действующие нормы и расцепки на СМР;
- данные о материально-технической базе строительства;
- продолжительность строительства объекта;
- справочная литература по применению сетевых графиков и ЭВМ в управлении строительством.

При наличии этих данных или их части устанавливается номенклатура и перечень основных работ, технологическая последователь-

ность их выполнении, продолжительность отдельных видов работ.

В курсовом и дипломном проектировании исходными данными для разработки сетевых графиков служат архитектурно строительные чертежи.

На основании перечисленных данных составляется карточка-определитель работ и ресурсов (КОРР), представленная по форме таблицы 4.6, которая составляется по каждому исполнителю отдельно.

Таблица 4.6 - Карточка-определитель работ и ресурсов сетевого графика

Предшествующая работа	№№ п/п	Характеристика работы						Основные строитель- ные машины		Количество смен	Число рабочих в смену	Состав бригады
		Наименование	Шифр	Объем		Трудоемкость чел-дн	Продолжительность днн	Наименование	Количество машин			
				Ед. измер.	Количество							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Первоначально заполняются 3-я и 1-е графы. В графе 3 записываются наименования работ, подлежащих выполнению. В графе 1 перечисляются предшествующие работы, которые необходимы для начала выполнения данной работы. В графу 4 заносятся данные после построения сетевой модели и ее кодирования. Для заполнения остальных граф используются результаты расчетов, выполненных в ведомости трудоемкости и машинного времени, записанных в календарном графике. По данным карточки определителя (графы 1, 3; 5...13). Строят сетевую модель, построение и расчет которой осуществляется поэтапно.

На первом этапе формулируют содержание каждой работы, ее результат, а так же необходимые условия для ее начала, Если какая-либо работа делится на части, то каждая часть ее считается самостоятельной работой, для которой необходимо определить все показатели.

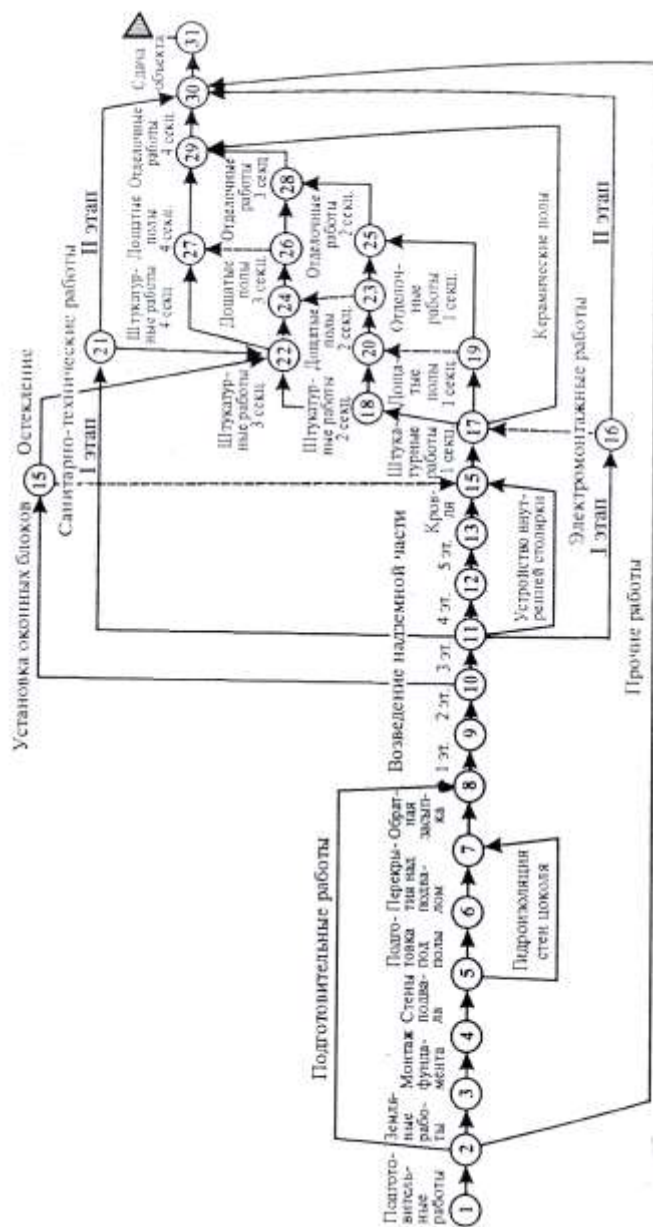
На втором этапе сверяется правильность построения модели, т.е. логическая взаимосвязь и технологическая последовательность выполнения работ, устраняются возможные ошибки, лишние события и

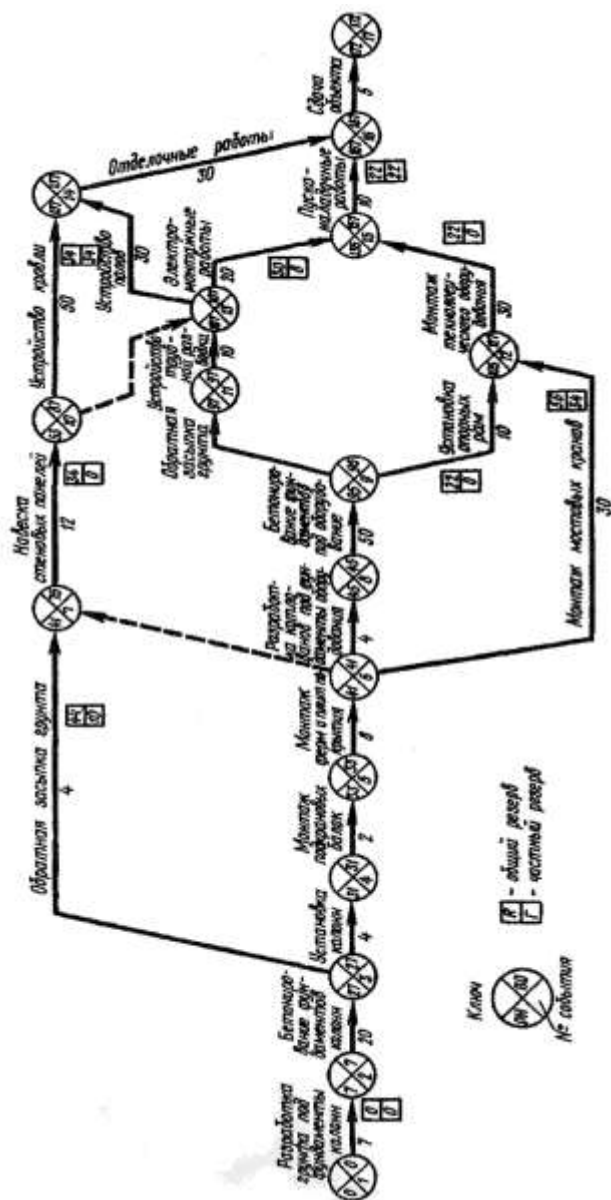
ненужные связи.

На третьем этапе оформляется сеть, кодируются работы, представляются наименование и объемы, продолжительность, количество рабочих сменность.

На четвертом этапе выполняется расчет параметров сетевого графика одним из известных способов. Расчет сетевого графика производится вручную или на ЭВМ.

Пример сетевого графика приведен на рисунках 4.14-4.16.





4.5.3 Расчет и оптимизация сетевого графика

Расчет сетевого графика заключается в установлении продолжительности работ, ранних и поздних начал и окончаний работ, определений резервов времени и нахождения критического пути.

Продолжительность работы i, j сетевого графика измеряют в днях. Любая последовательность работ в сетевом графике, в которой каждое конечное событие работы совпадает с начальным событием следующей работы, называется путем и обозначается L .

Пути бывают четырех видов. Полный путь - любой путь от исходного события сетевого графика до завершающего, например 1-2-3-5-6 (рисунок 4.17).

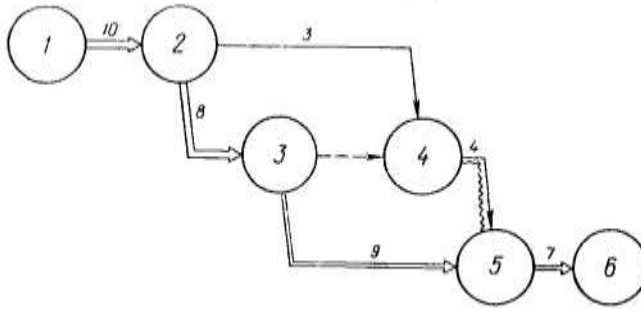


Рисунок 4.17 - Сетевая модель производства работ двух бригад (1-2-4-5 и 2-3-5-6)

Для краткости его называют просто «путь». Путь, предшествующий данному событию, – путь от исходного события до данного. Например, для события 5 (рисунок 4.17) этот путь может быть таким – 1-2-3-5. Путь, следующий за данным событием, – путь от данного события до завершающего. Например, для события 3 (рисунок 4.17) – это путь 3-5-6. Путь между событиями - это путь, соединяющий какие-либо два события сетевого графика, ни одно из которых не является ни завершающим, ни исходным. Например, путь 2-3-5 между событиями 2 и 5 (рисунок 4.17). Продолжительность любого пути равна сумме продолжительности составляющих его работ. Продолжительность всех полных путей от исходного до завершающего события сетевого графика (см. рисунок 4.17) показана ниже:

Коды путей
1–2–4–5–6

Продолжительность, дн.
 $10+3+4+7=24$

$$1-2-3-5-6$$

$$10+8+9+7=34$$

$$1-2-3-4-5-6$$

$$10+8+0+4+7=29$$

Путь максимальной продолжительности монтажа системы является критическим путем сетевого графика. Его продолжительность определяет срок завершения, например монтажа системы. Продолжительность критического пути обозначим через $T_{кр}$. В рассматриваемом примере критическим является путь 1–2–3–5–6, имеющий максимальную продолжительность 34 дн. Работы, лежащие на критическом пути, называются критическими. На сетевом графике работы, лежащие на критическом пути, выделяют либо двойными линиями, либо более утолщенными.

Пути, продолжительность которых отличается от критических на некоторую небольшую величину δ , называют подкритическими, а работы, лежащие на этих путях, – подкритическими работами. На рисунке 4.17, если принять, что величина δ равна 6 дн., подкритическим путем является путь 1–2–3–4–5–6. Совокупность критических и подкритических путей образует критическую зону. Выявление в сетевом графике критической зоны позволяет устанавливать перечень работ, на которые следует в первую очередь обращать внимание при необходимости сокращения продолжительности монтажа в процессе проектирования и контроля за ходом строительства.

Ранний срок наступления событий – это самый ранний из возможных сроков наступления этого события. Он равен продолжительности максимального пути от исходного события сетевого графика до данного. Например, на рисунке 4.17 ранний срок наступления события 4 зависит от продолжительности двух путей, которые подходят к этому событию: 1–2–4 и 1–2–3–4. Наибольший из этих путей 1–2–3, его продолжительность составляет 18 дн., следовательно, ранний срок наступления события 4 равен 18 дн. Эти рассуждения записываются следующим образом:

$$t_4^{\text{р}} = \max \{t_1 + 2 - 0\}; \quad t_4^{\text{р}} = 2 + 3 + 0 = 5 \Rightarrow \max \{10; 18\} = 18 \text{ дн.}$$

Поздний срок наступления события – это самый поздний из возможных сроков наступления этого события. Он равен разности между продолжительностью критического пути и продолжительностью максимального пути от завершающего события до данного

$$t_i^{\text{п}} = T_{кр} - \max \{t_j + t_{ij} - n\}.$$

Например, поздний срок наступления события 3 зависит от разности критического пути продолжительностью 34 дн. и максимально-

го из двух путей, которые подходят к этому событию: пути 3–5–6 и 3–4–5–6.

Из этих двух путей наибольшим по продолжительности путем является путь 3–5–6, он равен 16 дн. Эти рассуждения записываются в следующей форме:

$$t_6^p = 34 - \max \{ t(3-5-6); t(3-4-5-6) \} = \\ = 34 - \max \{ t(3-5-6) \} = 34 - 18 = 16 \text{ дн.}$$

Если событие принадлежит критическому пути, событие называется критическим. Для критических событий $t_i^p = t_i^n$ у некритических событий имеется резерв времени. Резерв времени события равен разности между поздним и ранним наступлением события

$$R_i = t_i^p - t_i^n.$$

Ранний срок начала работы $t_{ij}^{p.n}$ – это самый ранний из возможных сроков начала работы. Он равен раннему сроку наступления начального события данной работы

$$t_{ij}^{p.n} = t_j^n = \max \{ t \{ L, 10, 4 \} \}$$

Ранний срок начала работ, которые выходят из исходного события сетевого графика, равен 0.

Ранний срок окончания работы – это самый ранний из возможных сроков окончания работы. Он равен сумме раннего срока начала работы и продолжительности данной работы

$$t_{ij}^{p.o} = t_j^n + t_{ij}.$$

Поздний срок окончания работы – это самый поздний срок окончания работы, при котором продолжительность критического пути не изменится. Он равен разности между продолжительностью критического пути и продолжительностью максимального пути от конечного события данной работы до завершающего события сетевого графика

$$t_{ij}^{p.u} = t_j^p - T_{кп} = \max \{ t \{ L, 10, 4 \} \}.$$

Например, поздний срок окончания работы 2–3 равен разности между продолжительностью критического пути сетевого графика, равной 34 дн., и продолжительности максимального из путей, которые подходят от завершающего события к событию 3. Этих путей два: 3–5–6 и 3–4–5–6, наибольший из них путь 3–5–6; продолжительность которого равна 16 дн. Следовательно, поздний срок окончания работы равен (34–16) 18 дн.

Это записывается следующим образом:

$$t_{2,3}^{n,0} = T_{кр} - \max \{t [L (3-5-6); L (3-4-5-6)];\} = \\ = 34 - t [L (8-5-6)] = 34 - 16 = 18 \text{ дн.}$$

Поздний срок окончания работ, входящих в завершающее событие, принимают равным продолжительности критического пути.

Поздний срок начала работы $t_{ij}^{n,n}$ — это самый поздний срок, при котором продолжительность критического пути не изменится. Он равен разности между поздним окончанием данной работы и ее продолжительностью

$$t_{ij}^{n,n} = t_{ij}^{n,0} - t_{ij},$$

Например, для работы 2–3 поздний срок ее начала равен

$$t_{2,3}^{n,n} = t_{2,3}^{n,0} - t_{2,3} = 18 - 8 = 10 \text{ дн.}$$

У критического пути ранние и поздние сроки начала и окончания работ равны.

Полный резерв времени работы R_{ij} — максимальное время, на которое можно перенести ее начало или увеличить продолжительность, не увеличивая при этом продолжительность критического пути. Он равен разности между поздним и ранним сроками начала или окончания работы (рисунок 4.18,а)

$$R_{ij} = t_{ij}^{n,n} - t_{ij}^{r,r} = t_{ij}^{n,0} - t_{ij}^{r,0},$$

Если увеличить продолжительность или перенести начало какой-либо работы на величину ее полного резерва времени, то в сетевом графике появится, по крайней мере, еще один критический путь, проходящий через эту работу.

Например, полный резерв времени работы 2–4 равен

$$R_{2,4} = t_{2,4}^{n,n} - t_{2,4}^{r,r} = 20 - 10 = 10 \text{ дн.}$$

Свободный резерв времени какой-либо работы — максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы или перенести ее начало, не изменяя при этом ранних сроков начала последующих работ. Он равен разности между ранним сроком начала последующей работы и ранним сроком окончания данной работы (рисунок 4.18,б)

$$R_{ij} = t_{ij}^{r,r} - t_{ij}^{r,0}.$$

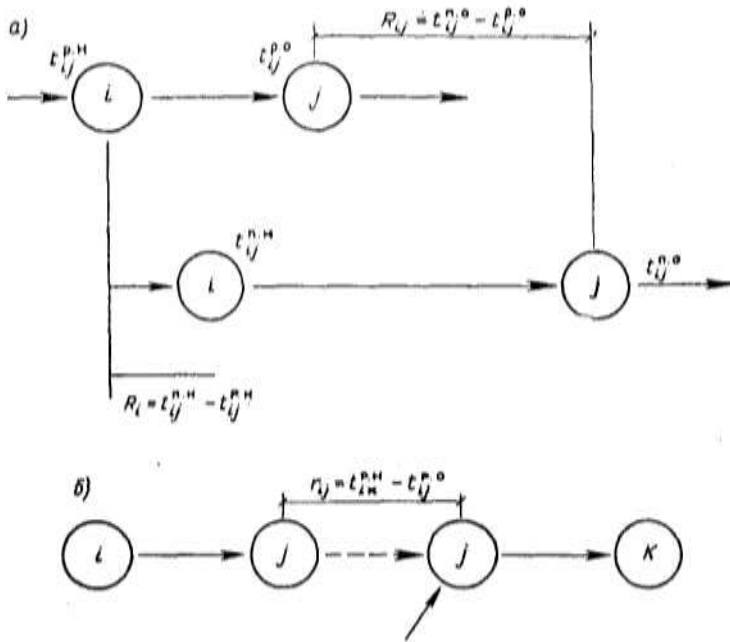


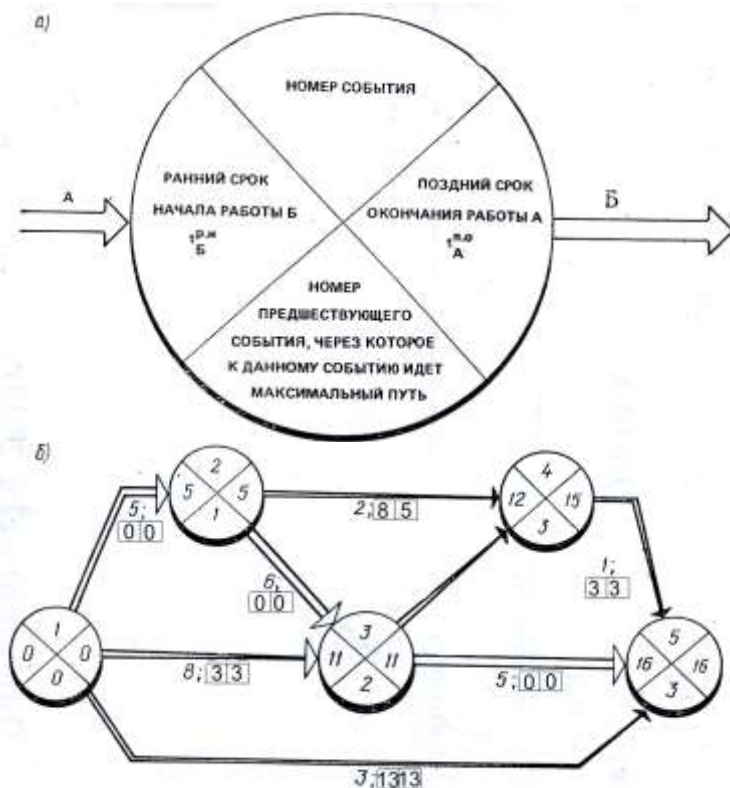
Рисунок 4.18 - Пояснения к расчету полного а и свободного б резервов времени

Свободный резерв времени работы отличен от нуля в том случае, когда в конечное событие этой работы входят две или более работ. Например, свободный резерв времени работы 2–4 равен

$$R_{2-4} = t_{2-4}^{n,0} - t_{2-4}^{p,0} = 18 - 13 = 5 \text{ ед.}$$

Расчет непосредственно на графике сетевых моделей.

Для расчета сетевых графиков этим методом все исходные данные и результаты расчетов записывают непосредственно на графике. Для этого каждое событие делится на четыре сектора: в каждый сектор записывают строго определенную информацию (рисунок 4.19, а). Номер события сетевого графика записывают в верхний сектор, нумерация событий произвольная.



а – содержание события; б – сетевой график

Рисунок 4.19 - Результаты расчета сетевого графика

Расчет сетевых графиков начинают с определения ранних сроков начала работ слева направо. Результаты расчета записывают в левых секторах событий. В левый сектор первого события записывают 0 (рисунок 4.19,б), в нижний сектор тоже 0, так как у исходного события нет предшествующих работ.

Ранний срок начала последующих работ равен максимальному из ранних сроков окончания предшествующих. Ранние сроки окончания предшествующих работ подсчитывают путем прибавления к раннему сроку начала предшествующих работ их продолжительности. Например, раннее окончание работы 1- $T_{1,2}^{p.o} = 0 + 5 = 5$. Это значение раннего окончания является ранним началом работ, выходящим из события 2. В нижний сектор записываем цифру 1 - номер события, через который к данному идет максимальный путь (в данном случае

единственный). Аналогичным образом находят раннее начало работ, выходящих из события 2.

Раннее начало работ, выходящих из события 3, равно максимальному значению окончания работ, входящих в это событие. Так для работы 1—3 это окончание равно раннему сроку начала, который равен 0, и ее продолжительности, равной 8, т.е. $t_{1,3}^{p.o} = 0 + 8 = 8$, а раннее окончание работ 2—3 равно сумме раннего ее начала — 5 и ее продолжительности, равной 6, т.е. $t_{2,3}^{p.o} = 5 + 6 = 11$. Так как максимальный из сроков окончания этих двух работ равен 11, раннее начало работ, выходящих из события 3, равно 11. Цифру 11 записываем в левый сектор события 3.

Все эти рассуждения записываются так:

$$t_{3,3}^{p.o} = \max \{ t_{1,3}^{p.o} + t_{1,3}, t_{2,3}^{p.o} + t_{2,3} \} = t_{2,3}^{p.o} + t_{2,3} = 0 + 6 = 6$$

или в общем виде для любой последующей работы можно запи-

сать $t_{k,n}^{p.o} = \max \{ t_{i,k}^{p.o} + t_{i,k} \} = \max \{ t_{i,k}^{p.o} \}$.

Аналогичным образом находят ранние сроки начала всех работ сетевого графика. В левый сектор завершающего события записывают максимальную величину из суммы ранних сроков начала и продолжительности завершающих работ. Эта величина является продолжительностью критического пути. В нижний сектор записывают цифру 3, так как через событие 3 проходит максимальный путь к данному событию. После подсчета всех ранних сроков начала работ определяют работы, принадлежащие критическому пути.

Критический путь оканчивается в завершающем событии 5, в нижнем секторе которого записана цифра 3. Следовательно, критический путь проходит через это событие. В нижнем секторе события 3 стоит цифра 2, а в нижнем секторе события 2 стоит цифра 1. Следовательно, события 2 и 1 также принадлежат критическому пути. Таким образом, критический путь в данном сетевом графике проходит через события 5, 3, 2 и 1. Критический путь на сетевом графике выделен двойной линией.

Вычисление поздних сроков окончания предшествующих работ начинают с завершающего события сетевого графика, двигаясь, справа налево. Поздний срок окончания завершающих работ равен продолжительности критического пути, в данном случае 16 единицам времени. Эту цифру записываем в правый сектор завершающего события. Поздний срок окончания предшествующих работ равен мини-

мальному из поздних сроков начал предшествующих работ. Поздние сроки начала последующих работ равны разности поздних сроков их окончания и продолжительности этих работ. Например, поздний срок окончания работы 2–4 равен позднему сроку начала работы 4–5, а позднее начало работы 4–5 равно разности между поздним ее окончанием (16 единиц времени) и ее продолжительностью (1 единица времени), т.е. $t_{3,5}^{п.н} = t_{4,5}^{п.н} = 16 - 1 = 15$. Это значение позднего окончания работы 2–4 записываем в правый сектор события 4.

Поздний срок окончания работы 2–3 равен минимальному из поздних начал двух работ – 3–5 и 3–4. Позднее начало работы 3–5 равно разности между поздним ее окончанием (16 единиц времени) и ее продолжительностью (5 единиц времени), т.е. $t_{3,5}^{п.н} = 16 - 5 = 11$. Позднее начало работы 3–4 равно $t_{3,4}^{п.н} - 15 - 1 = 14$. Так как 11 меньше 14, позднее окончание работы 2–3 равно 11. Это рассуждение для определения позднего срока окончания работы 2–3 записывают следующим образом:

$$t_{2,3}^{п.о} = \min \{ t_{3,5}^{п.н} - t_{2,3}, t_{3,4}^{п.н} - t_{2,3} \} = \{ t_{3,5}^{п.н} - t_{2,3} \} = 16 - 5 = 11.$$

В общем виде для любой предшествующей работы ij можно записать

$$t_{ij}^{п.о} = \min \{ t_{jk}^{п.н} - t_{ij} \} = \min \{ t_{jk}^{п.н} \}.$$

Аналогичным образом находят поздние сроки окончания всех работ сетевого графика и записывают найденные значения в правые секторы событий. После определения поздних сроков окончания работ определяют полные и свободные резервы времени.

Полные резервы времени определяют как разность поздних и ранних сроков окончания либо поздних и ранних сроков начала работ. Так как в рассматриваемом методе расчета ранние окончания и поздние начала не вычисляют, формула расчета резервов времени принимает вид

$$R_{ij} = t_{ij}^{п.н} - (t_{ij}^{р.н} + t_{ij}).$$

Тогда полный резерв времени работ 2–4 равен

$$R_{2,4} = t_{2,4}^{п.н} - (t_{2,4}^{р.н} + t_{2,4}) = 15 - 15 + 23 = 3.$$

Свободные резервы времени определяют как разность раннего срока начала последующих работ и раннего срока окончания данной работы. Так как ранние сроки окончания работ в рассматриваемом методе расчета не определяют, формула расчета свободных резервов принимает следующий вид:

Например, свободный $R_{2,4} = t_{2,4}^{00} - (t_{2,4}^{01} + t_{0,4})$ резерв времени работы 2–4 равен $R_{2,4} = t_{2,4}^{00} - (t_{2,4}^{01} + t_{0,4}) = 12 - (5 + 2) = 5$.

В курсовом и дипломном проектировании рекомендуется для облегчения применять второй способ расчета сетевого графика.

Если в результате расчета исходного сетевого графика окажется, что критический путь больше директивного срока строительства, график оптимизируется по времени в следующем порядке:

- проверяется правильность временных оценок критического пути, при этом необходимо стремиться к минимально допустимой продолжительности работ;
- анализируется возможность максимального совмещения работ критического пути;
- исследуется возможность сокращения сроков выполнения работ путем привлечения дополнительных ресурсов, увеличения количества механизмов и рабочих (в первую очередь, за счет работ, не лежащих на критическом пути), введения дополнительных смен;
- определяется возможность сокращения сроков работ в результате изменения технологии производства работ, применения более индустриальных конструкций и т.д.;
- при сокращении сроков продолжительности критического пути, необходимо следить за подкритическими работами, так как они могут стать критическими.

После выполнения указанных мероприятий вновь производится расчет сетевого графика, определяются резервы времени и критический путь.

Оптимизация сетевых графиков может производиться также и по ресурсам, т.е. производится перерасчет по наличию механизмов, конструкций, материалов и рабочих.

4.5.4 Построение сетевого графика в масштабе продолжительности работ

Построение сетевого графика в масштабе продолжительности работ производится на основе предварительно составленного без масштабного сетевого графика и установленных сроков свершения событий. Что наиболее удобно, или с одновременным подсчетом ран-

них или поздних сроков свершения событий по отложенным в масштабе продолжительностям работ.

Сетевой график в масштабе времени продолжительности работ может представлять изображенные в нем работы по ранним срокам их начала и окончания и соответственно по ранним срокам свершения событий или по поздним срокам начала и окончания работ и поздним срокам свершения событий в зависимости от выбранного способа (рисунок 4.20).

Для наглядности изображения графиков работу в пределах ее продолжительности фиксируют более жирными или двойными линиями, а оставшийся интервал времени отмечают более тонкими линиями.

Расположение работ относительно шкалы времени может быть или с различным наклоном (прямые стрелки от события к событию) (рисунок 4.20) или параллельной, но в любом случае, построен ли график с изображением стрелок (работ) под различным углом наклона, в виде ломаных линий или горизонтально, их проекция на горизонтальную ось всегда равна масштабной продолжительности работы. Аналогичное отображение получают и свободные резервы времени у работ, имеющих такие резервы.

Таким образом, сетевой график, построенный по ранним и поздним срокам начала и окончания работ, дает наглядное представление о продолжительности работ и величине имеющегося у той или иной работы общего (полного) и частного (свободного) резерва времени, что является его существенным преимуществом. К преимуществам рассматриваемого графика также относятся:

- возможность суммарного определения потребления ресурсов по различным периодам времени и регулирование ими в пределах использования полных или свободных резервов времени работ;
- сравнительно простое установление календарных планов ранних или поздних сроков начала и окончания работ в увязке с расчетными сроками сети и с учетом числа рабочих дней в неделю.

Пользуясь масштабным сетевым графиком сравнительно легко подсчитать и составить свободный график стоимости работ, количество занятых на объекте рабочих в одну из многочисленных смен, потребности основных конструкций, материалов, машин и механизмов на каждый период времени. С учетом ограничений в ресурсах можно сместить сроки выполнения работ в пределах, имеющихся у

них свободных или полных резервов времени.

4.6 Графики движения рабочих, машин и механизмов. Поступления на объект строительных конструкций, изделий и материалов

Важным значением для проверки календарного плана является соблюдение требований непрерывности и равномерности работы бригад и основных строительных машин, а также стабильности суммарного графика изменения численности рабочих во времени. Для этой цели составляют графики движения рабочих, машин и механизмов, а также график поступления материалов и конструкций. Эти графики позволяют определить необходимую численность рабочих во времени, дают возможность оценить правильность составления календарного плана с точки зрения равномерности и непрерывности ведения строительно-монтажных работ.

После составления календарного плана производства работ на объекте проверяют, насколько этот план отвечает предъявленным к нему требованиям.

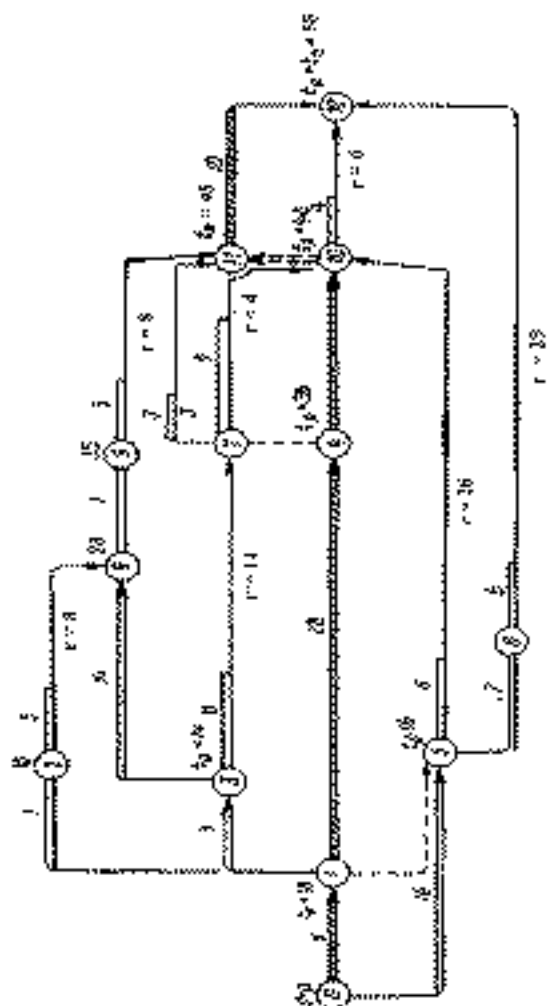
В первую очередь выясняют соответствие указанной в плане расчетной продолжительности строительства нормативному или директивному сроку, установленному согласно СНиП 12-01-2004. Если это условие не соблюдено, календарный план подлежит корректировке по критерию «время».

Далее календарный план проверяют на правильность технологической последовательности выполнения работ и на соблюдение требований безопасности труда.

Важное значение имеет проверка календарного плана на непрерывность и равномерность работы бригад и основных строительных машин, а также стабильность суммарного графика изменения численности рабочих во времени. Для этой цели составляют график потребности строящегося объекта в рабочих, на основании которого строят график изменения численности рабочих во времени. Эти графики позволяют определить необходимую численность рабочих во времени, дают возможность оценить правильность составления календарного плана с точки зрения равномерности использования рабочих.

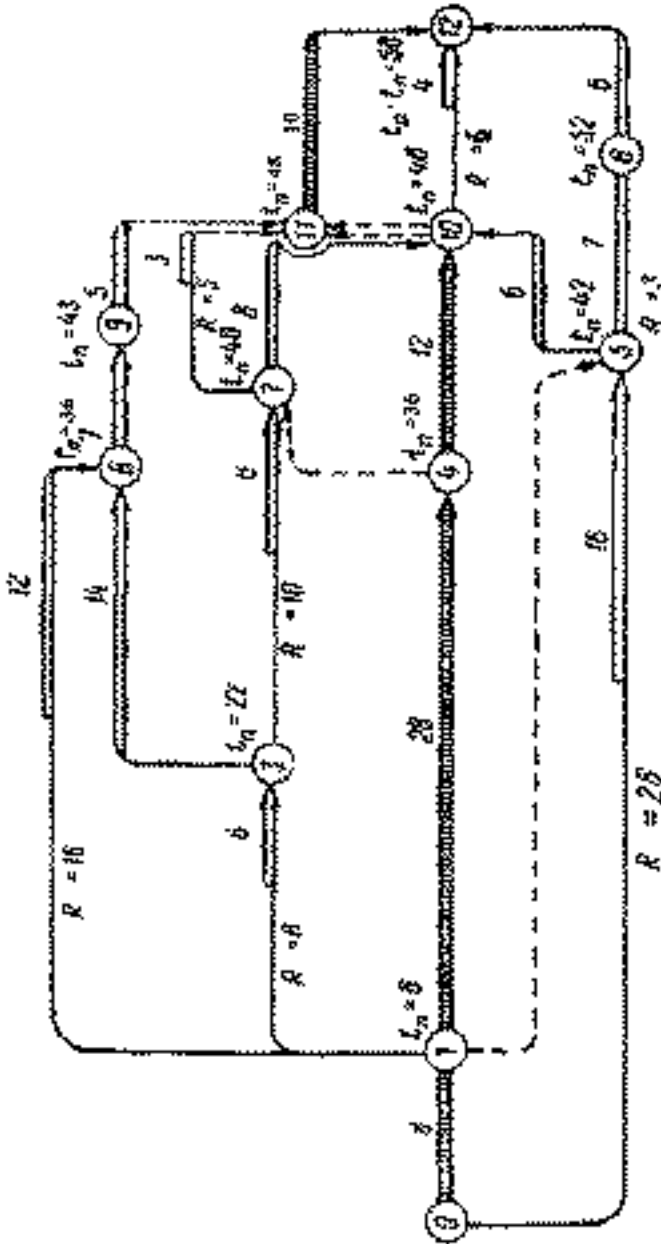
Общую численность рабочих, занятых в тот или иной день, по-

лучают суммированием численности всех рабочих, выполняющих в этот день все строительные процессы. При построении графика изменения численности рабочих иногда обнаруживается резкое кратковременное увеличение численности рабочих, вызванное неудачным совмещением работ во времени. Эти нежелательные «пики» требуют неоправданного увеличения мощности обслуживающего строительного хозяйства. Календарные планы исправляют в этом случае, изменяя степень совмещения некоторых видов работ.



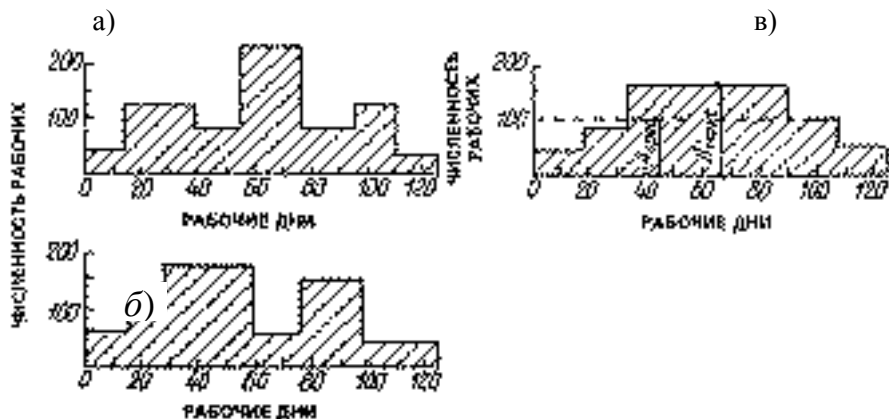
12

Имя файла:	...	Имя файла:	...
Имя папки:	...	Имя папки:	...
Имя пользователя:	...	Имя пользователя:	...
Имя сервера:	...	Имя сервера:	...
Имя сети:	...	Имя сети:	...
Имя компьютера:	...	Имя компьютера:	...
Имя диска:	...	Имя диска:	...
Имя каталога:	...	Имя каталога:	...
Имя файла:	...	Имя файла:	...
Имя папки:	...	Имя папки:	...
Имя пользователя:	...	Имя пользователя:	...
Имя сервера:	...	Имя сервера:	...
Имя сети:	...	Имя сети:	...
Имя компьютера:	...	Имя компьютера:	...
Имя диска:	...	Имя диска:	...
Имя каталога:	...	Имя каталога:	...
Имя файла:	...	Имя файла:	...



На рисунке 4.22 показаны суммарные графики изменения чис-

ленности рабочих. Графики на рисунке 4.22,а,б содержат «пики» и «провалы», указывающие, соответственно, на увеличенную и уменьшенную численность рабочих за наибольший период времени. И то, и другое нежелательно. Скорректированный график изменения численности рабочих приведен на рисунке 4.22,в.



а, б – первоначальные; в - скорректированный

Рисунок 4.22 - Варианты графиков изменения численности рабочих

График движения рабочих оценивают также с помощью коэффициента неравномерности K_n , определяемого отношением максимальной численности рабочих N_{\max} к их средней численности $N_{\text{ср}}$ в течение всего периода строительства:

$$K_n = \frac{N_{\max}}{N_{\text{ср}}}$$

Для определения средней численности рабочих необходимо знать суммарное число человеко-дней, затрачиваемых на возведение объекта, и сроки строительства

$$N_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{T}$$

T – продолжительность строительства объекта, дни;

$Q_{\text{тр}}$ - трудоемкость возведения объекта, чел-дни.

Коэффициент K_n при правильно составленном календарном плане производства работ не должен превышать 1,5. В противном случае календарный план необходимо исправить уменьшив предельную численность рабочих посредством более равномерного распре-

деления работ во времени.

Для выполнения работ в соответствии с календарным планом необходимо организовать производственно-технологическую комплектацию объекта материально-техническими ресурсами. С этой целью составляют график поступления на объект строительных конструкций, изделий и материалов.

График составляется по форме таблицы 4.3. Наименование, единица измерения и потребное количество строительных конструкций, изделий и материалов принимаются по ведомости трудоемкости.

Таблица 4.7 - График поступления на объект строительных конструкций, изделий и материалов

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Потребное количество	Количество завоза в день	Число дней запаса	Год Месяцы Порядковые дни Календарные рабочие дни
1	2	3	4	5	6	7

Затем сплошной линией наносится вектор, соответствующий вектору в календарном плане укладки в дело данных конструкций, изделий и материалов, с учетом числа дней запаса.

Количество завоза в день определяется путем деления потребного количества на число дней завоза этих ресурсов. Количество завоза в день легковесных материалов (рубероида, красок и т.п.) определяется после расчета потребности внутрипостроечного транспорта.

График движения машин и механизмов составляется на основании календарного плана и планируется из расчета среднесуточной потребности в них по месяцам, неделям и дням строительства. График работы основных строительных машин и механизмов строящегося объекта в составе ППР составляют по следующей форме (табл.4.8).

Таблица 4.8 - График работы основных строительных машин и механизмов

№ п/ п	Наименование	Количество	Продолжительность работ, дни	Год Месяцы Порядковые дни
--------------	--------------	------------	------------------------------	---------------------------------

				Календарные рабочие дни
--	--	--	--	-------------------------

При составлении графика потребности в основных строительных машинах необходимо стремиться к наиболее полному их использованию и максимальной загрузке, устраняя возможность возникновения непроизводительных простоев. График должен быть тесно увязан с календарным планом производства работ. При недостаточной загрузке механизмов и машин календарный план необходимо пересмотреть и обеспечить полную загрузку основных машин и механизмов.

4.7 Организация возведения зданий и сооружений при построении календарных планов

4.7.1 Возведение многоэтажных зданий

Многоэтажные здания возводятся по двухциклической, трехциклической и многоциклической технологиям.

Решающими факторами при выборе соответствующих технологий являются архитектурно-планировочные решения, конструктивные системы несущих конструкций, применяемые материалы и изделия, а также назначение зданий. Количество и структура технологических циклов полностью зависит от того, каким образом протекает ведущий процесс первого цикла, возведение несущих конструкций здания, первоначально или совместно с другими процессами. Нетрудно понять, что чем меньше в технологиях циклов, тем больше различных строительных работ выполняются параллельно по совмещенной технологии. Именно поэтому двух- и трехциклические технологии имеют наименьшую продолжительность возведения зданий.

По различным причинам, сопутствующие ведущему процессу общестроительные, а также специальные работы очень часто нельзя выполнять параллельно с работами по возведению несущих конструкций здания. Такими причинами являются, главным образом, не технологичность строительной продукции и низкая технологическая гибкость строительных процессов.

Низкие показатели технологичности строительной продукции возводимых несущих конструкций зданий не позволяют сочетать общестроительные и специальные работы, что приводит к последовательной схеме производства работ.

Объединение различных процессов невозможно из-за отсутствия необходимого фронта работ вне опасных зон от перемещаемых грузов кранами или других технологических причин, например при однозахватном монтаже конструкций, бетонировании или каменной кладке зданий башенного типа; одновременном возведении несущих конструкций на всех захватках здания, блочном монтаже общественных зданий.

Очень часто каждый из перечисленных факторов является решающим для принятия решения о необходимости выделения в самостоятельный технологический цикл общестроительных или специальных работ. Для зданий различных конструктивных схем развитие монтажных, специальных и отделочных технологических процессов в пространстве и времени может иметь различные параметры.

Возведение зданий и сооружений, как правило, включает комплекс работ, связанных с устройством подземной и надземной частей. В зависимости от конструктивно-технологических особенностей, характеристик основания, условий строительства и назначения зданий методы и технологии возведения заглубленной и надземной частей могут существенно отличаться.

Возведение подземной части. Производственный процесс возведения подземной части здания включает в себя комплекс строительных процессов по устройству оснований, фундаментов и возведению других конструкций, прокладки инженерных коммуникаций на прилегающей территории и в подвале здания. Доминирующая роль принадлежит конструкциям, расположенным ниже нулевой отметки здания.

Технологический цикл возведения подземной части здания на естественных грунтах, как правило, один. Однако, он разбивается на два или более подциклов – в зависимости от гидрогеологических особенностей грунта и сложности архитектурно-планировочных и конструктивных решений здания. В результате влияния указанных факторов определяют дополнительные ведущие строительные процессы. Они могут предусматривать водопонижение, устройство пригрузки фильтрующих откосов и дна котлована, возведение шпунтовых ограждений, устройство буронабивных свайных фундаментов и др. Многие из этих процессов могут быть ведущими и образовывать соответствующие подциклы. В самостоятельные подциклы выделяются работы по укреплению грунтов.

Первый подцикл предусматривает устройство оснований и фун-

даментов. Причиной выделения работ по устройству оснований и фундаментов зданий в самостоятельный цикл является та важнейшая роль, которую играют эти части зданий в обеспечении надежности работы несущих конструкций и здания в целом. Почти каждое второе аварийное состояние конструкций, частей и зданий в целом происходит по причине дефектов оснований и фундаментов. Поэтому полное завершение всего комплекса работ по устройству оснований и фундаментов является определенным гарантом их сохранности при выполнении последующих работ.

Ведущим строительным процессом первого подцикла является устройство фундаментов, технологии возведения которых в значительной мере подчинены строительные процессы по созданию оснований.

Устройство оснований на естественных грунтах представляет собой сложный технологический процесс. Он объединяет строительные процессы по черновой разработке котлованов и траншей, добору грунта до проектных отметок, устранению переборов грунта, устройству укрытий от промерзания грунта в зимних условиях. Особое внимание следует обратить на обеспечение сохранности природного сложения грунтов и их физического состояния при разработке грунтов, исключая их размыв, размягчение, разрыхление, разуплотнение и вынос.

Устройство оснований должно предусматривать два этапа – черновая разработка и добор грунта до проектных отметок. Для соблюдения перечисленных требований, работы второго этапа производятся вручную и непосредственно перед устройством фундаментов.

Предусматривается устройство различных подготовок под фундаменты: песчаной постели толщиной $5 \div 10$ см, расщебенки грунта слоем щебня толщиной $5 \div 10$ см, бетонной подготовки по песчаному основанию и другие решения.

Работы по возведению фундаментов здания, шахт лифтов, приямков, устройство армированных поясов, горизонтальной гидроизоляции и других конструктивных элементов выполняются параллельно или последовательно с созданием оснований.

В случае применения свайных фундаментов, производятся строительные процессы по их устройству, а также возведению ростверков или монолитных плит. Одновременно производится устройство кольцевого дренажа вдоль фундаментов наружных стен здания. При этом земляные работы по устройству траншей осуществляются от низких к

более высоким отметкам, а прокладку труб и фильтрующих материалов – в направлении от водоразделов в сторону насосной станции, с тем, чтобы исключить сброс неосветленных вод.

Обратная засыпка пазух фундаментов производится грунтом основания или песком, который уплотняется до $K_v = 0,95 - 0,98$ с применением виброуплотняющих машин и механизмов. Следует иметь ввиду, что только оптимальная влажность грунтов позволяет получить требуемую плотность без дополнительных операций по удалению излишней влаги или увлажнению грунта. Твердые включения в грунте для обратной засыпки не должны превышать 30 см. Не допускается наличие снега и льда в грунте. Кроме того, температура не мерзлого грунта должна сохраниться до его уплотнения.

Во втором подцикле выполняются работы по возведению несущих и ограждающих конструкций, расположенных на фундаментах до нулевой отметки здания. К ним относятся внутренние и наружные стены, колонны, перекрытия и др. Иногда указанные конструкции размещаются в несколько ярусов, что характерно для заглубленных зданий и сооружений. Ведущим строительным процессом этого подцикла является устройство несущих конструкций, которое необходимо осуществлять после окончания работ по устройству фундаментов. Наряду с перечисленными процессами выполняются работы по возведению конструкций лестниц, шахт лифтов, приемков для ввода и выпуска инженерных коммуникаций, входов, воздухозаборных каналов и др. Наряду с перечисленными ведущими и основными процессами в непрерывную технологическую цепь объединяются работы по сварке арматуры, закладных и накладных деталей, их антикоррозионная защита, бетонирование и замоноличивание стыков, прокладка токопроводов молниезащиты и др.

Ведущий процесс по возведению конструкций подземной части здания подразделяется на две составляющие – возведение стеновых конструкций и перекрытия. Это связано с необходимостью рационально решить задачу выполнения трудоемких работ по устройству обратной засыпки и подготовок под полы. После возведения стеновых конструкций выполняются работы по устройству подготовок под полы, а затем перекрытий.

Устройство перекрытия над стеновыми конструкциями создает горизонтальный диск жесткости здания, который совместно с вертикальными несущими конструкциями обеспечивает пространственную жесткость и геометрическую неизменяемость возведенной части зда-

ния. Далее производится вертикальная гидроизоляция стен, устройство пристенного дренажа, а затем обратная засыпка пазух котлована.

Современные здания – сложные инженерные сооружения, создающие благоприятные условия для работы или проживания. Здания оборудованы многочисленными системами коммуникаций, которые принято подразделять на внутренние и наружные.

В технологическом цикле возведения подземной части здания предусматривается прокладка наружных коммуникаций глубокого заложения с устройством вводов-выпусков в здание. Это системы водостоков, канализации, холодного и горячего водоснабжения, отопления и др. При этом прокладка наружных коммуникаций обычно на этом периоде осуществляется только вблизи здания. В дальнейшем в этой зоне будут установлены грузоподъемные краны и подъемники для возведения надземной части здания, организованы площадки для складирования и хранения изделий и материалов.

Начало прокладки инженерных коммуникаций глубокого заложения предусматривает в первом подцикле, а окончание – до устройства вертикальной гидроизоляции стен цокольного этажа.

На рисунке 4.23 приведена схема модели технологического цикла возведения подземной части многоэтажного здания.

Она содержит технологическую структуру цикла, состоящую из 9-ти основных строительных процессов, объединенных в единую технологическую цепочку возведения подземной части здания и отвечающих общим принципам технологий возведения здания. Схема может служить основой для проектирования организации и технологии возведения конкретного здания, разработки календарного плана производства работ и другой организационно-технологической документации. В этом случае необходимо, исходя из архитектурно-планировочных и конструктивных решений, объемов работ, а также возможностей исполнителей работ, определить и привязать пространственные и временные параметры производственного процесса возведения подземной части здания к указанной модели.

Двухцикличные технологии возведения надземной части многоэтажных зданий. Двухцикличные технологии возведения надземной части зданий предъявляют высокие требования к архитектурно-планировочным и конструктивным решениям зданий в части послевазодской, транспортной, монтажной и послеомонтажной технологичности строительной продукции. Такими параметрами обладают здания крупнопанельной конструктивной системы.

Наименование работ		Технологическая последовательность выполнения работ		
1	Устройство оснований	<hr/>	<hr/>	<hr/>
1.	1			
1.	2			
2	Устройство фундаментов			
2.	1			
2.	2			
3	Возведение стеновых конструкций			
3.	1			
3.	2			
4	Устройство оснований и подготовок под полы			
4.	1			
4.	2			

5	Монтаж (устройство) перекрытий и заделка стыков примыканий конструктивных элементов				
6	Устройство вертикальной гидроизоляции стен				
7	Устройство кольцевого и пристенного дренажа				
7.1	Устройство	кольцевого дренажа			
7.2	Засыпка	кольцевого дренажа грунтом			
7.3	Устройство	пристенного дренажа			
7.4	Засыпка	пристенного дренажа			
8	Обратная засыпка пазух котлована				
9	Прокладка инженерных коммуникаций глубокого заложения				
9.1	Прокладка	коммуникаций			
9.2	Устройство	вводов (выпусков) в здание			

Рисунок 4.23. Схема технологии возведения подземной части многоэтажного здания

Каждый из двух циклов имеет свое назначение. Задача первого цикла – возвести коробку здания и подготовить к выполнению отделочных работ, а второго – завершить все строительные работы.

В первом цикле ведущей работой является монтаж несущих и ограждающих конструкций здания, сварка закладных и накладных соединительных деталей в узлах примыкания конструкций, теплоизоляции, герметизация и замоноличивание стыков ограждающих конструкций, т.е. все процессы по возведению несущих и ограждающих конструкций.

Одновременно выполняются работы по устройству перегородок, установке дверных блоков, конопатка и заделка примыканий вертикальных и горизонтальных конструктивных элементов, установка металлоизделий для устройства ограждений балконов, лоджий, лест-

ничных маршей, устройство подготовок под полы. Выполняется первый этап работ по устройству лифтов и их машинных отделений.

В первом цикле также выполняются первые этапы санитарно-технических и электромонтажных работ.

Первый этап санитарно-технических работ предусматривает монтаж внутренних систем отопления, горячего и холодного водоснабжения, канализации, внутреннего ливнестока, пожаротушения, естественной и принудительной вентиляции, дымоудаления. Указанные работы охватывают все здание, начиная от подвального этажа – вводов и выпусков инженерных коммуникаций. Работы этого этапа заканчиваются опрессовкой инженерных систем и пуском тепла.

В зависимости от времени года и этажности зданий, пуск тепла может производиться в несколько этапов за счет устройства временных трубных перемычек.

Первый этап электромонтажных работ включает прокладку проводов, труб и рукавов по перекрытиям, устройство стояков между поэтажными щитами, раскладку проводов в штрабах и их протяжку в каналах конструктивных элементов, установку распаянных коробок, закладных устройств для установки светильников, установку коробок для выключателей, монтаж поэтажных шкафов и щитов и другие работы на этажах и в подвале здания, а также в помещениях специального назначения – электрощитовых. На первом этапе выполняются работы по установке трубных и закладных изделий слаботочных систем – связи, пожаротушения, оповещения.

Работы первого цикла завершаются выполнением строительных процессов по устройству кровли – пароизоляции, укладки утеплителей, устройству оснований и кровельного покрытия.

Выполнение работ этого цикла подготавливает фронт и создает необходимые условия для выполнения работ второго цикла – отделочных и других работ, завершающих возведение здания.

При двухциклической технологии наиболее трудоемкие отделочные работы, характеризующиеся мокрыми процессами, – штукатурные и подготовка оснований для устройства полов, – выполняются в первом цикле. Крупнопанельные здания характеризуются высокой после заводской технологичностью поверхностей сборных изделий, так как имеют поверхности в значительной степени подготовленные под окраску, оклейку обоями или для устройства покрытий полов. В результате объемы штукатурных работ и по устройству подготовок под полы сведены до минимума. Поэтому штукатурные работы носят

характер штукатурной обработки мест сопряжения сборных железобетонных изделий, а подготовка основания под полы выполняется в виде полимерной стяжки толщиной в 2 - 3 мм. Стяжка может выполняться как в первом, так и во втором циклах.

Таким образом, наиболее трудоемкие и продолжительные процессы, требующие выполнения дополнительных работ и затрат по сушке поверхностей выполняются в незначительных объемах и в первом цикле, что позволяет значительно сократить продолжительность возведения здания.

Во втором цикле основными работами являются отделочные, которые включают малярные, плиточные, устройство покрытий полов, столярные, оклейка поверхностей пленочными материалами на тканевой или бумажной основе или обоями и др. Ведущей работой цикла являются малярные, которые выполняются на захватках чаще всего в два этапа: первый - подготовка всех поверхностей под окраску, оклейку обоями и окраска потолков, второй - «чистая» окраска поверхностей масляной и вододисперсионной краской или оклейка обоями. Под «чистой» окраской понимается последняя операция этих процессов.

Характер отделки помещений разнообразен и зависит не только от назначения здания. В жилых домах, строящихся по типовым проектам, предусматриваются несколько вариантов отделки. Еще более разнообразен характер отделки зданий общественного назначения, где в больших объемах применяются подвесные потолки различных конструкций, сухие методы отделки стен листовыми и панельными изделиями и материалами, отделка поверхностей мастичными составами, облицовка природным камнем и др.

Второй цикл включает выполнение плиточных и первого цикла малярных работ. После их завершения на захватке приступают к работам по устройству покрытий полов. Завершается отделка помещений выполнением второго этапа малярных и обоевых работ.

Параллельно выполняются другие строительные процессы: устройство встроенных шкафов, антресолей, навеска дверных полотен на коробки и др.

Отдельным циклом ведутся работы по наружной отделке фасадов здания. Осуществляется монтаж лифтов.

К работам второго этапа санитарно-технических работ относятся строительные процессы по установке санитарных приборов и запорной арматуры.

На втором этапе электромонтажных работ производится подвеска и навеска светильников, патронов, установка выключателей, розеток, переключение систем здания на постоянное электроснабжение.

По мере создания фронта работ осуществляются работы по благоустройству территорий вокруг здания: окончательная вертикальная планировка, устройство основания и покрытий дорог и пешеходных дорожек; оград и площадок; установка малых архитектурных форм; озеленение; работы по наружному освещению. Указанные процессы и работы должны быть технологически увязаны между собой и выполняться по захваткам.

Завершается возведение здания пуско-наладочными работами по инженерному оборудованию, автоматизированным системам пожаротушения, дымоудаления, диспетчерской связи.

На рисунке 4.24 приведена схема модели двухцикличной технологии возведения надземной части многоэтажных зданий, которая дает дополнительную информацию о том, как наиболее часто применяемые процессы в практике строительства интегрируются в общий технологический процесс.

Трехцикличная технология возведения надземной части многоэтажных зданий. Принципиальное отличие трехцикличной технологии от двухцикличной заключается в том, что в первом цикле к моменту завершения работ по возведению коробки здания не созданы необходимые температурно-влажностные условия и не подготовлен фронт работ для выполнения отделочных работ.

Это означает, что по каким-то причинам параллельно с работами по возведению несущих и ограждающих конструкций, здания не выполнялись сопутствующие им общестроительные и специальные работы.

Указанные работы объединяются в новый цикл - второй, целью которого является подготовить здание для производства отделочных работ.

В третьем цикле структура работ аналогична второму циклу двухцикличной технологии.


По трехцикличной технологии чаще всего возводятся здания каркасной и блочной конструктивных систем, кирпичные здания, здания, возводимые из монолитного бетона. Рассматриваемая трехцикличная технология возведения зданий по сравнению с двухцикличной представляет собой более сложные решения по взаимодействию строительных процессов и режимов их выполнения. Во-

первых, количество строительных процессов возросло за счет их осуществления на строительной площадке. Во-вторых, технологические режимы их выполнения сопряжены с мокрыми процессами, что требует затрат на высушивание поверхностей.

Наименование работ			Технол послед выполн
Первый цикл. Возведение надземной части здания (коробка в стадии готовности под отделку)			
1	Монтаж всех сборных железобетонных конструкций с выполнением сварочных работ и заделкой стыков		
2	Устройство оснований и заделки под кровлю (пароизоляция, укладка утеплителя, устройство стяжки)		
3	Устройство кровли		
4	Герметизация и заделка стыков стен с наружной стороны		
5	Установка оконных и дверных блоков		
6	Монтаж и электросварка металлоконструкций (ограждение лестниц, балконов и др.)		
7	Устройство «легких» перегородок (гипсокартонных и др.)		
8	Конопатка (изоляция) вертикальных и горизонтальных стыков и штукатурная обработка мест примыкания сборных конструкций, коробок заполнения проемов		
9	Устройство подготовки под полы, заделка шпонок и технологических отверстий		
10	Первый этап санитарно-технических работ		
11	Первый этап электромонтажных работ		
12	Подготовка шахт для монтажа лифтов и подачи кабин		
13	Установка витражей		
Второй цикл. Отделочные и завершающие работы			
1	Плиточные работы		
2	Устройство полов		
3	Малярные и обойные работы		
	3а	Первый этап	
	3б	Второй этап	
4	Наружная отделка		
5	Столярные работы (устройство шкафов, антресолей, навеска дверных полотен и др.		

6	Второй этап санитарно-технических работ (испытание системы, установка сантехнической арматуры)	
7	Второй этап электромонтажных работ (монтаж с/ м слабых токов, установка светильников и др.)	
8	Монтаж лифтов	
9	Благоустройство (окончательная вертикальная планировка, устройство дорог, тротуаров, озеленение)	
10	Пуско-наладочные работы инженерного оборудования, автоматизированных систем пожаротушения, дымоудаления, диспетчерской связи и др.	

Рисунок 4.24 - Модель двухцикличной технологии возведения многоэтажных зданий

Технологические циклы и их структура		Технологическая последовательность выполнения работ
Первый цикл. Возведение несущих и ограждающих конструкций		
Второй цикл. Выполнение общестроительных и специализированных работ (“коробка” в стадии готовности под отделку)		
1	Кровельные работы	
2	Герметизация и заделка стыков с наружной стороны стен	
3	Устройство перегородок, установка оконных и дверных блоков	
4	Устройство шахт лифтов, систем дымоудаления и вентиляции	
5	Монтаж и электросварка металлоконструкций	
6	Изоляция внутренних стыков и штукатурная обработка мест примыкания конструкций	
7	Пробивка и заделка технологических отверстий. Устройство подготовок под полы	
8	Первый этап санитарно-технических работ	
9	Первый этап электромонтажных работ	
10	Подготовка шахт для монтажа лифтов и подачи кабин	

Третий цикл. Отделочные и завершающие работы по возведению здания			
1	Плиточные работы		
2	Малярные и обойные работы		
	2а	Первый этап	
	2б	Второй этап	
3	Устройство полов		
4	Столярные работы		
5	Наружная отделка		
6	Второй этап санитарно-технических работ		
7	Второй этап электромонтажных работ		
8	Монтаж лифтов и технологического оборудования		
9	Благостройство		
	9а	Окончательная вертикальная планировка	
	9б	Устройство дорог и тротуаров	
	9в	Установка малых архитектурных форм	
	9г	Озеленение территории	
10	Пуско-наладочные работы инженерного оборудования, систем пожаротушения, дымоудаления, диспетчерской связи и др.		

Рисунок 4.25 - Схема трехцикличной технологии возведения многоэтажных зданий

Приведенная на рисунке 4.25 схема модели трехцикличной технологии возведения надземной части здания дает общее представление о технологической последовательности выполнения многочисленных строительных процессов.

Многоцикличные технологии возведения надземной части многоэтажных зданий. В многоцикличной технологии возведения многоэтажных зданий, кроме традиционных трех циклов, появляются дополнительные циклы, завершающие возведение зданий после окончания отделочных работ и пуска инженерных коммуникаций, а также промежуточные, вызванные дополнительным делением работ второго и третьего циклов.

Требования, предъявляемые к готовности помещений для монтажа технологического оборудования или технологических линий, в отраслях народного хозяйства и промышленности различны. Наиболее сложное оборудование должно монтироваться только после окон-

чания всех общестроительных, отделочных и специальных работ, так как речь идет не только о механических повреждениях, но и о запыленности, вибрации, температуре, влажности. В качестве примера можно привести возведение зданий насосных станций, где четвертым циклом является монтаж и наладка технологического оборудования.

На рисунке 4.26 приведена схема модели многоцикличной технологии возведения зданий. Она характеризует общий технологический процесс возведения зданий по одному из возможных вариантов многоцикличных технологий.

Кроме того, на площадке промышленного предприятия могут размещаться здания административно-технического и культурно-бытового назначения. Количество указанных объектов зависит от назначения, архитектурно-планировочных и конструктивных решений.

Технологический процесс возведения промышленного предприятия следует рассматривать как сложный процесс, состоящий из производственных процессов возведения отдельных зданий и сооружений. Для этого объекты предприятия выделяются в отдельные промплощадки со своими инженерными сетями и дорогами. Указанные объекты имеют свои ведущие строительные процессы, подчиненные временным параметрам общего процесса строительства здания. Дальнейшее расчленение сложного строительного процесса позволяет из крупной интеграции получить его образующие - технологии возведения отдельных зданий.

4.7.2 Возведение одноэтажных промышленных зданий

Одноэтажные промышленные предприятия представляют собой сложный комплекс, включающий систему технологически связанных зданий и сооружений.

В его состав входят основные производственные корпуса и сооружения, объекты вспомогательного производственного назначения, внеплощадочные и внутриплощадочные инженерные сети и дороги, специальные сооружения.

Наименование работ	Технологическое последовательное выполнение
--------------------	---

Первый цикл. Возведение несущих и ограждающих конструкций				
Второй цикл. Выполнение общестроительных и специализированных работ (стадия- готовность пуска тепла)				
1	Кровельные работы			
2	Устройство перегородок, установка оконных и дверных блоков			
3	Устройство шахт лифтов, систем дымоудаления и вентиляции			
4	Первый этап санитарно-технических работ			
5	Первый этап электромонтажных работ			
Третий цикл. Выполнение общестроительных и специальных работ				
1	Штукатурные работы			
2	Устройство подготовок под полы			
3	Второй этап санитарно-технических работ			
4	Второй этап электромонтажных работ			
5	Завершающие общестроительные работы			
Четвертый цикл. Отделочные и завершающие работы по возведению здания				
1	Плиточные работы			
2	Малярные и обойные работы			
3	Устройство полов			
4	Столярные работы			
5	Наружная отделка			
6	Монтаж лифтов и технологического оборудования			
7	Благоустройство			
	7а	Окончательная вертикальная планировка		
	7б	Устройство дорог и тротуаров		
	7в	Установка малых архитектурных форм		
	7г	Озеленение территории		
8	Пуско-наладочные работы инженерного оборудования, систем пожаротушения, дымоудаления, диспетчерской связи и др.			

Рисунок 4.26 - Схема многоциклической технологии возведения надземной части многоэтажного здания

С точки зрения проектирования технологий возведения одноэтажных промышленных зданий характерной особенностью является неоднородность их пролетов. Они различаются по количеству и типам конструктивных элементов: шагу колонн, расположению и объему работ по фундаментам, перегородкам, антресольным этажам; ограждающим конструкциям; технологическому оборудованию; характеру отделочных работ и многим другим факторам.

Ведущим процессом является процесс возведения несущих и ограждающих конструкций. Принимаемые методы возведения каркаса здания и монтажа оборудования в значительной степени определяют содержание технологического процесса возведения здания.

Чаще всего применяются три метода: поэлементный монтаж, комплектно-блочный метод строительства и узловый. Поэлементный монтаж зданий и сооружений осуществляется отдельными конструктивными элементами

Комплексно-блочный метод основан на возведении зданий и сооружений из крупных комплектных блоков, изготовленных на заводах или полученных в результате укрупнительной сборки на строительной площадке. Масса таких блоков достигает 200-250 тонн.

Этим методом возводятся как основные производственные здания, так и здания и сооружения вспомогательного назначения – котельные, бойлерные, трансформаторные подстанции, насосные станции водоснабжения и канализации, очистные сооружения.

Строительство промышленных предприятий узловым методом основано на разделении общего технологического процесса на законченные автономные узлы, которые допускают опробование и наладку отдельных технологических линий и установок. После полного завершения строительно-монтажных работ на узле переходят на возведение последующих. Таким образом, метод основан на сочетании технологических строительных процессов с технологическим процессом промышленного предприятия.

Тем не менее, главным фактором в определении технологических циклов в технологиях возведения промышленных объектов является монтаж и наладка оборудования технологических линий.

Технологии возведения одноэтажных промышленных зданий предусматривают три этапа: подготовительные работы, возведение подземной и надземной частей зданий.

В зависимости от отраслевого назначения промышленного пред-

приятия здания возводятся по открытой, закрытой и совмещенным технологиям. При этом возможны три и более основных варианта технологических циклов при возведении надземной части. Подземная часть зданий возводится, как правило, в один цикл. Подготовительные работы чаще всего не включаются в общий процесс возведения промышленных предприятий из-за сложности этих работ, большого их объема и значительной продолжительности выполнения работ.

Принципиальное различие между открытой и закрытой технологиями возведения подземной части зданий заключается в том, что в первом случае наряду с работами по устройству оснований и фундаментов для конструкции здания выполняются эти работы и под технологическое оборудование, а во втором случае только под несущие конструкции здания. Примером возведения подземной части по открытой технологии могут служить сталеплавильные, прокатные и другие цехи промышленных зданий тяжелого типа, где объемы работ по устройству фундаментов под оборудование очень велики.

На рисунке 4.27 приведена схема примерной модели открытой технологии возведения подземной части здания, а на рисунке 4.28 – модель закрытой технологии.

Наименование работ		Технологическая последовательность выполнения работ		
1	Устройство оснований			
	1.1	Отрывка котлованов, траншей под фундаменты здания и оборудование		
	1.2	Добор грунта вручную и устройство подготовки под фундаменты		
2	Устройство фундаментов			
	2.1	Под здание и оборудование		
	2.2	Обратная засыпка фундаментов грунтом с трамбованием		
3	Устройство тоннелей, каналов, коллекторов для инженерных сетей и сетей технологического оборудования			
4	Устройство фундаментных балок и других конструкций			
5	Прокладка инженерных коммуникаций			

	5.1	Прокладка			
	5.2	Устройство вводов-выпусков в здание			
6	Устройство подготовки под полы				
	6.1	Обратная засыпка грунта			
	6.2	Уплотнение основания под полы			
7	Обратная засыпка пазух				

Рисунок 4.27 - Схема открытой технологии возведения подземной части одноэтажного промышленного здания

Наименование работ			Технологическая последовательность выполнения работ		
1	Устройство оснований				
	1.1	Отрывка котлованов, траншей под фундамент здания			
	1.2	Добор грунта вручную и устройство подготовки под фундамент			
2	Устройство фундаментов				
	2.1	Устройство фундаментов здания			
	2.2	Обратная засыпка			
3	Устройство тоннелей, каналов, коллекторов для инженерных сетей				
4	Устройство фундаментных балок и других конструкций				
5	Прокладка инженерных коммуникаций				
	5.1	Прокладка			
	5.2	Устройство вводов-выпусков в здание			
6	Устройство подготовки под полы				
	6.1	Обратная засыпка грунта			
	6.2	Уплотнение основания под полы			
7	Обратная засыпка пазух				

Рисунок 4.28 - Схема закрытой технологии возведения подземной части одноэтажного промышленного здания

Ведущими процессами являются возведение фундаментов и других несущих конструкций здания. Параметры этих процессов определяются по методике, общепринятой для отдельных строительных процессов, но с соблюдением регламентов общего процесса строительства предприятия.

Возведение подземной части здания по совмещенной технологии осуществляется по технологии, идентичной открытой технологии.

При привязке указанных моделей к конкретным объектам и с учетом того, что они кроме технологической находятся во взаимно-технологической зависимости, необходимо особое внимание обратить на строительные процессы и специализированные работы, которые могут выполняться в этом цикле: выполнение трубных разводов санитарно-технических и электромонтажных систем, устройство бетонной подготовки полов и ряд других.

При открытой модели технологии возведения надземной части здания (рисунок 4.29) монтаж оборудования ведется при «закрытом» корпусе с использованием мостовых кранов в послемонтажном цикле на фундаменты, возведенные при устройстве подземной части здания.

Наименование работ		Технологические последовательности выполнения	
Первый цикл. Возведение коробки здания с кровлей			
1	Возведение несущих и ограждающих конструкций	—	
2	Установка оконных и блоков, ворот	—	—
3	Остекление оконных проемов	—	—
4	Санитарно-технические работы	—	—
5	Монтаж мостовых кранов	—	—
6	Устройство перегородок	—	—
7	Устройство кровли	—	—
Второй цикл. Завершение общестроительных работ. Монтаж оборудования			
1	Штукатурные работы		—
2	Устройство бетонной подготовки под полы		—

3	Наладка мостовых кранов	
4	Монтаж оборудования	
5	Санитарно-технические работы	
6	Электромонтажные работы	
7	Устройство чистых полов	
8	Монтаж систем вентиляции	
9	Обвязка оборудования	
10	Изоляция и антикоррозийная защита обоудования	
Третий цикл. Отделочные работы. Пусконаладочные работы		
1	Плиточные работы	
2	Малярные работы	
3	Монтаж и наладка контрольно-изме-рительных при- боров, автоматических регуляторов, датчиков	
4	Наружная отделка	
5	Благоустройство	
6	Опробование оборудования на выпуск продукции	

Рисунок 4.29 - Схема открытой технологии возведения надземной части одноэтажного промышленного здания

4.8 Определение технико-экономических показателей календарного плана

После составления и оптимизации линейного графика определяются его технико-экономические показатели. В процессе анализа должны быть вычислены следующие технико-экономические показатели календарного плана, которые должны не превышать показателей, передовиков производства, лучших участков и т. д.

В пояснительной записке должны быть отражены следующие технико-экономические показатели:

1. Скорость строительства объекта (в м³ строительного объема, м² жилой площади в день, скорости возведения одного этажа)

$$K_1 = \frac{\text{(строительный объем здания или производственная площадь)}}{\text{(общая продолжительность строительства объекта)}};$$

2. Совмещенность строительных процессов

$$K_2 = \frac{\text{(сумма продолжительности всех основных строительных процессов)}}{\text{(общая продолжительность строительства объекта)}};$$

3. Удельный вес продолжительности ведущего процесса (в % от общей продолжительности строительства объекта)

$$K_3 = \frac{(\text{продолжительность ведущего процесса})}{(\text{общая продолжительность строительства объекта})} \times 100 \quad \%;$$

4. Стабильность потока работ

$$K_4 = \frac{(\text{продолжительность стабильного потока})}{(\text{общая продолжительность строительства объекта})} ;$$

5. Равномерность движения рабочих на объекте

$$K_5 = \frac{(\text{максимальное число рабочих, занятых на строительстве объекта})}{(\text{среднесписочное число рабочих})} ;$$

6. Трудоемкость работ, приходящейся на единицу строительного объема или жилой площади возводимого объекта

$$K_6 = \frac{(\text{общая трудоемкость возведения объекта})}{(\text{строительный объем, жилая или производственная площадь объекта})} ;$$

7. Удельные затраты трудоемкости монтажных работ (в % от общей трудоемкости строительства объекта)

$$K_7 = \frac{(\text{трудоемкость монтажных работ})}{(\text{общая трудоемкость возведения объекта})} \times 100 \quad \%;$$

8. Энерговооруженность рабочих, занятых на выполнении ведущего процесса

$$K_8 = \frac{(\text{суммарная мощность двигателей машин в кВт по ведущему процессу})}{(\text{к-во рабочих, занятых на выполнении работ ведущих процессов})} ;$$

9. Выработка ведущего механизма (крана), выраженная через количество готовой продукции, строительного объема здания или кв.м жилой площади или производственной площади, приходящегося на I тонну паспортной грузоподъемности крана за смену

$$K_9 = \frac{(\text{строительный объем здания или производственная площадь})}{(\text{время работы крана X паспортная грузоподъемность крана в т})} ;$$

По сетевому графику необходимо определить дополнительно следующие показатели:

10 Показатель напряжения сетевого графика

$$K_{10} = \frac{\sum a_{кр}}{\sum_{i=1}^n a_{i-j}} \cdot 100\%$$

$$(K_{10} \leq 12-15 \%),$$

$\sum a_{\text{кр}}$ – сумма критических работ в сети;

$\sum_1^n a_{i-j}$ – сумма всех действительных работ и ожиданий в сети.

11. Показатель критического времени в сетевом графике

$$K_{11} = \frac{T_{\text{кр}}}{\sum_1^n t_{i-j}} \cdot 100\% \quad (K_{11} \leq 30 \%)$$

$\sum_1^n t_{i-j}$ – суммарная продолжительность выполнения всех строительных процессов при последовательном производстве работ.

12. Показатель резервного времени сетевого графика

$$K_{12} = \frac{\sum r_{i-j}}{T_{\text{кр}}} \cdot 100\%; \quad (K_3 \leq 0,8 \%)$$

$\sum r_{i-j}$ – сумма частных резервов сетевого графика.