

**А.Ю. Михайлов**

**ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.  
КАЛЕНДАРНОЕ И СЕТЕВОЕ  
ПЛАНИРОВАНИЕ**

*Учебное пособие*

предназначено для студентов вузов, изучающих курс дисциплин профессионального цикла «Технология и организация строительного производства», «Организация и управление в строительстве» по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Инфра-Инженерия  
Москва-Вологда  
2016

УДК 69.658.(035.5)

ББК 65.9

М 69

### **Рецензенты**

***Вальт А.Б.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет».*

***Коваленко А.Н.**, д.т.н., профессор кафедры проектирования и эксплуатации нефтегазопроводов РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, академик АЭН РФ.*

***Филатов В.Н.**, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР, генеральный директор ЗАО НПО «Элак».*

**Михайлов А.Ю.**

**М 69** Организация строительства. Календарное и сетевое планирование. Учебное пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2016.- 296 с.

ISBN 978-5-9729-0134-0

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения направления 08.03.01 «Строительство» при изучении курса дисциплин профессионального цикла «Технология и организация строительного производства», «Организация и управление в строительстве», выполнении курсового проектирования и подготовке выпускной квалификационной работы. В пособии учтены требования нормативных документов по организации строительства, учебных планов и рабочих программ для студентов.

В учебном пособии содержатся расчёты и методические рекомендации для линейного календарного и сетевого планирования поточной организации строительного производства. Учебное пособие также может быть полезно преподавателям, работникам строительных и проектных организаций, занимающихся вопросами планирования и организации строительства.

© Михайлов А.Ю., автор, 2016  
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0134-0

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
<b>Глава 1. Календарное планирование в строительстве</b>	
1.1. Термины и определения .....	8
1.2. Общие положения об организации строительного производства .....	15
1.3. Нормирование продолжительности строительства .....	28
1.4. Определение задела в строительстве .....	23
1.5. Поточная организация строительства	
1.5.1. Выбор метода организации строительства .....	30
1.5.2. Параметры строительного потока .....	39
1.5.3. Расчет параметров строительного потока без совмещения работ .....	41
1.5.4. Расчет параметров строительного потока с совмещением работ .....	44
1.5.5. Примеры расчета параметров строительных потоков без совмещения работ .....	46
1.5.6. Примеры расчета параметров строительных потоков с совмещением работ .....	60
1.5.7. Оптимизация строительных потоков .....	71
1.5.8. Варианты заданий и контрольные вопросы .....	80
1.6. Определение номенклатуры, объемов работ и потребности в строительных конструкциях и материалов	
1.6.1. Определение номенклатуры работ .....	88
1.6.2. Подсчет объемов земляных работ .....	92
1.6.3. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций ..	105
1.6.4. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из монолитных бетонных и железобетонных конструкций .....	107
1.6.5. Подсчет объемов работ при устройстве свайных фундаментов .....	109
1.6.6. Подсчет объемов работ при устройстве каменной кладки .....	111
1.6.7. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из металлических конструкций .....	115
1.6.8. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из деревянных конструкций .....	117

1.6.9. Подсчет объемов работ при устройстве кровли .....	122
1.6.10. Подсчет объемов работ при устройстве полов .....	123
1.6.11. Подсчет объемов отделочных работ .....	124
1.6.12. Подсчет потребности в строительных конструкциях и материалах .....	129
1.7. Выбор машин и механизмов	
1.7.1. Общие указания к производству работ .....	130
1.7.2. Расчет потребности транспортных средств .....	135
1.7.3. Выбор экскаватора .....	140
1.7.4. Расчет забоя одноковшового экскаватора .....	151
1.7.5. Выбор землеройно-транспортных машин .....	157
1.7.6. Выбор схемы работы землеройно-транспортных машин	163
1.7.7. Выбор свайного оборудования .....	166
1.7.8. Выбор оборудования для водопонижения .....	176
1.7.9. Варианты заданий .....	181
1.8. Организация труда рабочих в строительстве	
1.8.1. Нормирование труда в строительстве .....	185
1.8.2. Калькуляция трудовых затрат .....	194
1.8.3. Бригадная форма организации труда .....	196
1.8.4. Расчет комплексной бригады .....	199
1.8.5. Оплата труда в строительстве .....	208
1.8.6. Календарное планирование .....	212
<b>Глава 2. Сетевое планирование в строительстве</b>	
2.1. Сетевая модель и ее основные элементы .....	217
2.2. Правила построения сетевых графиков .....	222
2.3. Аналитический способ построения сетевого графика ....	225
2.4. Графический способ построения сетевого графика .....	230
2.5. Построение сетевого графика в масштабе времени .....	232
2.6. Матричный способ построения сетевого графика .....	238
2.7. Табличный способ расчета сетевого графика .....	251
2.8. Расчет сетевого графика в MS Excel .....	254
2.9. Задачи метода критического пути .....	259
2.10. Вероятностные характеристики сетевых планов .....	263
2.11. Оптимизация стоимости сетевых проектов .....	270
2.12. Диаграмма Ганта .. .....	276
2.13. Варианты заданий и контрольные вопросы .....	278
Приложение 1. ....	283
Приложение 2. ....	289
Приложение 3. ....	293
Литература .....	295

## ВВЕДЕНИЕ

Основой любого знания является осознание учебной информации. В этой книге обобщен и достаточно полно представлен учебный материал в области линейного планирования и управления строительством.

Если у Вас нет времени изучить весь предлагаемый материал, прочитайте хотя бы только то, что Вам крайне необходимо в данный момент, а затем ... и все остальное.

Общеизвестно, что чем сложнее и значительнее объект строительства, тем сложнее задачи оперативного планирования, контроля и управления. Не требует доказательства тот факт, что сколь-нибудь успешное строительство зданий и сооружений невозможно без предварительной подготовки с целью увязки работ во времени, поставки строительных конструкций и материалов, выбора наиболее рациональной организации труда, машин и механизмов, подбора состава звеньев и бригад, подсчета объемов работ и решения других задач.

В практике строительства одним из основных методов организации строительного производства является поточный метод, предусматривающий совмещение и увязку разнотипных работ во времени и пространстве для достижения высоких технико-экономических показателей.

В процессе планирования строительного производства наиболее широкое распространение получило графическое моделирование в виде: линейных календарных графиков, циклограмм, сетевых графиков и табличных методов.

*Линейные календарные графики* моделирования строительного производства были предложены в конце XIX века Г.Л. Гантом. К его основным достоинствам относится простота построения, наглядность, возможность отображения на графике всего комплекса работ. К недостаткам можно отнести невозможность отображения разбивки общего фронта работ на частные и отсутствие связей между строительными процессами. Поэтому применение календарного плана (графика) не всегда оказывается достаточным для оперативного управления, выбора оптимального варианта продолжительности выполнения работ, использования резерва и корректировке плана в ходе работ. Этими недостатками объясняется возникновение и применение других форм моделей.

*Модели строительного производства в виде циклограмм* были предложены М.С. Будниковым в середине 30-х годов XX века. Циклограмма отображает не только технологическую последовательность и сроки, но и место производства работ. Важнейшими достоинствами циклограмм является возможность отображения частных фронтов и порядка выполнения на них работ, возможность отображения потребности в материально-технических ресурсах на единицу времени и на каждый фронт. Эти преимущества в свое время определяли их очень широкое применение. В настоящее время снижение требовательности к организации и управлению в строительстве привело практически к забвению данной модели.

Применение сетевых моделей управления в значительной степени устраняют недостатки календарного планирования, обеспечивает продуманную детальную организацию работ, создает условия для эффективного руководства.

*Сетевое моделирование* впервые было предложено А.А. Эрасмусом в 1925 году, т.е. еще до разработки циклограмм. Однако массовое распространение оно получило с 1957 года.

В 1956 г. математик М. Уолкер совместно с Д. Келли из отдела планирования капитального строительства фирмы «Ремингтон Рэнд» использовали вычислительную машину Univac для составления планов-графиков крупных комплексов работ при масштабной модернизации заводов фирмы «Дюпон». В результате был создан простой и рациональный метод описания проекта с использованием ЭВМ, названный методом Уолкера-Келли, позже получившего название *метода критического пути* (Critical Path Method). В значительной степени выигрыш во времени образовывался от применения точных математических методов в управлении сложными комплексами работ, или образно говоря, выигрыш во времени образовывался на кончике пера.

Применение сетевой модели в СССР способствовало два обстоятельства. Во-первых, в Советском Союзе другой подобной модели просто не существовало. Во-вторых, начало 60-х годов было временем повышенного внимания к опыту ведущих капиталистических держав на правительственном уровне. В СССР пристально следили за всеми ноу-хау в передовых странах, особенно в США, потому что целью экономических реформ было догнать и перегнать Америку по уровню дохода на душу населения.

В нашей стране по сетевым графикам осуществлено строительство таких крупных объектов, как Бухтарминская ГРЭС, ТЭЦ в Ли-

сичанске, автомобильные комплексы в Тольятти, Набережных Челнах и многие другие объекты.

В основе советского сетевого графика лежало горизонтальное управление с вертикальным контролем и стратегическим управлением сверху при критических ситуациях – корректировке планов, при недофинансировании, выходе из графика и других ситуациях. Роль, которая отводилась советскому сетевому графику – сократить время производственных процессов, объединить и ускорить слияние науки с производством, подчинить единому сетевому контролю управление народнохозяйственным комплексом была успешно выполнена в 8-й пятилетке. К середине 70-х годов XX столетия сетевой график стал терять свою значимость и актуальность для слияния науки с производством, делегировав свои функции (контроля, планирования и управления) административно-бюрократическому аппарату.

В настоящее время сетевое планирование переживает свое второе рождение.

Значительный вклад в процесс совершенствования моделей управления строительным производством внесли отечественные ученые: А.В. Афанасьев, В.С. Гусаков, В.Г. Драпенко и др.

Автор искренне надеется, что освоив данный учебный материал, Вы станете вполне технически грамотными, организованными и ответственными специалистами в области планирования и управления не только в строительстве, но и повседневной жизни.

# ГЛАВА 1. КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

## 1.1. Термины и определения

*Строительство* – отрасль материального производства, продукцией которого являются законченные и подготовленные к эксплуатации жилые и общественные здания, производственные предприятия, инженерные сооружения и другие объекты.

*Задачи строительства* – обеспечение производства основных фондов при эффективном использовании ресурсов.

*Организация* – упорядоченность, согласованность и взаимодействие отдельных частей целого.

*Организация строительства* – взаимосвязанная система подготовки к строительству, установление очередности, сроков выполнения работ, обеспечение эффективности и качества строительной продукции.

*Задачи организации строительства* – обеспечение направленности организационных, материально-технических ресурсов и технологических решений на достижение конечной цели строительного производства.

*Строительное производство* – взаимосвязанная система подготовки отдельных видов работ, обеспечение очередности и сроков их выполнения, снабжение материально-техническими ресурсами и контроль качества.

*Новое строительство* – возведение комплекса объектов основного, подсобного и вспомогательного назначения вновь создаваемых предприятий, зданий и сооружений. При строительстве объектов по очередям, к новому строительству относят первую и последующие очереди до ввода в эксплуатацию всех запланированных мощностей. К новому строительству относится так же строительство на новой площадке предприятия такой же или большей мощности взамен ликвидируемого, дальнейшая эксплуатация которого признана не целесообразной по техническим или экономическим условиям.

*Техническое перевооружение* – комплекс мероприятий, направленный на повышение технико-экономических показателей отдельных производств, цехов или участков на основе внедрения передовых технологий или оборудования, совершенствования системы управления и организации производства.

*Реконструкция* – перестройка здания для улучшения его функционирования или использования по новому назначению.

*Ремонт* – комплекс строительно-монтажных работ по полному или частичному устранению имеющихся повреждений.

*Очередь строительства* – совокупность объектов или их частей, которые обеспечивают выпуск готовой продукции, предусмотренной проектом строительства или реконструкции предприятия (объекта).

*Пусковой комплекс* – группа зданий и сооружений, являющаяся частью строящегося или реконструируемого предприятия, жилого комплекса, объектов транспорта и т.п., ввод в эксплуатацию которых обеспечит выпуск определенной продукции, заселение, улучшение транспортного обеспечения предусмотренных проектом.

*Градостроительный комплекс* – часть микрорайона, состоящая из группы жилых домов, административных зданий, объектов социального, культурно-бытового назначения, сооружений инженерной инфраструктуры и благоустройства, предназначенных обеспечить комфортные условия для проживания населения.

*Управление* – процесс целенаправленного воздействия управляющей подсистемы (органа управления) на управляемую подсистему (объект управления) для обеспечения эффективного функционирования и развития.

*Управляющая подсистема* – субъект управления, элемент в системе управления, воздействующий на другие элементы. Субъект управления в зависимости от целей исследования может рассматриваться и как объект управления для вышестоящего звена.

*Управляемая подсистема* – объект управления, воспринимающая управляющие воздействия со стороны органа управления (управляющей подсистемы).

*Планирование* – функция управления, представляющая собой процесс разработки планов, включающих определение показателей деятельности организации, при условии наличия ограничений по ресурсам и по времени.

*План* – комплекс заданий, объединенных общей целью, которые необходимо выполнить в определенной последовательности и в установленные сроки.

*Эффект* – результат деятельности и следствие каких-либо причин в достижении поставленной цели.

*Эффективность* – результат, характеризующий степень использования ресурсов для достижения поставленной цели.

Строительные организации по виду собственности подразделяются на две группы: государственные и частные. К государственным строительным организациям относятся те, которые принадлежат государству или в уставном капитале которых оно принимает участие. К частным строительным организациям относятся: акционерные общества (открытые и закрытые) и неакционерные строительные организации (товарищества или общества с ограниченной, полной или смешанной ответственностью).

*Акционерное общество* – объединение капитала нескольких граждан или юридических лиц для совместной хозяйственной деятельности. Акционерные общества открытого типа (ОАО) свой капитал формируют за счет продажи акций в форме открытой подписки, получения доходов, внесения основных средств и других источников. В закрытом акционерном обществе (ЗАО) капитал образуется только за счет вкладов данного коллектива и контролируется ограниченным кругом лиц.

*Товарищество или общество с ограниченной ответственностью* - объединение лиц для совместной хозяйственной деятельности. Основным отличием этой организационно-правовой формы заключается в том, что участники несут ответственность по обязательствам товарищества или общества только долей своего вклада.

*Полное товарищество или общество с полной ответственностью* – объединение нескольких физических лиц для совместной хозяйственной деятельности. Участники товарищества или общества несут ответственность по обязательствам данной организации всем своим имуществом.

*Смешанные товарищества или общества* (товарищества или общества со смешанной ответственностью) – объединение нескольких физических лиц для совместной хозяйственной деятельности. Его участники подразделяются на две группы: действительные члены общества, несущие полную ответственность по обязательствам организации; члены - вкладчики или ассоциативные члены, которые несут ответственность по обязательствам данной организации в пределах своих вкладов.

*Ассоциация (Союз)* - одна из организационно-правовых форм некоммерческих организаций, являющаяся добровольным объединением юридических лиц.

*Кооператив* – основанное на членстве объединение людей и организаций, созданное для достижения общих экономических и социальных целей, связанных с удовлетворением материальных или

иных потребностей членов, внесших долю (пай) в созданный фонд. Члены кооператива признают участие в рисках и в результатах деятельности организации, участвуют в ее функционировании в качестве пайщиков.

*Концерн* – финансово-промышленная группа компаний. Для концерна типичным является сохранение юридической и хозяйственной самостоятельности его участников, но с учетом координации со стороны доминирующих финансовых структур. Основным преимуществом концернов является концентрация финансовых и материальных ресурсов.

*Консорциум* – организационная форма временного объединения независимых предприятий и организаций с целью координации их предпринимательской деятельности. Консорциум может создаваться для осуществления крупного капиталоемкого проекта или для совместного размещения займа. В международной практике консорциумы создаются для совместной борьбы за получение заказов. Внутри консорциума роли распределяются таким образом, чтобы каждый участник работал в той сфере деятельности, где он достиг наивысшего технического уровня при наименьших издержках производства. Действия участников координируются лидером. Каждый участник готовит предложение в рамках своей доли, из которых формируется общее предложение консорциума. Консорциум несет солидарную ответственность перед заказчиком.

Участники консорциума сохраняют свою полную хозяйственную самостоятельность и могут входить в состав любых других добровольных организаций. Консорциум создает единые финансовые и материальные фонды за счет взносов участников.

*Холдинг* – конгломерат материнской компании и контролируемых ею дочерних компаний. Помимо простых холдингов, представляющих собой одно материнское общество и одно либо несколько контролируемых им дочерних предприятий, существуют и более сложные холдинговые структуры, в которых дочерние общества сами выступают в качестве материнских компаний по отношению к другим. Контроль материнской компании за своими дочерними предприятиями осуществляется посредством доминирующего участия в их уставном капитале, так и посредством определения их хозяйственной деятельности, либо иным образом.

В условиях рыночных отношений, хозяйственные связи между предприятиями, учреждениями и организациями различных форм

собственности осуществляются на основе исполнения между ними договорных обязательств по выполнению различных видов работ и оказанию услуг. К таким услугам относятся: поставка товаров; перевозка грузов; аренда помещений; выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ; строительство объектов и их капитальный и текущий ремонты, производство товаров, продукции и многое другое.

Строительный подряд может включать строительство или реконструкцию предприятия, жилого дома или другого здания, сооружения или иного объекта, а также неразрывно связанные со строящимся объектом работы: монтажные, пусконаладочные и др. (п. 2 ст. 740 ГК РФ). Строительный подряд осуществляется на основании договора. Основными видами договоров (контрактов) являются: договор поставки; договор подряда и договор аренды.

*Договор поставок* содержит обязательства поставщика передать товар в обусловленный срок в собственность покупателя, а последний обязуется принять товар и уплатить за него определенную сумму.

*Договор аренды* представляет собой соглашение между собственником имущества, сдающим его в аренду (арендодателем), и лицом, берущим это имущество в аренду (арендатором). Такой договор содержит описание состава и указание стоимости арендуемого объекта, размер арендной платы, распределение обязанностей договаривающихся сторон по ремонту и восстановлению арендуемого имущества, обязанности арендатора по сохранению и возвращению имущества и условия его возможного выкупа.

*Договор подряда* является правовым документом, регламентирующим организационно-экономические отношения между заказчиком и подрядным строительным предприятием. Договор подряда заключается заказчиком на строительство зданий и сооружений либо на выполнение монтажных, пусконаладочных и других видов работ. Для выполнения специальных видов работ (сантехнических, электромонтажных, по монтажу технологического оборудования и др.) подрядчик заключает договоры субподряда со специализированными организациями.

Договоры подряда различаются по способу установления договорной цены и характеру взаимоотношений участников строительства. *Договоры первого типа могут быть с твердой ценой и с возмещением издержек.*

*Договор с твердой ценой* применяется, когда на момент его заключения проектная документация тщательно разработана, и заказчик может выплатить подрядчику заранее определенную сумму. Данный тип договора связан с большой долей риска для подрядчика, так как любые отклонения от условий, указанных в договоре, приведут к изменению затрат.

*Договор с возмещением издержек* предполагает возмещение подрядчику затрат, которые положениями контракта отнесены к возмещаемым. Возмещение может производиться не по всем затратам, а только по тем из них, которые согласно положениям контракта относятся к возмещаемым. Этот тип контракта позволяет начать строительство объекта еще до того, как подготовлена вся проектно-сметная документация, в которую вносятся возникающие в процессе строительства изменения.

Наиболее распространенные виды контрактов с возмещением издержек следующие: контракт с фиксированной ценой единицы продукции; контракт с ценой, равной фактическим затратам, и фиксированным процентом от затрат (постоянная относительная прибыль); контракт с ценой, равной фактическим затратам, и фиксированной доплатой (постоянная абсолютная прибыль); контракт с ценой, равной фактическим затратам, и переменным процентом (переменная относительная прибыль); контракт с определением цены по окончательным фактическим затратам; контракт с гарантированными максимальными выплатами.

Контракты с возмещением издержек принимаются в следующих случаях: если проект недостаточно разработан для того, чтобы определить его твердую цену (как правило, это происходит при неполной готовности проектно-сметной документации); при реализации крупного проекта, когда заказчик хочет осуществлять оперативный контроль за ходом выполнения работ; когда заказчик собирается осуществлять более жесткий контроль за выбором поставщиков и субподрядчиков; если особенности проекта, в том числе его цена, не дают заинтересованности подрядчику в принятии на себя дополнительного риска.

Широко используются *договоры с гарантированными максимальными выплатами затрат* в размерах, не превышающих фиксированный предельный уровень цены объекта. Этот вид договоров применяется при значительной неопределенности размера непредвиденных затрат, а также когда подрядчик согласен на выполнение

договора по максимальной, но приемлемой для заказчика цене при осуществлении последним контроля за ходом строительства.

В практике строительства встречаются *договоры с фиксированной ценой единицы объема работ*. В этом случае, чтобы заинтересовать подрядчика в получении прибыли, резерв средств на покрытие непредвиденных расходов может учитываться на уровне цены единицы объема работ.

Часто заключаются *договоры на строительство объектов «под ключ»*. В этом случае заказчик полностью или частично освобождается от обязательств по обеспечению участников строительства проектно-сметной документацией и по поставкам оборудования. Эти функции принимает на себя подрядчик, а заказчик представляет подрядчику проект или технико-экономический расчет, передает фонды на оборудование, принимает участие в пусконаладочных работах, совместно с подрядчиком сдает законченные строительством объекты государственной приемочной комиссии.

Федеральный закон от 20 апреля 2007 г. № 53-ФЗ изменил понятие «начальная цена контракта» на «начальная максимальная цена контракта» и установил, что «Цена государственного или муниципального контракта является твердой и не может изменяться в ходе его исполнения, за исключением случаев, установленных частью 6 Закона».

*Начальная максимальная цена контракта* свидетельствует о том, что цена контракта не может превышать начальную цену, установленную заказчиком. В случае, если по окончании срока подачи заявок на участие в конкурсе подана только одна заявка, государственный или муниципальный контракт заключается с участником размещения заказа, подавшим указанную заявку, на условиях и по цене контракта, которые предусмотрены заявкой на участие в конкурсе и конкурсной документацией. Участник размещения заказа, подавший заявку, не вправе отказаться от заключения государственного или муниципального контракта.

## 1.2. Общие положения об организации строительного производства

Строительство зданий и сооружений должно выполняться на научной организации труда, главными задачами которой являются – сокращение сроков строительства, снижение затрат трудовых и финансовых ресурсов при высоком качестве готовой продукции.

Реализация таких задач может быть обеспечена только при основательной инженерной подготовке на подготовительном этапе строительства объекта. Основой подготовки к строительному производству является разработка проекта производства работ (ППР). В соответствии с требованиями СП 48.13.330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» и Положения «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утверждённых Постановлением Правительства РФ № 87 от 16 февраля 2008 г.

К организационно-технологической документации относятся проект организации строительства (ПОС), проект производства работ (ППР), а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительства и технологии производства работ, оформленные, утвержденные и зарегистрированные в соответствии с правилами, действующими в организациях, разрабатывающих, утверждающих и согласующих эти документы.

Проект организации строительства разрабатывает проектная организация, осуществляющая подготовку проектной документации, утверждаемой заказчиком и передаваемой подрядчику.

Для несложных объектов проект организации строительства разрабатывается в сокращенном варианте, обычно содержащего: календарный план строительства; ведомость объемов строительно-монтажных работ; ведомость потребности в материалах и строительных машинах; строительный генеральный план; краткая пояснительная записка.

Традиционно проект организации строительства разрабатывается после окончания архитектурно-строительного проектирования и подсчета объемов работ. Тем самым нарушается увязка архитектурно-строительного проектирования с решением задач строительного производства, что приводит к неминуемым дополнительным затратам ресурсов и увеличению продолжительности строительства.

Лучшей увязке архитектурно-строительных решений с проектом организации строительства способствует параллельное решение следующих задач:

- разработка планировочных решений – выбор рационального варианта разрезки здания на строительные-технологические блоки;
- разработка оптимизации генплана – определение оптимальной продолжительности строительства, распределения капитальных вложений и составлении ситуационного плана строительства;
- разработка объемно-конструктивных решений объекта, технологических схем строительства, определения объемов работ и потребности в материально-технических ресурсах.

Проект производства работ, а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительства и технологии производства, разрабатывается лицом, осуществляющим строительство, или по договору лицом, имеющим выданное саморегулируемой организацией свидетельство о допуске к таким видам работам.

При разработке проекта организации строительства должны учитываться прогрессивные методы и способы ведения строительного производства, в том числе:

- применение деталей и узлов заводского изготовления;
- сокращение ручного труда путем механизации;
- применение эффективных технологических решений, обеспечивающих сокращение трудовых затрат и надлежащий уровень качества строительных работ;
- максимальное использование инвентарной технологической оснастки и современного инструмента и оборудования;
- применение сетевых моделей, диспетчеризации, вычислительной техники для управления строительным производством;
- организация комплектных поставок материалов и изделий на секцию, этаж, квартиру и т.д.;
- учет особенностей климатических, геологических, гидрологических и иных условий района строительства;
- выполнение до начала основного цикла работ всего комплекса подготовительных работ;
- организация на объекте капитального строительства потока с совмещением во времени смежных технологических процессов и равномерного использования материально-технических ресурсов.

Проект производства работ (ППР) должен разрабатываться при строительстве: на городской территории; на территории действующего предприятия; в сложных природных и геологических условиях;

технически сложных объектов по требованию органа, выдающего разрешение на строительство или на выполнение строительно-монтажных и специальных работ. В остальных случаях ППР может не разрабатываться, тогда решения по технике безопасности оформляются в виде отдельного документа.

В составе ППР обычно разрабатываются следующие основные организационно-технологические документы: календарный план на основной (подготовительный) период строительства объекта; графики потребности строительных конструкций, оборудования и материалов; строительный генеральный план; пояснительная записка с необходимыми расчетами.

В минимальный состав ППР на строительство объекта в целом включаются: строительный генеральный план (СГП), решения по технике безопасности в составе, определенном СНиП 12-03-99 и иных документов, обеспечивающих безопасность при производстве работ.

ППР может разрабатываться на строительство объекта в целом, отдельной его части, элемента, а также на выполнение отдельных видов работ.

Для промышленных объектов обычно принимают четыре этапа строительно-монтажных работ:

- 1-й этап, подготовительные работы;
- 2-й этап, работы нулевого цикла;
- 3-й этап, монтаж каркаса здания и отделочные работы;
- 4-й этап, монтаж инженерных коммуникаций и оборудования.

Возведение жилых зданий, спроектированных по индивидуальным проектам, производится в три этапа:

- 1-й этап, подготовительные работы и устройство нулевого цикла, включая прокладку инженерных коммуникаций;
- 2-й этап, возведение надземной части;
- 3-й этап, монтаж специального оборудования.

При возведении жилых зданий по типовым проектам, а также зданий и сооружений административно-хозяйственного назначения, работы планируется осуществлять в два этапа:

- 1-й этап, подготовительные работы и устройство нулевого цикла, включая прокладку инженерных коммуникаций;
- 2-й этап, возведение надземной части.

### 1.3. Нормирование продолжительности строительства

Характеристика объекта строительства должна включать:

- сведения о природно-климатических, гидрологических, геологических, экологических, эпидемиологических и других условиях выбранного участка под строительство; сведения о транспортной обеспеченности, наличии источников энергетических ресурсов, обеспеченности трудовыми ресурсами (Приложение 1);

- сведения о возводимом здании или сооружении, его размерах, принципиальных конструктивных решениях, числе пролетов, этажей, секций, температурных швах, шаге колонн, длин ферм, балок и других конструктивных элементах;

- сроки строительства здания или сооружения (директивные) согласно СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».

Продолжительность строительства определяется по календарному плану (календарным графикам) строительства в составе проекта организации строительства (ПОС).

Продолжительность строительства может быть задана заказчиком директивными сроками, подсчитана в одном из разделов технико-экономического обоснования (ТЭО) или технико-экономического расчета (ТЭР).

При отсутствии исходных данных для определения продолжительности на основе построения календарного плана строительства используют исходные данные по объектам-аналогам, имеющим сходные объемно-планировочные и конструктивные решения, близкие объемы, площади, мощности и т.п., сметную стоимость работ или по СНиП 1.04.03-85\*.

Для особых условий строительства в Москве используются «Региональные нормы продолжительности строительства зданий и сооружений в городе Москве».

Подготовительный период исчисляется от начала работ на строительной площадке до начала работ по возведению зданий и сооружений основного назначения и включает внеплощадочные и внутриплощадочные работы.

К внеплощадочным работам относятся: строительство подъездных путей к площадке строительства, водопроводных сетей с заборными сооружениями, линий электропередачи, канализационных коллекторов и т.п.

К внутриплощадочным работам относятся: снос ветхих и непригодных зданий и сооружений, расчистка и планировка строительной площадки, прокладка (перекладка) инженерных сетей электроснабжения, водоснабжения, канализации, устройство временных складов, размещение и установка временных бытовых помещений для рабочих.

Продолжительность работ подготовительного периода, как правило, не превышает 16 – 19 % продолжительности основного периода строительства.

Работы основного периода строительства начинаются после завершения в полном объеме подготовительных работ.

Продолжительность строительства по таблицам определяется в месяцах от даты начала до даты окончания строительства. Даты оформляются актами, составленными заказчиком и подрядчиком.

Значения продолжительности строительства, указанные в таблицах, являются максимально допустимыми значениями продолжительности строительства в целом, а также его этапов. Строительно-монтажные работы выполняются основными машинами в две смены, а остальные работы – в среднем в 1,5 смены. При выполнении всех работ в две смены или в три смены продолжительность строительства сокращается введением коэффициентов, соответственно, 0,9 и 0,8.

Нормами учтено строительство зданий на ленточных фундаментах и с техническим подпольем. Продолжительность строительства зданий на свайных фундаментах увеличивается из расчета 10 рабочих дней на каждые 100 свай.

Продолжительность строительства здания с подвалом устанавливается в соответствии с настоящим разделом норм по сумме общей площади жилой части здания и 50% площади подвала.

Продолжительность строительства подземной и надземной частей здания установлена для типовых домов и домов массового применения, не имеющих встроенных и пристроенных нежилых помещений, при условии двухсменной работы одного монтажного крана для зданий до четырех секций и двух монтажных кранов для здания свыше четырех секций.

Продолжительность строительства для зданий сложной конфигурации в случаях, требующих дополнительной установки башенного крана, увеличивается на 15 рабочих дней.

Продолжительность строительства жилого здания с пристроенными предприятиями обслуживания определяется отдельно по жилой и пристроенным частям.

Продолжительность строительства жилого здания со встроенными помещениями предприятий обслуживания определяется по данному разделу норм с прибавлением на каждые 100 м<sup>2</sup> общей площади встроенных помещений 0,5 месяца.

Продолжительность строительства объектов, характеристика которых отличается от табличных данных, определяется по интерполяции и экстраполяции.

Интерполяция применяется, если значение характеристики объекта находится внутри значений, приведенных в таблице. Экстраполяция применяется, если значение характеристики объекта находится вне значений, приведенных в таблице.

Значение характеристики при экстраполяции не должно быть больше удвоенного максимального или половины минимального значений, приведенных в таблице. На каждый процент изменения характеристики строящегося объекта продолжительность строительства изменяется на 0,3 %.

При определении нормативной продолжительности строительства необходимо учитывать местные условия, применяя поправочные коэффициенты (табл.1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Поправочные коэффициенты к нормам продолжительности строительства

Область РФ		Поправочный коэффициент
Для первых двух лет строительства	Магаданская область (за исключением Чукотского автономного округа)	1,6
	Якутия (южнее 60-й параллели)	1,4
	Хабаровский край (за исключением городов Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Советская Гавань); Амурская область; Приморский край (за исключением городов Владивосток, Находка); Читинская область (за исключением г. Читы)	1,2
Для последующих лет строительства в перечисленных районах		1,1

*Пример1:* Выполнить нормирование продолжительности строительства 12 этажного двух секционного монолитного жилого дома на свайных фундаментах (500 шт.) со встроенными помещениями общей площадью 9377,8 м<sup>2</sup>. Площадь встроенных помещений подвального типа равна 1475,2 м<sup>2</sup>. Район строительства – город Калининград (методом интерполяции).

*Решение:*

- согласно п.9 общих положений СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» принимается метод линейной интерполяции. Нормы продолжительности строительства могут быть определены для общих площадей 8000 м<sup>2</sup> и 12000 м<sup>2</sup> из расчета 13 и 17 месяцев соответственно.

Продолжительность строительства на единицу прироста общей площади равна:

$$\frac{17 - 13}{12000 - 8000} = 0,0001 \text{мес}$$

Прирост общей площади равен  $9377,8 - 8000 = 1377,8 \text{ м}^2$ . Тогда продолжительность строительства с учетом интерполяции будет равна:

$$T_1 = 0,0001 \cdot 1377,8 + 13 = 14,4 \text{мес}$$

- продолжительность строительства жилого здания со встроенными помещениями предприятий обслуживания определяется по данному разделу норм (п.8) с прибавлением на каждые 100 м<sup>2</sup> общей площади встроенных помещений 0,5 месяца.

$$T_2 = \frac{737,6 \cdot 0,5}{100} = 3,7 \text{мес}$$

Где 737,6 м<sup>2</sup> – 50% от общей площади встроенных помещений.

- Продолжительность строительства здания на свайных фундаментах увеличивается из расчета 10 рабочих дней на каждые 100 свай. Увеличение срока строительства с учетом свайных фундаментов составит:

$$T_3 = \frac{500 \cdot 10}{100} = 50 \text{дней} \approx 1,7 \text{мес}$$

Общая продолжительность строительства составит:

$$T_{об} = T_1 + T_2 + T_3 = 14,4 + 3,7 + 1,7 = 19,8 \approx 20 \text{мес}$$

Подготовительный период составит 1 месяц, основной период возведения здания – 19 месяцев.

Пример 2: Определить нормативную продолжительность строительства завода по производству древесно-стружечных плит мощностью 160 тыс. м<sup>3</sup> плит в год. Район строительства Хабаровский край (методом экстраполяция).

Т а б л и ц а 1.2

Выборка из таблицы нормативных сроков строительства промышленных объектов

Наименование объекта	Характеристика	Нормы продолжительности строительства, мес			
		Общая	Подготовительный период	Передача оборудования	Монтаж оборудования
Завод древесно-стружчатых плит	В составе: участка переработки сырья, участка сушки, производственного корпуса, объектов производственного назначения, внешних сетей и коммуникации. Мощностью 30 тыс. м <sup>3</sup> плит в год	24	3	12–20	$\frac{9}{14-22}$
	Мощностью 100 тыс. м <sup>3</sup> плит в год	38	6	12–20	$\frac{16}{21-31}$

Решение:

- увеличение мощности проектируемого предприятия в сравнении с нормируемой составляет  $160-100 = 60$  тыс. м<sup>3</sup> плит в год, что соответствует 60%;

- увеличение нормы продолжительности строительства составит  $60 \cdot 0,3 = 18\%$ , или  $0,18 \cdot 38 = 6,84$  мес  $\approx 7$  мес.

- нормативная продолжительность строительства составит:

$$T_n = 38 + 7 = 45 \text{ мес}$$

- общая продолжительность строительства с учетом районного коэффициента составит:

$$T_{\text{общ}} = k \cdot T_n = 1,2 \cdot 45 = 54 \text{ мес}$$

Окончательно принимаем продолжительность строительства 54 мес.

## 1.4. Определение задела в строительстве

*Задел в строительстве* – это объем работ, который должен быть выполнен к началу (концу) планируемого периода (обычно планового года) на переходящих объектах. Задел может измеряться в процентах от общего объема работ, сметной стоимости, стоимости строительно-монтажных работ, физических объемах работ ( $m^2$  жилой или полезной площади).

В настоящее время планированию задела в строительстве уделяется недостаточно внимания. Это объясняется существующими проблемами финансирования и в какой-то степени непониманием важности планирования размеров задела. Руководители строительных организаций, прежде всего, озабочены состоянием текущих дел, полагая, что проблемы необходимо решать по мере их появления. Задел же необходим для обеспечения ритмичной работы строительной организации в течение года, снижения себестоимости строительства и своевременного ввода объектов в эксплуатацию.

Задел в жилищном строительстве рассчитывается по СНиП 1.05.03-87 «Нормы задела в жилищном строительстве с учетом комплексной застройки».

В соответствии с СН 411-81 «Нормативы задела в строительстве по отраслям народного хозяйства» в качестве нормируемых показателей задела при строительстве жилых домов могут приниматься:

- показатель задела по капитальным вложениям;
- показатель задела по общей площади;
- показатель готовности строительного задела;
- показатель завершения строительства.

Задел по капитальным вложениям на начало планируемого периода их ввода в эксплуатацию определяется как:

$$П_{зс} = \frac{\kappa_1 B_1 + \kappa_2 B_2 + \dots + \kappa_i B_i}{100}$$

где  $B_1, B_2, \dots, B_i$  – общая площадь домов, вводимая в эксплуатацию в  $1, 2, \dots, i$  квартале, исчисляемом от начала планируемого периода, % объема;  $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_i$  – нормативный показатель готовности группы заделных домов в зависимости от ввода в эксплуатацию по кварталам планируемого периода, в процентах, принимаемый по табл.3 СНиП 1.05.03-87 или по диаграмме рис. 1.1.

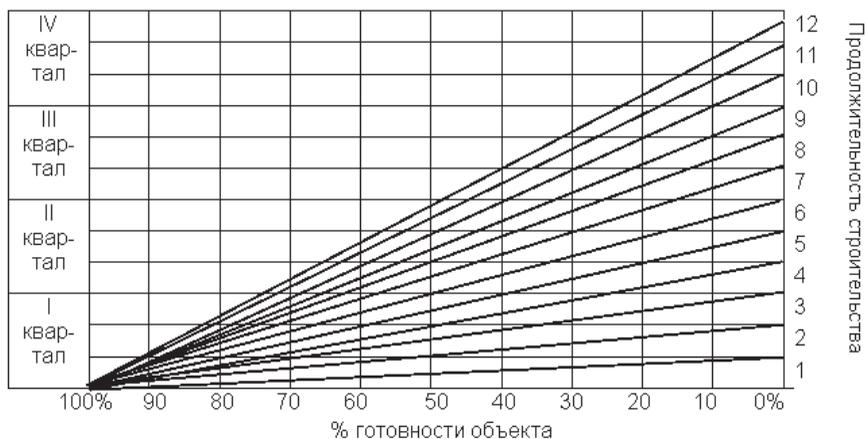


Рис. 1.1. Диаграмма нормативных показателей готовности

К норме задела по капитальным вложениям применяются коэффициенты для учета затрат на заблаговременное проведение работ по подготовке территории и выполнение самостоятельным потоком работ нулевого цикла с разрывом во времени от строительства подземной части зданий.

Т а б л и ц а 1.3

Поправочные коэффициенты к норме задела по капвложениям

Продолжительность строительства одного дома, мес	При заблаговременном выполнении работ		
	По инженерной подготовке территории и нулевым циклам строительства зданий	По инженерной подготовке территории	По нулевым циклам строительства
3-4	1,22	1,16	1,06
4,5-6	1,15	1,08	1,04
6,5-9	1,08	1,05	1,03
9,5-12	1,04	1,03	1,01

Задел по общей площади при равномерном вводе жилых домов в планируемом периоде определяется по формуле:

$$П_{зм} = \frac{З_{м}}{М} 100\%$$

при неравномерном вводе, по формуле:

$$\Pi_{3M} = \frac{\sum M_1 + \sum M_2 + \dots + \sum M_{t-1}}{M} 100\%$$

где  $Z_M$  – общая площадь жилых домов, которые должны находиться в строительстве на начало планируемого периода, м<sup>2</sup>;

$M$  – общая площадь жилых домов, предусмотренная к вводу в действие в первом году планируемого периода;

$\sum M$  – общая площадь жилых домов, подлежащих вводу в эксплуатацию в течение 1, 2, 3, и т.д. месяце планируемого года м<sup>2</sup>. Готовность строительного задела на начало планируемого периода определяется по формуле:

$$\Pi_{3z} = \frac{Z_i}{C_3} 100\%$$

где  $Z_i$  – объем капитальных вложений, который должен быть выполнен с начала строительства задельных объектов до начала планируемого периода, тыс.р.;

$C_3$  – сметная стоимость задельных объектов, тыс.р.

*Пример 1:* Определить норму задела по капитальным вложениям и по площади при строительстве семи 9 – этажных кирпичных зданий, общей площадью 28000 м<sup>2</sup> и стоимостью – 840 млн р. Нормативный срок строительства одного здания 12 мес. Ввод в эксплуатацию планируется: в I квартале – 15 %, во II квартале – 30 %, в III квартале – 30 %, в IV квартале – 25 %.

*Решение:*

Для определения нормативной готовности домов по кварталам ( $K_i$ ) воспользуемся диаграммой рис. 1.2. Дата ввода домов в эксплуатацию намечается на середину каждого квартала.

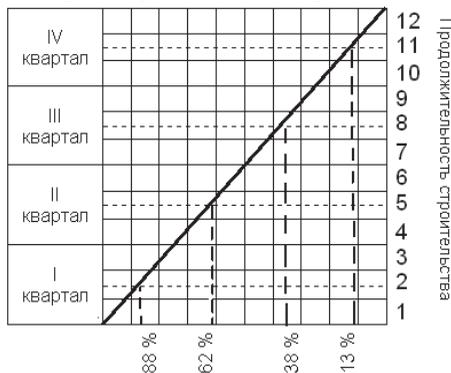


Рис. 1.2. Диаграмма нормативных показателей готовности

Из диаграммы следует, что  $K_1=88\%$  (88% процента работ по этому объекту должно быть выполнено к началу планируемого года чтобы обеспечить ввод объекта в I квартале),  $K_2=62\%$ ,  $K_3=38\%$ ,  $K_4=13\%$ . Задел по капитальным вложениям на начало планируемого периода при заданном варианте их ввода в действие в планируемом периоде составит:

$$\Pi_{\text{зс}} = \frac{\kappa_1 B_1 + \kappa_2 B_2 + \dots + \kappa_i B_i}{100} = \frac{15 \cdot 88 + 30 \cdot 62 + 30 \cdot 38 + 25 \cdot 13}{100} = 47\%$$

В денежном выражении задел составит

$$0,47 \cdot (7 \cdot 120) = 394,8 \text{ млн. р.}$$

Поквартально, число домов, сдаваемых в эксплуатацию, будет равно:

- 1-й квартал –  $0,15 \cdot 7 = 1$  шт. общей площадью  $4000 \text{ м}^2$ ,
- 2-й квартал –  $0,30 \cdot 7 = 2$  шт. общей площадью  $8000 \text{ м}^2$ ,
- 3-й квартал –  $0,30 \cdot 7 = 2$  шт. общей площадью  $8000 \text{ м}^2$ ,
- 4-й квартал –  $0,25 \cdot 7 = 2$  шт. общей площадью  $8000 \text{ м}^2$ .

С учетом нормы задела разрабатывается календарный план строительства комплекса объектов (рис.1.3).

Дом	Задельный период												Планируемый период											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								

Рис. 1.3. Календарный план строительства с учетом задела

Если возведение комплекса из 7 жилых домов начать одновременно в январе (без обеспечения задела в предыдущем году), то, естественно, поквартальный план сдачи в эксплуатацию будет нарушен (рис. 1.4 а). На рис. 1.4 б показана ситуация, при которой соблюдается план ввода объектов в эксплуатацию. Для домов № 1, 2, 3 в реальных условиях производства работ этот план невыполним. Для домов № 4, 5, 6, 7 сдача объектов возможна только в случае повышенной интенсификации СМР. С позиции организации работ этот график строительства нежелателен еще и потому, что одновременно необходимо выполнять одноименные работы на нескольких объек-

тах, что характеризуется максимальной потребностью в людских и материально-технических ресурсах.



Рис. 1.4. Календарный план строительства при отсутствии задела:  
 а – с соблюдением нормативных сроков строительства;  
 б – с соблюдением графика ввода объектов

Чрезмерное увеличение задела приводит к завышению сроков строительства, а значит и к росту незавершенности строительства.



Рис. 1.5. Календарный план строительства при излишнем заделе

В СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» приводятся значения показателей  $K_n$ ,  $B_n$ ,  $Z_n$ , по кварталам:

где  $K_n$  – степень готовности строительства объекта;

$B_n$  – стоимость основных фондов по вводимым очередям, пусковым комплексам (промежуточный ввод);

$Z_n$  – задел по объему капиталовложений и СМР. В числителе норм приводятся с нарастающим итогом распределение объемов капитальных вложений, в знаменателе – СМР.

Степень готовности объекта на конец года (квартала) определяется:

$$K_n = \frac{C_{кв}}{C_{общ}}$$

где  $C_{кв}$  – сметная стоимость строительства (стоимость СМР), которая должна быть освоена по данному объекту с начала строительства до конца рассматриваемого периода;

$C_{общ}$  – полная стоимость строительства (стоимость СМР).

Стоимость основных фондов по вводимым очередям, пусковым комплексам (промежуточный ввод) определяется:

$$B_n = \frac{C_{осф}}{C_{общ}} 100\%$$

где  $C_{осф}$  – стоимость основных фондов по вводимым пусковым комплексам и очередям.

Задел по объему капиталовложений рассчитывается по формуле:

$$З_n = K_n - B_n$$

Размер задела по объему выполненных работ определяется по формуле:

$$З_{з.см} = \frac{K_n - B_n}{1 - B_n} 100\%$$

*Пример 2.* Определить показатели задела по капиталовложениям для завода древесно-стружечных плит, мощностью 160 тыс.м<sup>3</sup> плит в год, сметной стоимостью 947 млн руб. Промежуточный ввод в действие очередей завода ( $B_n$ ) в соответствии с календарным планом строительства, в первый год составит 58%.

*Решение*

Задел по капиталовложениям для  $i$ -го месяца рассчитывается по формуле:

$$K_n^i = K_{n-1} + (K_n - K_{n-1}) \cdot d$$

где  $K_n, K_{n+1}$  – показатели задела по капиталовложениям для продолжительности строительства, принятой по СНиП 1.04.03-85\* для порядкового номера ( $i$ ) квартала, соответствующего целому числу в коэффициенте  $d$ ;

$d$  – коэффициент, равный дробной части в коэффициенте  $d$ .

$$\delta = \frac{T \cdot n}{T_n \cdot a}$$

где  $T$  – продолжительность строительства завода по норме (38 мес.);

$T_n$  – продолжительность строительства завода расчетная (45 мес.).

$n$  – количество кварталов, соответствующее его порядковому номеру (всего 15 кварталов).

Расчет  $\delta$  и  $d$  сведен в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4.

Расчетные значения  $\delta$  и  $d$

Квартал	$\delta$	$d$	Квартал	$\delta$	$d$	Квартал	$\delta$	$d$
1	0,84	0,84	6	5,07	0,07	11	9,29	0,29
2	1,69	0,69	7	5,91	0,91	12	10,13	0,13
3	2,53	0,53	8	6,76	0,76	13	10,98	0,98
4	3,36	0,36	9	7,60	0,60	14	11,82	0,82
5	4,22	0,22	10	8,44	0,44	15	12,67	0,67

Для кварталов, когда меняется динамика  $d$  (в расчетном примере 7 и 13 кварталы) исходные параметры  $K_n$ ,  $K_{n-1}$  сдвигаются на одну предыдущую позицию. Расчет показателей задела определяется:

$$K_n^1 = K_0 + (K_1 - K_0) \cdot d = 0 + (4 - 0) \cdot 0,84 = 3\%$$

$$K_n^2 = K_1 + (K_2 - K_1) \cdot d = 4 + (8 - 4) \cdot 0,69 = 7\%$$

$$K_n^3 = K_2 + (K_3 - K_2) \cdot d = 8 + (13 - 8) \cdot 0,53 = 11\%$$

$$K_n^4 = K_3 + (K_4 - K_3) \cdot d = 13 + (19 - 13) \cdot 0,36 = 15\%$$

$$K_n^5 = K_4 + (K_5 - K_4) \cdot d = 19 + (26 - 19) \cdot 0,22 = 26\%$$

$$K_n^6 = K_5 + (K_6 - K_5) \cdot d = 26 + (33 - 26) \cdot 0,07 = 26\%$$

$$K_n^7 = K_5 + (K_6 - K_5) \cdot d = 26 + (33 - 26) \cdot 0,91 = 32\%$$

$$K_n^8 = K_6 + (K_7 - K_6) \cdot d = 33 + (42 - 33) \cdot 0,76 = 40\%$$

$$K_n^{12} = K_{10} + (K_{11} - K_{10}) \cdot d = 75 + (87 - 75) \cdot 0,13 = 77\%$$

$$K_n^{13} = K_{10} + (K_{11} - K_{10}) \cdot d = 75 + (87 - 75) \cdot 0,98 = 87\%$$

$$K_n^{14} = K_{11} + (K_{12} - K_{11}) \cdot d = 87 + (98 - 87) \cdot 0,82 = 96\%$$

$$K_n^{15} = K_{12} + (K_{13} - K_{12}) \cdot d = 98 + (100 - 98) \cdot 0,67 = 100\%$$

Задел по объему выполненных работ на конец года составит:

$$Z_{3.см} = \frac{K_n - B_n}{1 - B_n} 100\% = \frac{0,77 - 0,58}{1 - 0,58} 100\% = 45\%$$

Объем задела первого года строительства по капитальным вложениям составит:

$$Z_n = 77 - 58 = 19 \%,$$

или  $0,19 \cdot 947 = 179,93$  млн.руб.

## 1.5. Поточная организация строительства

### 1.5.1. Выбор метода организации строительства

Организация и технология возведения зданий и сооружений имеет своей целью определение и создание рациональных условий использования имеющихся ресурсов для обеспечения эффективности строительного производства. Одной из задач, решаемых на данном этапе подготовки к строительству, является выбор и обоснование метода организации производства работ. Наиболее распространенными методами организации строительства являются: последовательный метод, параллельный и поточный.

*Пример.* Допустим, необходимо построить комплекс зданий или сооружений, включающих в себя  $m$  одинаковых зданий с продолжительностью строительства одного объекта –  $t$ .

Условно расчленим процесс возведения каждого объекта на три этапа работ, имеющих одинаковую по времени продолжительность, т.е.  $t / 3$ . К данным работам отнесено: возведение нулевого цикла; возведение надземной части; отделочные работы и благоустройство территории. Количество рабочих в бригадах, занятых на выполнении работ, принимаем –  $r$ . Считаем каждое отдельное здание захваткой. Для удобства, захватки обозначаются римскими цифрами. Рассмотрим возможные варианты организации работ.

#### 1. Последовательный метод



Рис. 1.6. График строительства объектов последовательным методом

Как видно из рисунка, последовательный метод строительства имеет определенные особенности. К преимуществам можно отнести:

- общее количество рабочих, занятых на строительстве, постоянно, и имеет минимальное значение  $R = r$ ;

- уровень потребления материально-технических ресурсов также является минимальным.

Основными недостатками являются:

- значительная общая продолжительность строительства

$$T = m \cdot t;$$

- возможно использование только комплексных бригад, специализированные бригады могут использоваться неравномерно;

- низкий коэффициент использования строительной техники;

- могут иметь место определенные трудности с обеспечением материально-техническими ресурсами.

## 2. Параллельный метод



Рис. 1.7. График строительства объектов параллельным методом

Основным достоинством параллельного метода строительства объектов является минимальный срок строительства ( $T = t$ ). Однако, недостатки данного метода значительно существеннее. Можно отметить следующие моменты:

- значительное количество техники и рабочей силы, необходимое для реализации метода ( $R=r \cdot m$ );

- максимальное потребление ресурсов каждого вида в каждый конкретный момент времени (высокая единовременная потребность в комплексах землеройно-транспортных машин, монтажных кранах, строительных конструкциях определенного вида и т.д., необходимых для одновременного возведения  $m$  объектов);

- вид и номенклатура потребляемых ресурсов меняется.

## 3. Поточный метод

Поточный метод организации труда обеспечивает планомерный и ритмичный выпуск готовой строительной продукции на основе непрерывной и равномерной работы трудового коллектива постоянного состава. Исследованиями установлено, что применение поточной организации труда в среднем приводит:



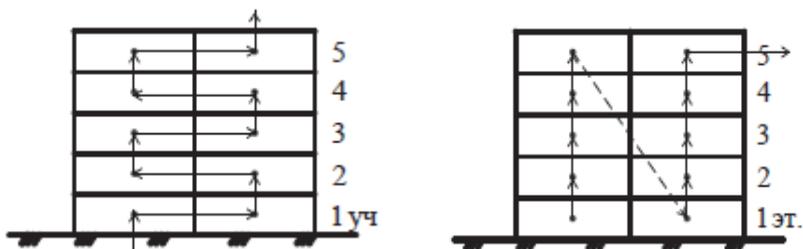


Рис. 1.9. Схемы монтажа многоэтажного здания (горизонтально и вертикально восходящие)

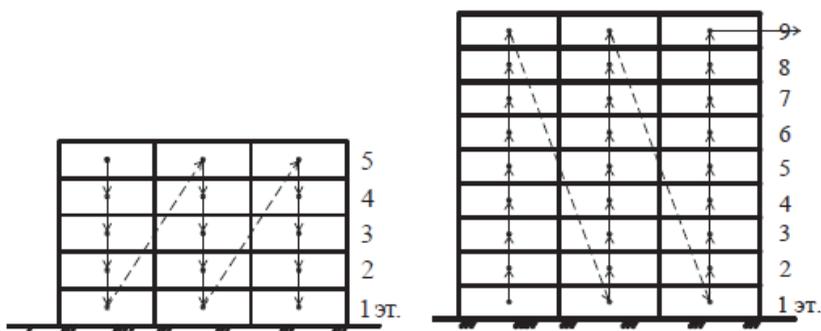


Рис. 1.10. Схемы выполнения послемотажных работ (вертикально нисходящая и вертикально восходящая)

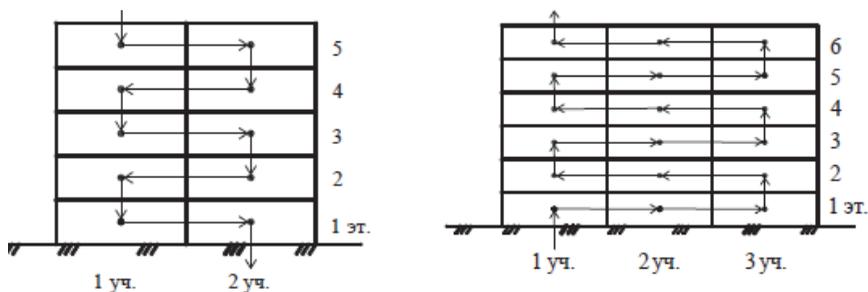


Рис. 1.11. Схемы выполнения послемотажных работ (горизонтально нисходящая и горизонтально восходящая)

Размеры захваток зависят не только от объемно-планировочных решений здания или сооружения, но и от производительности труда бригад, применяемой строительной техники, оборудования и применяемой технологии. Трудоемкость одних и тех же видов работ на

разных захватках должна быть примерно одинаковой или отличаться не более чем на 15 %.

Для того, чтобы работы велись непрерывно, необходимо:

- расчленить процесс строительства здания или сооружения на ряд этапов в соответствии со специализацией исполнителей;

- поручить выполнение каждого этапа специализированной бригаде (звену);

- разделить фронт работ на захватки (с примерно равной продолжительностью выполнения работ на каждом этапе для создания ритма);

- совмещать строительные работы во времени и в пределах строительной площадки (с учетом технологии работ, условий строительства и соблюдения техники безопасности).

При строительстве зданий и сооружений могут быть организованы различные потоки: *частные; специализированные; объектные и комплексные.*

*Частные потоки* организуются при выполнении простейших строительных процессов. Бригада разбивается на звенья, которые последовательно работают на ряде захваток. Звенья передвигаются с заданным ритмом, например, звено штукатуров, звено монтажников окон, звено отделочников и т.д.

*Специализированные потоки* образуются из нескольких частных потоков, связанных между собой общей технологией в пределах одной захватки. Конечным результатом такого потока является завершенный технологический процесс, например, возведение нулевого цикла, устройство кровли и т.д.

*Объектные потоки* организуются при возведении ряда однородных объектов, их конечной продукцией является полностью завершенные здания или сооружения.

*Комплексный поток* состоит из объектных потоков. Его конечной продукцией является комплекс зданий и сооружений или законченный элемент членения селитебной зоны.

В зависимости от продолжительности строительства потоки подразделяются на: *кратковременные, долговременные и сквозные.*

*Кратковременный поток* организуют при возведении зданий или сооружений, а также групп объектов, продолжительность строительства которых не превышает одного года.

*Долговременный поток* действует при сооружении объектов или комплексов, продолжительность строительства которых более одного года.

Сквозной или непрерывный поток включает изготовление конструкций, их транспортировку на строительную площадку и последующий монтаж в процессе возведения здания.

Поточное строительство может быть *ритмичным и неритмичным*.

Ритмичные потоки в зависимости от продолжительности выполнения работ на захватках подразделяются на:

- равноритмичные потоки – это когда время выполнения работ на всех захватках одинаково;
- кратноритмичные потоки – ритмы не равны, но кратны;
- разноритмичные потоки, такие, у которых ритмы работы каждой бригады постоянны, но не равны и не кратны друг другу.

Неритмичные потоки подразделяются на потоки с:

- однородным изменением ритма (все специализированные потоки на однородных захватках имеют одинаковые ритмы, а на разных захватках – неодинаковые);
- неоднородным изменением ритма (ритмы всех специализированных потоков на всех захватках различны).

В практике строительства равноритмичные и кратноритмичные потоки достаточно редки, т.к. объемы строительно-монтажных работ будут существенно различаться даже у зданий, имеющих одинаковую конструктивную схему. Они могут быть организованы, когда на одной захватке работает только одна бригада или несколько бригад с одинаковым ритмом. Каждая новая бригада вступает в работу через промежуток времени, равный шагу потока и заканчивает ее также с шагом, равным потоку  $t_{оп}=k$  т.е. в равноритмичных потоках ритмы работы бригад одинаковы и равны ритму потока ( $k$  – шаг потока).

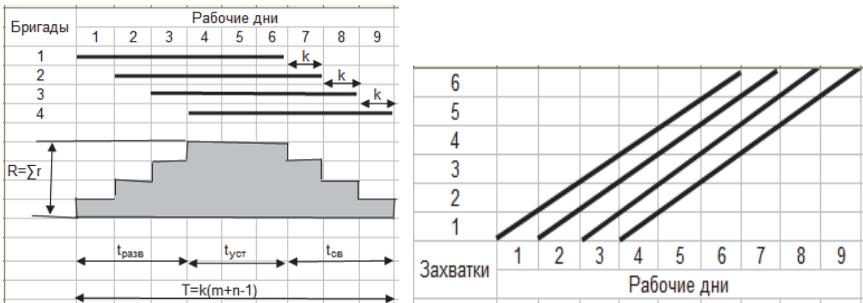


Рис. 1.12. Линейный график и циклограмма при равноритмичном потоке

На графике можно проследить зависимость между параметрами потока. Расчетная продолжительность производства строительных работ поточным методом состоит из трех периодов: развертывания, устойчивого (основного) и сворачивания.

$$t_{разв} + t_{уст} = m \cdot t_{\text{оп}} = m \cdot k;$$

$$t_{св} = (m - 1) \cdot k;$$

$$T = t_{разв} + t_{уст} + t_{св} = m \cdot k + (m - 1) \cdot k = k \cdot (m + n - 1).$$

С учетом технологических и организационных перерывов продолжительность строительства будет определяться

$$T = k \cdot (m + n - 1) + \sum t_{\text{мех}} + \sum t_{\text{орг}}$$

где  $T$  – продолжительность строительства;  $t$  – продолжительность частного потока;  $m$  – количество захваток;  $n$  – количество бригад;  $t_{\text{оп}}$  – время работы бригады на одной захватке;  $k$  – ритм (шаг) потока, т.е. время, через которое на захватке начинает работать новая бригада;  $r$  – численность рабочих в бригаде;  $R$  – максимальное количество рабочих на объекте.

Таким образом, чем меньше ритм потока, тем меньше продолжительность строительства, при этом важно помнить:

- увеличение численности рабочих в звене (бригаде) не приводит к сокращению продолжительности строительства, т.к. ведет к сокращению производительности труда;
- при соотношении  $n > m$  поток не устанавливается.

При организации строительства поточным методом могут возникнуть ситуации, когда бригады выполняют работы с разным ритмом (рис.1.13). Бригада № 1 работает с ритмом 1 день, а бригада № 2 с ритмом 2 дня. Чтобы создать поток с постоянным ритмом, следует для всех бригад принять ритм равный 2 дням, т.к. темп работы второй бригады скажется на замедлении работ по всему объекту, в итоге общая продолжительность работ увеличится.

С целью сокращения сроков строительства организуется кратноритмичный поток с ритмом, равным одному дню. Вместо одной бригады ставятся две одинаковые на разные захватки. Ритмичность потока сохранится, а срок строительства останется неизменным, т.е. точно таким же, как и при равноритмичном потоке. Примером кратноритмичного потока может служить возведение нескольких объектов. Одна бригада возводит подземную часть, вторая и третья бригады – надземную часть, а четвертая выполняет отделочные работы.



Рис. 1.13. Линейный график и циклограмма при кратноритмичном потоке

Наибольшее распространение получил неритмичный строительный поток с неоднородным изменением ритма. Например, возведение жилого многоэтажного здания с повторяющимся по этажам объемно-планировочным решением можно организовать с разноритмичным строительным потоком.

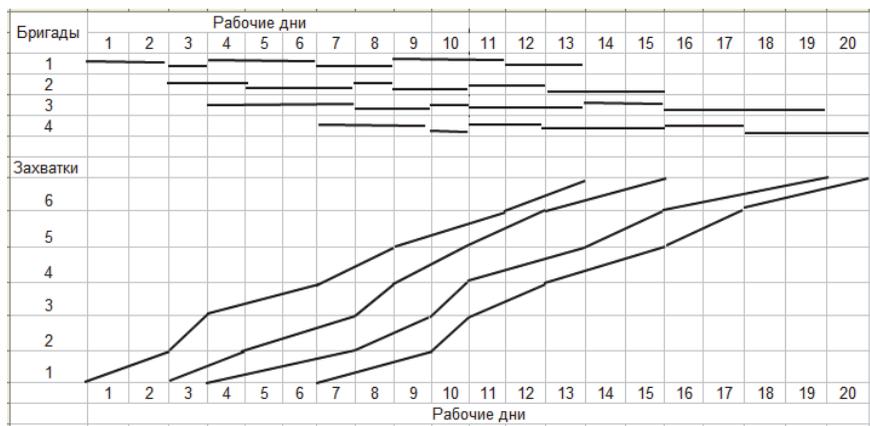


Рис. 1.14. Линейный график и циклограмма потока с неоднородным изменением ритма

Для неритмичных потоков с неоднородным изменением ритма характерно различие ритмов специализированных потоков на всех захватках. Но при этом необходимо соблюдение правила: на одной и той же захватке последующая бригада может начинать работу только после полного окончания работы на этой захватке предшествующей бригады.

На реализацию потоков в строительстве оказывает влияние вероятностный характер этого вида производства. Неправильное фор-

мирование бригад, простой машин и механизмов из-за неисправности, перебои в снабжении материалами и энергоресурсами, неблагоприятные метеорологические условия нарушают ритм потока и приводят к простое бригад. Поэтому для бригад должны планироваться резервные работы, которые они должны выполнять в случае нарушения потока. Такие мероприятия позволяют уменьшить простой или ликвидировать их полностью.

Кроме того, в соответствии с принятой технологией возведения здания или сооружения различают строительные потоки: без совмещения работ (последовательная схема); с совмещением работ (параллельно-последовательная схема).

Для строительных потоков без совмещения работ каждая последующая работа может начинаться лишь по окончании предыдущей работы.

В потоках с параллельно-последовательной схемой организации работ каждая последующая работа может начинаться до завершения предыдущей работы, обычно это относится к частным потокам. На практике могут встречаться потоки, организованные по смешанной схеме.

С точки зрения членения производственного процесса и разделения труда между рабочими, участвующими в потоке, различают выполнение работ: поточно-операционное; поточно-расчлененное; поточно-комплексное.

*Поточно-операционный* способ применяют в отдельных звеньях. В этом случае производственный процесс между рабочими разделен по операциям, например, кирпичная кладка выполняется звеном “тройка”, где каждому из трех рабочих поручается выполнять определенную операцию (подача раствора, расстилание раствора, укладка кирпича в дело).

*Поточно-расчлененным* называется способ, при котором отдельные звенья бригады выполняют простые процессы на определенном участке или делянке, например, при устройстве рулонной кровли, где звенья ведут работы по устройству цементной стяжки и наклейке рулонного ковра.

*Поточно-комплексный* способ применяется при выполнении сложных процессов комплексными бригадами, где часто трудоемкость отдельных простых процессов различная, а члены бригады владеют несколькими смежными профессиями. Например, при возведении зданий или его элементов из монолитного железобетона.

### 1.5.2. Параметры строительного потока

Строительные потоки характеризуются временными, пространственными, технологическими, статическими и динамическими параметрами.

*Временные параметры* характеризуют развитие потока во времени, они определяют темп поточного строительства и достижение намеченного срока строительства. К временным параметрам строительного потока относятся:

- общая продолжительность работ по потоку –  $T$ ;
- суммарная продолжительность выполнения всех работ на одной захватке –  $T_1$ ;
- суммарная продолжительность работы каждой бригады на всех захватках –  $T_{бр}$ ;
- ритм бригады (продолжительность работы бригады на захватке) -  $t_{бр}$ ;
- ритм (шаг) потока, т.е. время, через которое на захватке начинает работать новая бригада –  $k$ ;
- технологический перерыв между смежными процессами (например, твердение бетона, сушка штукатурки и т.д.) –  $t_{тех}$ ;
- организационный перерыв –  $t_{орг}$ ;
- период развертывания потока –  $t_{раз}$ ;
- период устойчивого развития потока –  $t_{уст}$ ;
- период свертывания потока -  $t_{св}$ .

*Пространственные параметры* характеризуют развитие потока в пространстве, то есть в плане или по высоте. К пространственным параметрам потока относятся: фронт работ, деланка, захватка, ярус, объект (здание или сооружение).

*Фронт работ* – часть строительного объекта, необходимая и достаточная для размещения рабочих вместе с машинами, механизмами и приспособлениями для выполнения работ.

*Деланка* – часть фронта работ, отводимая для звена.

*Захватка* – часть здания, работы на котором выполняются бригадой постоянного состава с определенным ритмом.

Разбивку здания на захватки производят с учетом обеспечения необходимой устойчивости при условии самостоятельной работы в пределах захватки. Минимальные размеры захваток определяются сменной производительностью звена или специализированной бригады. Число захваток, на которое можно разбить объект в плане или

по высоте зависит от объемно-планировочных и конструктивных особенностей здания.

При проектировании комплексного потока в качестве захваток обычно принимаются отдельные объекты.

*Ярус* – часть объекта, образуемая при условном расчленении его по вертикали. Количество ярусов обусловлено архитектурно-конструктивными решениями здания и зависит от технологических условий производства работ. Например, толщина слоя отсыпаемого грунта в насыпи при устройстве дорожного полотна, параметров применяемых строительных машин (высота подъема груза монтажным краном) или может быть продиктовано удобством производства работ (кирпичная кладка).

*Технологические параметры* характеризуют принятую технологическую схему строительного производства. К ним относятся число частных, специализированных, объектных или комплексных потоков, а также интенсивность потока.

*Интенсивность потока* – количество продукции, выпускаемой потоком за единицу времени, в натуральных показателях. Для частных и специализированных потоков это могут быть количество кубических метров бетона, укладываемого в день, число квадратных метров оштукатуриваемой поверхности и т.п.

Для потока в целом, в качестве таких показателей может выступить количество квадратных метров жилой, полезной или производственной площади, кубических метров здания, определяемых в процессе строительства в зависимости от степени готовности объекта.

*Статические параметры* являются исходными и не зависят от производственных условий.

К ним относятся:

- объем работ  $V_i$ ;
- трудоемкость работ  $A_i$ ;
- стоимость работ  $C_i$ , выполняемых частными или специализированными потоками.

*Динамические параметры* определяются конкретными производственными условиями. К ним относятся:

- численность рабочих  $R_i$ ;
- выработка одного рабочего в день  $B_i$  в стоимостном выражении на единицу измерения продукции;
- интенсивность потока в показателях  $I_i$ .

### 1.5.3. Расчет параметров строительного потока без совмещения работ

Для расчета параметров строительного потока применяются *аналитический* или *графоаналитический* (матричный) метод. Аналитические методы расчетов достаточно сложны и трудоемки, чаще всего используется матричный метод.

С помощью матричной модели представляется возможным представить все многообразие строительных потоков и вычислить необходимые параметры. В специально подготовленной таблице в ячейки (клетки) заносятся временные параметры потока, расчет которых осуществляется по специально разработанному алгоритму.

При расчете потоков исходят из следующих предположений:

- для потоков без совмещения, работу на каждой последующей захватке начинают с интервалом, равным шагу потока;
- на одной захватке может работать только одна бригада (звено) или несколько бригад с одинаковым ритмом;
- размер каждой захватки остается неизменным для всех видов работ, выполняемых на захватках;
- после выполнения комплекса работ на одной захватке, работы на каждой из последующих захваток должны заканчиваться не позднее чем через интервал, равный шагу потока.

Такой подход позволяет рассчитать параметры для ритмичных и неритмичных потоков при их проектировании с совмещением и без совмещения работ с учетом перерывов.

Расчет параметров строительных потоков рекомендуется выполнять с помощью матрицы, строки которой соответствуют захваткам (объектам), а столбцы – специализированным потокам (работам, бригадам).

На матрице использованы следующие обозначения:

- $i=1,2,\dots, n$  – номер захватки (объекта);
- $j=1,2,\dots, m$  – номер специализированного потока;
- $t_{ij}^H$  – начало выполнения работы  $j$  на  $i$ -й захватке;
- $t_{ij}^O$  – окончание выполнения работы  $j$  на  $i$ -й захватке;
- $a_{ij}$  – продолжительность работы  $j$  на  $i$ -й захватке;
- $T = t_{nm}^O$  – окончание работы  $m$  на  $n$ -й захватке;
- «-» – символ, обозначающий отсутствие технологического или организационного перерыва между началом рассматриваемой работы  $j$  и окончанием предшествующей работы  $j-1$  на  $i$ -й захватке (место критического сближения процессов);

- $C_{j-1,j}^i$  – величина организационного перерыва между началом работы  $j$  и окончанием работы  $j-1$  на  $i$ -й захватке;
- « $x^+$ » - символ, обозначающий наличие технологического перерыва между началом рассматриваемой работы  $j$  и окончанием предшествующей работы  $j-1$  на  $i$ -й захватке;
- « $x^-$ » - символ, обозначающий наличие совмещения смежных работ  $j$  и  $j-1$  на  $i$ -й захватке;
- $T_j$  – продолжительность  $j$ -й работы на всех захватках;
- $a_i$  – продолжительность выполнения всех работ на  $i$ -й захватке;
- $\bar{C}_{j-1,j}^i$  – величина организационного перерыва (или совмещения) между смежными работами на  $i$ -й захватке;
- $\bar{C}_1$  – сумма организационных перерывов между смежными работами на  $i$ -й захватке.

Расчет параметров строительных потоков без совмещения работ осуществляют в определенной последовательности.

Исходя из количества захваток и специализированных потоков (работ) формируют матричную модель. В центре каждой клетки записывают продолжительность выполнения работы  $a_{ij}$  на соответствующих захватках. В левом верхнем углу каждой клетки матрицы проставляют время начала выполнения работы  $j$  на  $i$ -й захватке  $t_{ij}^H$ . Начало первой работы на первой захватке принимают равным нулю  $t_{11}^H=0$ . Окончание  $j$ -й работы на  $i$ -й захватке  $t_{ij}^O$  записывают в правом нижнем углу клетки матрицы. Окончание первой работы на первой захватке  $t_{11}^O$  будет равно:

$$t_{11}^O = t_{11}^H + a_{11} = a_{11}.$$

Начало и окончание любой работы (кроме первой) на первой захватке определяют по формулам:

$$t_{1j}^H = t_{1,j-1}^O; \quad t_{1j}^O = t_{1j}^H + a_{1j}.$$

Начало и окончание всех остальных работ на  $i$ -й захватке определяют по формулам:

$$t_{ij}^H = t_{i-1,j}^O; \quad t_{ij}^O = t_{ij}^H + a_{ij}.$$

Перерывы  $C_{j-1,j}^i$  между началом рассматриваемой работы  $j$  и окончанием предшествующей работы  $j-1$  на  $i$ -й захватке вычисляют по формуле:

$$C_{j-1,j}^i = t_{ij}^H - t_{i,j-1}^O.$$

Для первой работы для любой захватки  $C_{01}^i = 0$ , поскольку первая работа не имеет предшествующей. Начало выполнения смежных работ (кроме первой) на всех захватках увеличивают на величину:

$$\Delta C_{j-1,j} = \max \left\{ -C_{j-1,j}^i \right\}$$

Новые значения начала  $t^{n,n}_{ij}$  и окончания  $t^{n,o}_{ij}$  рассматриваемой работы определяют по формулам:

$$t^{n,n}_{ij} = t^{n,n}_{ij} + \Delta C_{j-1,j}; \quad t^{n,o}_{ij} = t^{n,n}_{ij} + a_{ij}.$$

Окончательные значения перерывов между смежными работами определяют по формулам:

$$\bar{C}^i_{j-1,j} = t^{n,n}_{ij} - t^o_{ij-1}.$$

Технологические перерывы между смежными работами учитывают путем увеличения начала последующей работы на величину технологического перерыва.

Все расчеты осуществляются по столбцам: для первого процесса всегда сверху вниз, а для последующих работ – в зависимости от их суммарной продолжительности. Если суммарная продолжительность последующего процесса превышает продолжительность предыдущего, расчет ведут также сверху вниз, а если они меньше, то снизу вверх. Исключением являются неритмичные потоки с неоднородным изменением ритма, параметры которых рассчитывают всегда сверху вниз.

Определяется общая продолжительность строительного потока без совмещения работ  $T = t^o_{nm}$ . Заполняют дополнительные столбцы матрицы, определяя величины:  $\sum_1^m a_i$ ,  $\sum_1^m \bar{C}_i$  и  $\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$

Коэффициент плотности графика работ определяют по формуле:

$$K_{пл} = \frac{\sum_1^m \sum_1^m a_i}{\sum_1^m \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)}$$

Общую продолжительность строительного потока вычисляют:

$$T = t^o_{nm} = \sum_{j=1}^m a_{ij} + \sum_{j=2}^n a_{im} + \bar{C}_1 \quad \text{или} \quad T = t^o_{nm} = \sum_{i=1}^n a_{ij} + \sum_{j=2}^{nm} a_{nj} + \bar{C}_n.$$

Организация поточного возведения зданий и сооружений находится в непосредственной зависимости от уровня унификации, объемно-планировочных решений проектов. В зданиях, имеющих различные пролеты, высоты, шаги колонн и т.п. чрезвычайно трудно организовать поточное строительство.

Возведение зданий и сооружений поточными методами экономически эффективно, так как сокращаются сроки строительства за счет повышения производительности труда, сокращения простоев основных машин и механизмов, равномерного использования материально-технических ресурсов.

### 1.5.4. Расчет параметров строительного потока с совмещением работ

Расчет временных параметров строительных потоков с совмещением работ рекомендуется выполнять с использованием матрицы. В центре ячейки записывается продолжительность работы, которая представляется двумя слагаемыми, отражающими совмещаемую и не совмещаемую части работы.

Если через  $b_{ij}$  обозначить продолжительность выполнения той части работы, которая совмещена во времени с технологически предшествующей работой, а через  $a'_{ij}$  - продолжительность выполнения не совмещаемой части рассматриваемой работы, то сумма величин  $a'_{ij}$  и  $b_{ij}$  даст общую продолжительность работы

$$a_{ij} = a'_{ij} + b_{ij}$$

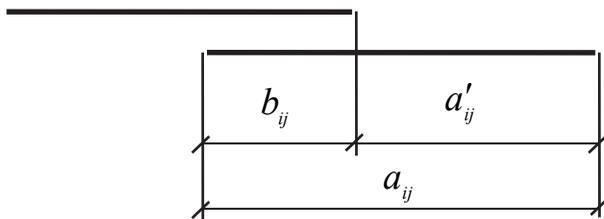


Рис. 1.15. Схема совмещения процессов

При назначении величины совмещения  $b_{ij}$  необходимо учитывать следующие ограничения:

- для первой работы величина совмещения равна нулю, поскольку она не имеет предшествующей ( $b_{i1} = 0$ );
- величина совмещения не может превышать продолжительность предшествующей работы, т.к. в этом случае процессы поменяются местами, что технологически не оправдано;
- величина совмещения может быть равна продолжительности предшествующего процесса, в этом случае процессы выполняются параллельно ( $b_{ij} \leq a_{ij-1}$ ).

При формировании матрицы в центре каждой ячейки заносят продолжительность работы в виде  $a'_{ij} + b_{ij}$ .

Время начала  $t^u_{ij}$  и время окончания  $t^o_{ij}$  работы  $j$  на  $I$ -й захватке записывается, соответственно, в левом верхнем и правом нижнем углах каждой ячейки матрицы.

Начало первой работы на первой захватке принимают равным нулю ( $t_{11}^h=0$ ). Окончание первой работы на первой захватке  $t_{11}^o$  будет равно:

$$t_{11}^o = t_{11}^h + a_{11} = a_{11}.$$

Начала и окончания первой работы на первой и последующих захватках определяются по тем же формулам, что при расчете матрицы потока без совмещения работ, т.е.:

$$t_{ij}^{h,h} = t_{ij}^h + \Delta C_{j-1,j};$$

$$t_{ij}^{h,o} = t_{ij}^{h,h} + a_{ij}.$$

Предварительным расчетом определяют начало каждой последующей работы на первой захватке по формуле:

$$t_{1j}^h = t_{1,j-1}^o - b_{1j}$$

Окончание последующей работы на первой захватке – по формуле:

$$t_{1j}^o = t_{1j}^h + a_{1j}$$

Начало любой работы на всех захватках (кроме первой) служит ее окончание на предыдущей захватке:

$$t_{ij}^h = t_{i-1,j}^o$$

Окончание любой работы на каждой захватке (кроме первой) определяют по формуле:

$$t_{ij}^o = t_{ij}^h + a_{ij}.$$

Для корректировки времени начала и окончания работы на всех захватках определяют следующие величины:

$$d_{ij} = t_{i,j-1}^o - b_{ij}$$

$$C_{j-1,j}^i = t_{ij}^h - d_{ij} = t_{ij}^h - t_{i,j-1}^o + b_{ij}$$

Начала выполнения смежных работ на всех захватках корректируют на величину, определяемую по формуле:

$$\Delta C_{j-1,j} = \max \left\{ -C_{j-1,j}^i \right\}$$

Новые значения начала  $t_{ij}^{h,h}$  и окончания  $t_{ij}^{h,o}$  рассматриваемой работы определяют по формулам:

$$t_{ij}^{h,h} = t_{ij}^h + \Delta C_{j-1,j};$$

$$t_{ij}^{h,o} = t_{ij}^{h,h} + a_{ij}.$$

Окончательные значения перерывов между началами и окончаниями смежных работ определяют по формуле:

$$\bar{C}_{j-1,j}^i = t_{ij}^{h,h} - t_{i,j-1}^o.$$

Аналогично, коэффициент плотности графика работ определяют по формуле:

$$K_{ni} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_i}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (a_i + \bar{C}_i)}$$

### 1.5.5. Примеры расчета параметров строительных потоков без совмещения работ

*Пример 1.* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **равноритмичного потока** без совмещения работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ) и  $a=2$  (продолжительность работы на одной захватке в принятых единицах времени). Технологические и организационные перерывы при возведении объекта не предусмотрены.

*Примечание:* Равноритмичный строительный поток – поток с одинаковой продолжительностью строительных процессов на всех захватках. В практике строительства встречается достаточно редко. Данный вид потока может быть использован при возведении отдельного объекта или группы одинаковых объектов с очень высоким организационным уровнем строительства и материально-технического обеспечения. Для равноритмичных потоков

$$a_{ij}=a=const \text{ и } \bar{C}_{ij} = 0$$

тогда продолжительность строительного потока вычисляется как:

$$T = k \cdot (m + n - 1) + \sum t_{max} + \sum t_{opr}$$

или матричным способом.

#### *Решение*

Расчет выполним с использованием матрицы по правилам, изложенным в п.1.5.3. В центре каждой ячейки матрицы записываем продолжительность работы на каждой захватке ( $a=2$ ). Расчет производим по столбцам сверху вниз.

Начало первой работы на первой захватке принимаем равным нулю и записываем в левом верхнем углу ячейки первого столбца. Окончание первой работы на первой захватке по формуле равно

$$t_{11}^0 = t_{11}^H + a_{11} = 0 + 2 = 2.$$

Эту величину записываем в правом нижнем углу первой ячейки матрицы. Поскольку время окончания первой работы на первой захватке можно считать началом этой работы на следующей захватке, значение из нижнего правого угла верхней ячейки переносим без изменения в верхний левый угол второй ячейки первого столбца (табл. 1.5). Суммируя время начала работы с ее продолжительностью  $t_{ij}^0 = t_{ij}^H + a_{ij}$ . Определяем время ее окончания на второй захватке. Записываем это значение в правом нижнем углу второй ячейки первого столбца матрицы и т.д.

Т а б л и ц а 1.5

Матрица расчета параметров равноритмичного потока

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
i		1	2	3			
захватки	I	0 2 2	2 2 4	4 2 6	6	0	6
	II	2 2 4	4 2 6	6 2 8	6	0	6
	III	4 2 6	6 2 8	8 2 10	6	0	6
	IV	6 2 8	8 2 10	10 2 12	6	0	6
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =8	T <sub>2</sub> =8	T <sub>3</sub> =8	24	0	24

Вторую работу на первой захватке можно начинать после окончания на ней первой работы, то ее значение (2) из нижнего угла левой ячейки переносим в верхний угол правой ячейки. При этом она выступает началом второго процесса на первой захватке.

В дальнейшем, в результате расчета параметров второго столбца получим, что вторая работа будет выполнена на 10-й день.

Расчет параметров третьего столбца выполняется аналогично. Цифра 12 в нижнем углу последней ячейки матрицы показывает общую продолжительность данного строительного потока.

Проверка матрицы по формуле:

$$\bar{C}_{j-1,j}^i = t_{ij}^{н.н.} - t_{ij-1}^o$$

Показывает, что технологических и организационных перерывов между началом работ и окончанием работ нет.

Коэффициент плотности графика равен:

$$K_{пл} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)} = \frac{24}{24} = 1$$

Результаты расчетов можно проверить по формулам:

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{j=1}^m a_{j1} + \sum_{j=2}^n a_{jm} + C_1 = (2+2+2) + (2+2+2) + 0 = 12$$

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{i=1}^n a_{i1} + \sum_{j=2}^{nm} a_{nj} + \bar{C}_n = (2+2+2+2) + (2+2) + 0 = 12$$

$$T = k \cdot (m + n - 1) + \sum t_{\text{мех}} + \sum t_{\text{орг}} = 2 \cdot (3 + 4 - 1) + 0 + 0 + 12$$

Графическое изображение параметров строительного потока представлено на циклограмме (рис.1.16).

Циклограмма представляет собой вертикальный график, в котором на оси абсцисс откладываются параметры времени, а по оси ординат – пространственные параметры (захватки).

На циклограмме наклонными линиями изображаются потоки (процессы). Вид циклограммы для различных типов потоков также различен (прямые или ломаные линии), угол их наклона к оси абсцисс зависит от продолжительности выполнения процессов по захваткам.

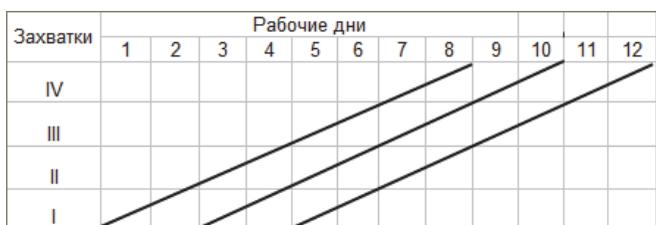


Рис. 1.16. Циклограмма равноритмичного потока без совмещения работ

Если при проектировании ритмичного строительного потока без совмещения работ необходимо предусматривать технологический перерыв, расчет параметров осуществляется аналогично, учетом величины перерыва.

*Пример 2.* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **равноритмичного потока** без совмещения работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ) и  $a=4$  (продолжительность работы на одной захватке).

Между вторым и третьим строительным процессом необходимо предусмотреть технологический перерыв продолжительностью в две единицы времени.

#### Решение

Расчет параметров строительного потока будем осуществлять в матричной форме для первого и второго столбца аналогично расчету, выполненному в предыдущем примере. Время завершения второй работы на последней захватке составит 20 единиц времени.

Т а б л и ц а 1.6

Матрица расчета параметров равноритмичного потока  
без совмещения строительных процессов  
с технологическим перерывом

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
i		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	4 4 8	10 4 14	12	2	14
	II	4 4 8	8 4 12	14 4 18	12	2	14
	III	8 4 12	12 4 16	18 4 22	12	2	14
	IV	12 4 16	16 4 20	22 4 26	12	2	14
T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub> =16	T <sub>2</sub> =16	T <sub>3</sub> =16	48	8	56

При определении расчетных параметров для третьего процесса, исходим из того, что время начала третьего процесса на первой захватке «отодвигается» на величину технологического перерыва:  $t_{13}^H = t_{12}^0 + t_{\text{тех}} = 8 + 2 = 10$ . Значение окончания третьего процесса на первой захватке определяется по формуле:

$$t_{13}^0 = t_{13}^H + a_{13} = 10 + 4 = 14$$

Последующие параметры строительного потока определяются в соответствии с алгоритмом изложенным ранее. Коэффициент плотности матрицы составил:  $K_{nn} = \sum_1^n \sum_1^m a_{ij} / \sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i) = \frac{48}{56} = 0,86$

Продолжительность строительного потока составляет 26 единиц времени, что соответствует расчетному значению.

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{j=1}^m a_{ij} + \sum_{j=2}^n a_{im} + C_1 = (4+4+4) + (4+4+4) + 3 = 26$$

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{i=1}^n a_{il} + \sum_{j=2}^{mm} a_{nj} + \bar{C}_n = (4+4+4+4) + (4+4) + 2 = 26$$

$$T = k \cdot (m + n - 1) + \sum t_{\text{тех}} + \sum t_{\text{опз}} = 4 \cdot (3 + 4 - 1) + 2 + 0 + 26$$

Графическое изображение параметров равноритмичного потока с технологическим перерывом представлено на рис. 1.17.



Рис. 1.17. Циклограмма равноритмичного потока без совмещения работ с технологическим перерывом

*Пример 3.* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **кратноритмичного потока** без совмещения работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $a_1=4$ ,  $a_2=2$  и  $a_3=6$  (продолжительность работы на одной захватке соответственно). Технологических и организационных перерывов не предусмотрено.

*Примечание:* Кратноритмичным строительным потоком называется поток, у которого продолжительности выполнения работ на захватках имеют кратные значения. В практике строительства применяется достаточно редко, так как предполагает интенсивные методы организации строительного производства.

Для обеспечения оптимальной организации работ и недопущения простоя, работы на данном виде потоков организуются с привлечением дополнительных бригад. Количество таких бригад, необходимых для выполнения каждого процесса, определяется делением продолжительности данной работы на наименьший ритм бригады.

#### Решение

Перед началом расчета необходимо сопоставить продолжительности работ и выявить минимальное их значение, которое может выступать в роли делителя остальных значений. В нашем примере – это  $a_2=2$  ( $a_1=4/2=2$ ,  $a_2=2/2=2$ ,  $a_3=6/2=3$ ).

Далее необходимо определить количество дополнительных бригад. Для первого процесса это количество равно 2, обозначим эти бригады 1 и 1'. Для второго процесса привлечения дополнительных бригад не требуется, так как продолжительность его выполнения совпадает со значением минимального ритма, равного 2. Для

выполнения третьего процесса необходимо три бригады, это бригады 3, 3' и 3".

В соответствии с методикой расчета строительных потоков без совмещения процессов время начала первого процесса на первой захватке равно нулю ( $t_{11}^H = 0$ ). Время окончания первого процесса на первой захватке определяется по формуле и равно  $0+4=4$ .

Т а б л и ц а 1.7

Матрица расчета параметров кратноритмичного потока без совмещения процессов

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
i		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	4 2 6	6 6 12	12	0	12
	II	2 4 6	6 2 8	8 6 14	12	0	12
	III	4 4 8	8 2 10	10 6 16	12	0	12
	IV	6 4 10	10 2 12	12 6 18	12	0	12
T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub> =16	T <sub>2</sub> =8	T <sub>3</sub> =24	48	0	48

Для кратноритмичного строительного потока время начала первого процесса на второй захватке определяется как сумма значения  $t_{11}^H$  и величины минимального ритма ( $0+2=2$ ). На третьей и четвертой захватке значения  $t_{31}^H$  и  $t_{41}^H$  определяются аналогично. При этом  $t_{31}^H = 2 + 2 = 4$ ,  $t_{41}^H = 4 + 2 = 6$ . Значения окончаний первого процесса на второй, третьей и четвертой захватках определяются

$$t_{21}^O = t_{21}^H + a_{21} = 2 + 4 = 6$$

$$t_{31}^O = t_{31}^H + a_{31} = 4 + 4 = 8$$

$$t_{41}^O = t_{41}^H + a_{41} = 6 + 4 = 10.$$

Для кратноритмичного потока место критического сближения проходит по всем захваткам, что позволяет достигать высокую плотность графика. Общая продолжительность строительного потока  $T$  составляет 18 единиц времени.

Коэффициент плотности графика для данного потока равен:

$$K_{mi} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + C_i)} = \frac{48}{48} = 1$$

Графическое изображение параметров кратноритмичного потока без совмещения процессов представлено на рис. 1.18.

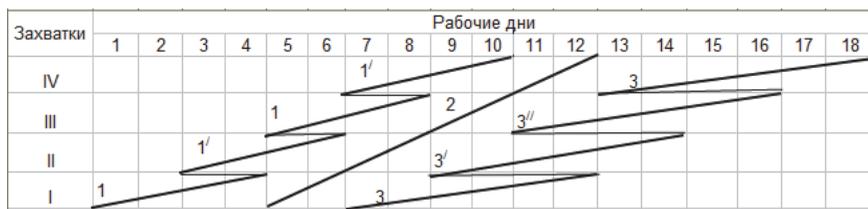


Рис. 1.18. Циклограмма кратноритмичного потока без совмещения процессов

*Пример 4.* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **разноритмичного потока** без совмещения работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $a_1=4$ ,  $a_2=6$  и  $a_3=3$  (продолжительность работы на одной захватке соответственно). Между работами предусматриваются технологические и организационные перерывы.

*Примечание:* Разноритмичным строительным потоком называется поток, выполняемый на захватках, имеющих одинаковые объемы и продолжительности работ. Данный вид потока применяется при возведении отдельных объектов и комплекса зданий, состоящих из одинаковых объектов по объемно-планировочным решениям. В качестве примера строительного потока данного вида может быть возведение многоэтажного здания, когда в качестве захватки (яруса) принимается один или 2-3 этажа.

Одним из недостатков разноритмичного строительного потока является наличие так называемых «пустующих захваток». Этот недостаток может быть устранен путем превращения разноритмичного (неуравновешенного) потока в ритмичный поток с кратным ритмом (кратноритмичный) увеличением числа исполнителей или средств механизации.

### Решение

Расчет параметров матрицы для первой и второй работ выполняется по столбцам сверху вниз, а для третьей – снизу вверх.

Т а б л и ц а 1.8

Матрица расчета параметров разноритмичного потока  
без совмещения процессов

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
i		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	4 6 10	19 3 22	13	9	22
	II	4 4 8	10 6 16	22 3 25	13	8	21
	III	8 4 12	16 6 22	25 3 28	13	7	20
	IV	12 4 16	22 6 28	28 3 31	13	6	19
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =16	T <sub>2</sub> =24	T <sub>3</sub> =12	52	30	82

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{na} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)} = \frac{52}{82} = 0,63$$

Продолжительность потока проверяют по формуле:

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{i=1}^n a_{i1} + a_m(n-1) + \sum_{j=2}^m \bar{C}_j = (4+6+3) + 3 \cdot (4-1) + 9 = 31$$

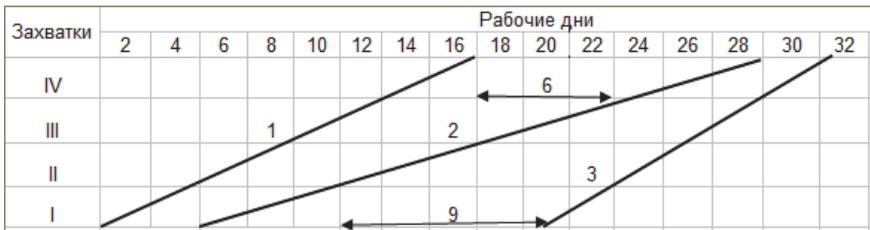


Рис. 1.19. Циклограмма разноритмичного потока  
без совмещения процессов

В проектировании строительных потоков существует такое понятие, как «без разрывный путь». Сущность данного понятия близка

понятию «критический путь», применяемому в сетевом планировании (Раздел 2 настоящего пособия).

«Путь» – это любая конечная последовательность процессов по захваткам от первого процесса на первой захватке до последнего процесса на последней захватке. Выявить без разрывный путь можно аналитическим способом с использованием матрицы.

При аналитическом способе осуществляют движение от первой ячейки первого столбца матрицы до нижней ячейки последнего столбца. Движение сверху вниз по столбцу можно осуществлять беспрепятственно. Переход со столбца на столбец возможен в местах критических сближений.

В зависимости от значений продолжительности выполнения отдельных процессов потока возможен случай, когда существует несколько вариантов без разрывного пути или такой путь вообще отсутствует.

Для строительного потока, рассчитанного в данном примере, можно выявить два варианта без разрывного пути. Графическое изображение вариантов без разрывного пути на циклограмме потока представлено на рис. 1.20 и 1.21.

Т а б л и ц а 1.9

Матрица расчета параметров разноритмичного потока с нанесенными вариантами без разрывных путей

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
i		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	4 6 10	19 3 22	13	9	22
	II	4 4 8	10 6 16	22 3 25	13	8	21
	III	8 4 12	16 6 22	25 3 28	13	7	20
	IV	12 4 16	22 6 28	28 3 31	13	6	19
T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub> =16	T <sub>2</sub> =24	T <sub>3</sub> =12	52	30	82



Рис. 1.20. Циклограмма разноритмичного потока без совмещения процессов с первым вариантом без разрывного пути

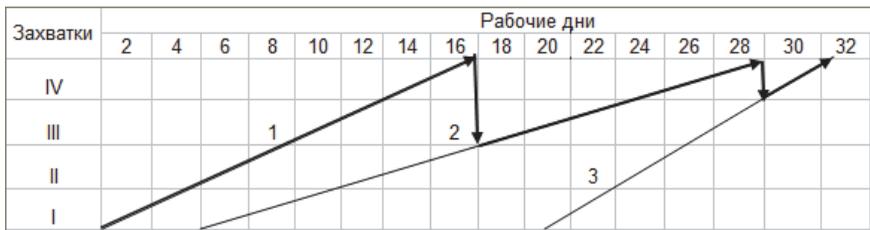


Рис. 1.21. Циклограмма разноритмичного потока без совмещения процессов со вторым вариантом без разрывного пути

*Пример 5.* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **неритмичного потока** без совмещения работ с однородным изменением ритма при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $a_1=4$ ,  $a_2=2$ , и  $a_3=5$ ,  $a_4=1$  (продолжительность работы на одной захватке соответственно). Между работами предусматриваются технологические и организационные перерывы.

*Примечание:* Неритмичными потоками с однородным изменением ритма называются строительные потоки, у которых все специализированные потоки на одноименных захватках (объектах) имеют одинаковые ритмы, а на разных захватках могут принимать неодинаковые значения.

В практике строительства неритмичные потоки с однородным изменением ритма широкого распространения не получили в силу того, что запроектировать одинаковую продолжительность выполнения всех процессов на захватке (объекте) представляется не всегда возможным. Чаще всего этот вид потока применяется при организации строительства промышленных одноэтажных объектов, имеющих развитие в плане, в случае, если объект невозможно разделить

на одинаковые по объемам работ участки. Этот вид потока может также применяться при организации строительства общественных зданий.

Общую продолжительность строительного потока вычисляют:

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{j=1}^m a_{1j} + \sum_{j=2}^n a_{im} + \bar{C}_1 \quad \text{или} \quad T = t_{nm}^0 = \sum_{i=1}^n a_{ii} + \sum_{j=2}^{nm} a_{nj} + \bar{C}_n$$

Для неритмичных потоков с однородным изменением ритма при  $a_{1j} = const$ ,  $a_{2j} = const$  и т.д., а также при  $\bar{C}_{1j} = const$ ,  $\bar{C}_{2j} = const$  и т.д. данные формулы приобретают вид:

$$T = t_{nm}^0 = a_{11}m + \sum_{j=2}^n a_{im} + \bar{C}_1(m-1) \quad \text{или} \quad T = t_{nm}^0 = \sum_{j=2}^n a_{im} + (a_{im} + \bar{C}_1)(m-1)$$

Т а б л и ц а 1.10

Матрица расчета параметров неритмичного потока с однородным изменением ритма

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	5 4 9	10 4 14	12	2	14
	II	4 2 6	9 2 11	14 2 16	6	6	12
	III	6 5 11	11 5 16	16 5 21	15	0	15
	IV	11 1 12	16 1 17	21 1 22	3	8	11
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =12	T <sub>2</sub> =12	T <sub>3</sub> =12	36	16	52

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{на} = \sum_1^n \sum_1^m a_i / \sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i) = \frac{36}{52} = 0,69$$

Общую продолжительность работ проверяем по формулам:

$$T = t_{nm}^0 = a_{11}m + \sum_{j=2}^n a_{im} + \bar{C}_1(m-1) = 4 \cdot 3 + (2+5+1) + 1(3-1) = 22$$

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{j=2}^n a_{im} + (a_{im} + \bar{C}_1)(m-1) = (4+2+5+1) + (1+4)(3-1) = 22$$

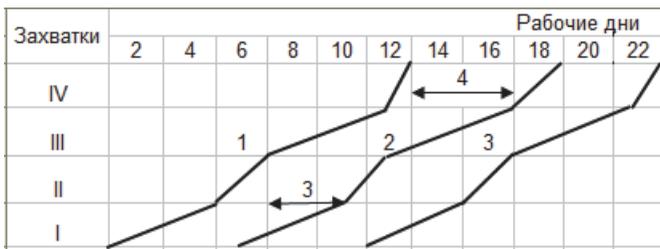


Рис. 1.22. Циклограмма неритмичного потока без совмещения с однородным изменением ритма

Пример 6. Выполнить расчет параметров и построить циклограмму *неритмичного потока* без совмещения работ с неоднородным изменением ритма по следующим исходным данным:

$n=4; m=3; a_{11}=4; a_{21}=2; a_{31}=5; a_{41}=1;$   
 $a_{12}=3; a_{22}=1; a_{32}=2; a_{42}=4;$   
 $a_{13}=2; a_{23}=3; a_{33}=4; a_{43}=2.$

Решение

Т а б л и ц а 1.10

Матрица расчета параметров неритмичного потока с однородным изменением ритма

захватки	j	Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		i	1	2			
захватки	I	0	4 7	10	9	3	12
		4	3 7 10	2 12			
		4	3 7 10	2 12			
		4	3 7 10	2 12			
	II	4	7 10	12	6	5	11
	2	1 8 11	3 15				
	6	1 8 11	3 15				
	6	1 8 11	3 15				
	III	6	8 11	15	11	2	13
	5	2 10 13	4 19				
	11	2 10 13	4 19				
	11	2 10 13	4 19				
	IV	11	10 13	19	7	3	10
	1	4 14 17	2 22				
	12	4 14 17	2 22				
	12	4 14 17	2 22				
	$T_i$	$T_1=12$	$T_2=10$	$T_3=12$	33	13	46

Неритмичными потоками с неоднородным изменением ритма называется такой поток, у которого ритмы всех работ на всех за-

хватках различны. Данный вид строительного потока является достаточно распространенным в практике строительства.

Так как при планировании неритмичных потоков с неоднородным изменением ритма *неизбежно* могут проявляться наложения работ на захватках, расчеты необходимо выполнить более подробно.

Вначале необходимо определить начало и окончание соответствующих работ на захватках и вписать их значения в ячейки матрицы, для первого столбца:

$$t_{11}^0 = t_{11}^n + a_{11} = 0 + 4 = 4;$$

$$t_{21}^0 = t_{21}^n + a_{21} = 4 + 2 = 6;$$

$$t_{31}^0 = t_{31}^n + a_{31} = 6 + 5 = 11;$$

$$t_{41}^0 = t_{41}^n + a_{41} = 11 + 1 = 12.$$

.....  
 Аналогично и для второго и третьего столбцов:  
 .....

$$t_{13}^0 = t_{13}^n + a_{13} = 10 + 2 = 12;$$

$$t_{23}^0 = t_{23}^n + a_{23} = 12 + 3 = 15 \text{ и т.д.}$$

Затем необходимо определить возможные технологические перерывы между началом рассматриваемых работ и окончанием им предшествующих работ, по формуле:

$$\bar{C}_{j-1,j}^i = t_{ij}^{H.H.} - t_{i,j-1}^o.$$

$$C_{12}^1 = t_{12}^H - t_{11}^o = 4 - 4 = 0;$$

$$C_{12}^2 = t_{22}^H - t_{21}^o = 7 - 6 = 1;$$

$$C_{12}^3 = t_{32}^H - t_{31}^o = 8 - 11 = -3;$$

$$C_{12}^4 = t_{42}^H - t_{41}^o = 10 - 12 = -2;$$

Начала и окончания второй работы на всех захватках увеличиваем на величину  $\Delta C_{12} = 3$  согласно формуле:

$$\Delta C_{j-1,j} = \max \left\{ -C_{j-1,j}^i \right\}$$

и определяем новые значения начала  $t_{ij}^{H.H.}$  и окончания  $t_{ij}^{H.O.}$  рассматриваемой работы по формулам:

$$t_{ij}^{H.H.} = t_{ij}^H + \Delta C_{j-1,j};$$

$$t_{ij}^{H.O.} = t_{ij}^{H.H.} + a_{ij}.$$

Старые значения в ячейках матрицы выделены цветом, а новые значения вписаны обычным шрифтом

Окончательные значения перерывов между смежными работами определяют по формулам:

$$\bar{C}_{j-1,j}^i = t_{ij}^{H.H.} - t_{i,j-1}^o.$$

Значение перерывов на захватках между первой и второй работами равны:

$$\begin{aligned}\bar{C}^1_{12} &= t^{\text{н.н.}}_{12} - t^o_{11} = 7 - 4 = 3; \\ \bar{C}^2_{12} &= t^{\text{н.н.}}_{22} - t^o_{21} = 10 - 6 = 4; \\ \bar{C}^3_{12} &= t^{\text{н.н.}}_{32} - t^o_{31} = 11 - 11 = 0; \\ \bar{C}^4_{12} &= t^{\text{н.н.}}_{42} - t^o_{41} = 13 - 12 = 1.\end{aligned}$$

Отсутствие перерыва между началом второй работы и окончанием первой работы на третьей захватке обозначаем на линии, отделяющей первый и второй столбцы символом «-» (место критического сближения процессов). Наличие перерывов между началами выполнения второй работы и окончанием первой на первой, второй и третьей захватках обозначаем на матрице символом «х» с указанием величины перерыва.

Аналогичным образом рассчитываем параметры третьего столбца матрицы. Значения рассчитанных параметров заносим в ячейки матрицы. Затем необходимо вычислить перерывы  $C^i_{i-1,j}$  между началами третьей работы на всех захватках и окончаниями предшествующей работы на одноименных захватках.:

$$\begin{aligned}C^1_{23} &= t^{\text{н.н.}}_{13} - t^o_{12} = 10 - 10 = 0; \\ C^2_{23} &= t^{\text{н.н.}}_{23} - t^o_{22} = 12 - 11 = 1; \\ C^3_{23} &= t^{\text{н.н.}}_{33} - t^o_{32} = 15 - 13 = 2; \\ C^4_{23} &= t^{\text{н.н.}}_{43} - t^o_{42} = 19 - 17 = 2.\end{aligned}$$

Так как все значения перерывов положительны, корректировка параметров третьего процесса по захваткам не требуется.

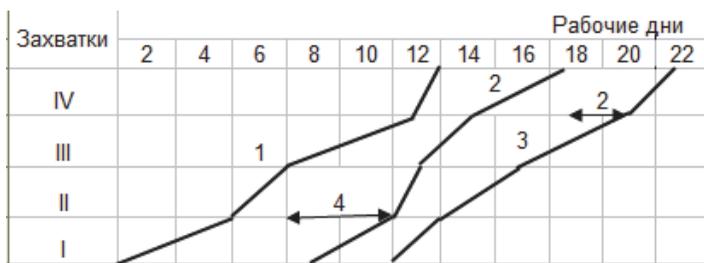


Рис. 1.23. Циклограмма неритмичного потока с неоднородным изменением ритма без совмещения процессов

Общая продолжительность потока  $T = t^o_{43} = 21$  ед. времени.

### 1.5.6. Примеры расчета параметров строительных потоков с совмещением работ

*Пример 1:* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **равноритмичного потока** с совмещением работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $b=1$  (величина совмещения),  $a'=1$  (продолжительность выполнения несовмещенной части работы),  $a=2$ , (продолжительность работы на одной захватке). Между работами при необходимости могут предусматриваться технологические и организационные перерывы.

*Примечание:* Для равноритмичных потоков с совмещением работ при  $a_{ij} = a'_{ij} + b_{ij}$ ,  $a=const$  и  $\bar{C}_{ij} = 0$  общая продолжительность потока может быть вычислена по формуле:  
$$T = t_{nm}^0 = a(n + m - 1) - b(m - 1).$$

#### Решение

Расчет выполним с использованием матрицы по правилам, изложенным в п. 1.5.4. В центре каждой ячейки первого столбца (первой работы) записываем ее продолжительность ( $a=2$ ). Для последующих работ в ячейки матрицы записываем продолжительность работы в виде  $a'_{ij} + b_{ij}$  т.е.  $1 + 1$ .

Расчет параметров потока производим по столбцам сверху вниз. Значения начала и окончания первой работы на первой и последующих захватках определяются так же, как это делалось для равноритмичного потока без совмещения работ (пример 1 п.1.5.5).

Начало второй работы на первой захватке (первая строка второго столбца) определяем по формуле:

$$t_{12}'' = t_{11}^0 - b_{12} = 2 - 1 = 1$$

Эту величину записываем в левом верхнем углу первой ячейки второго столбца матрицы (табл.1.11).

Определяем время окончания второй работы на первой захватке:

$$t_{12}^0 = t_{11}'' + a'_{12} + b_{12} = 1 + 1 + 1 = 3$$

и заносится в нижний правый угол ячейки. А т.к. время окончания работы на первой захватке является началом работы на второй захватке, то ее значение из нижнего правого угла верхней ячейки переносим в верхний левый угол нижележащей ячейки.

Далее определяем время окончания работы на второй захватке

$$t_{22}^0 = t_{21}'' + a'_{22} + b_{22} = 3 + 1 + 1 = 5$$

и т.д. до заполнения полностью второго столбца.

Заполнение третьего столбца начинаем с определения начала третьей работы на первой захватке:

$$t_{13}^n = t_{12}^0 - b_{13} = 3 - 1 = 2$$

Время окончания третьей работы на первой захватке будет равно:

$$t_{13}^0 = t_{13}^n + a'_{13} + b_{13} = 2 + 1 + 1 = 4$$

Дальнейшее заполнение ячеек третьего столбца матрицы производим аналогично. Результаты выполненных расчетов представлены в матрице (табл.1.11)

Т а б л и ц а 1.11

Матрица расчета параметров равноритмичного потока с совмещением процессов

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 2 2	1 x-1 3	2 x-1 4	6	-2	4
	II	2 2 4	3 x-1 5	4 x-1 6	6	-2	4
	III	4 2 6	5 x-1 7	6 x-1 8	6	-2	4
	IV	6 2 8	7 x-1 9	8 x-1 10	6	-2	4
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =8	T <sub>2</sub> =8	T <sub>3</sub> =8	24	-8	16

Общая продолжительность потока равна 10 условным временным единицам.

Далее необходимо выполнить корректировку времени начала и окончания работы на всех захватках по формулам:

$$d_{ij} = t_{i,j-1}^0 - b_{ij} \quad \text{и} \quad C_{j-1,j}^i = t_{ij}^n - d_{ij} = t_{ij}^n - t_{i,j-1}^0 + b_{ij}$$

$$d_{12} = t_{11}^0 - b_{12} = 2 - 1 = 1;$$

$$d_{13} = t_{12}^0 - b_{13} = 4 - 1 = 3;$$

$$d_{14} = t_{13}^0 - b_{14} = 6 - 1 = 5 \quad \text{и т.д.}$$

Время технологических перерывов для второй работы на первой захватке определяется как:

$$C_{12}^1 = t_{12}^n - b_{12} = 1 - 1 = 0;$$

А на последующих захватках:

$$C_{22}^2 = t_{22}^n - t_{22}^0 + b_{22} = 3 - 5 + 1 = -1;$$

$$C_{32}^3 = t_{32}^n - t_{32}^0 + b_{32} = 5 - 7 + 1 = -1;$$

$$C_{42}^4 = t_{42}^n - t_{42}^0 + b_{42} = 7 - 9 + 1 = -1$$

Так как  $C_{12}^1 = 0$ , корректировать начало и окончание второй работы на первой захватке не требуется. Результаты аналогичных расчетов для второй работы на последующих захватках и для третьей работы на всех захватках показывают, что корректировка параметров не требуется. Поскольку в данном примере для всех ячеек матрицы  $C_{j-1,j}^i = -1$ , что не превышает величину совмещения процессов, заданную по условию, поэтому, расчет выполнен верно.

Проверка правильности выполненного расчета параметров строительного потока может проводиться по упрощенной методике, заключающейся в анализе значений величин совмещений  $C_{j-1,j}^i$ . При этом, в случае верно выполненного расчета, значения  $C_{j-1,j}^i$  могут быть меньше или равны оговоренной заданием величины совмещения.

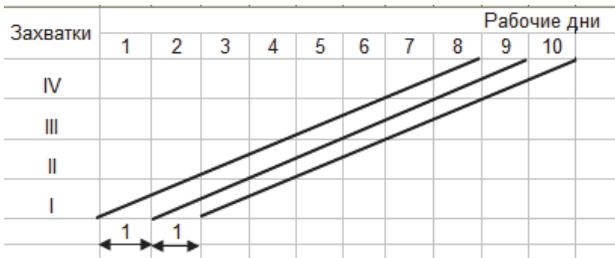


Рис. 1.24. Циклограмма равномерного строительного потока с совмещением процессов

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{nn} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (a_i + \bar{C}_i) = \frac{24}{16} = 1,5$$

Общую продолжительность работ проверяем по формуле:

$$T = t_{nm}^0 = a(n + m - 1) - b(m - 1) = 2(4 + 3 - 1) - 1(3 - 1) = 10 .$$

*Пример 2:* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **кратноритмичного потока** с совмещением работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $a_1=3$ ,  $a_2=9$  и  $a_3=6$  (продолжительность работы на одной захватке соответственно). Величина совмещения составляет 2 единицы времени.

*Решение*

Перед началом расчета необходимо сопоставить продолжительности работ и выявить минимальное их значение, которое может выступать в роли делителя остальных значений. В нашем примере – это  $a_1=3$  ( $a_1=3/3=1$ ,  $a_2=9/3=3$ ,  $a_3=6/3=2$ ).

Далее необходимо определить количество дополнительных бригад. Для первого процесса это количество равно 1.

Для второго процесса необходимо три бригады, обозначим эти бригады 2, 2' и 2'' Для выполнения третьего процесса необходимо две бригады, это бригады 3 и 3'.

В соответствии с методикой расчета строительных потоков без совмещения процессов время начала первого процесса на первой захватке равно нулю ( $t_{11}^H = 0$ ). Время окончания первого процесса на первой захватке равно  $0+3=3$  и т.д. по известной нам методике.

Т а б л и ц а 1.12

Матрица расчета параметров равноритмичного потока с совмещением процессов

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
i		1	2	3			
захватки	I	0 3 3	1 x-2 10	8 4+2 14	18	-4	14
	II	3 3 6	4 x-2 13	11 x-2 17	18	-4	14
	III	6 3 9	7 x-2 16	14 x-2 20	18	-4	14
	IV	9 3 12	10 x-2 19	17 x-2 23	18	-4	14
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =12	T <sub>2</sub> =36	T <sub>3</sub> =24	72	-16	56

При определении значений начал выполнения второго процесса по захваткам необходимо учесть величину совмещения (равную двум ед. времени). Тогда начало второго процесса на первой захватке будет  $t_{12}^H = 3 - 2 = 1$ . Значение начала второго процесса на второй захватке будет  $t_{22}^H = 6 - 2 = 4$  и т.д.

Общая продолжительность строительного потока составила 23 единицы времени.

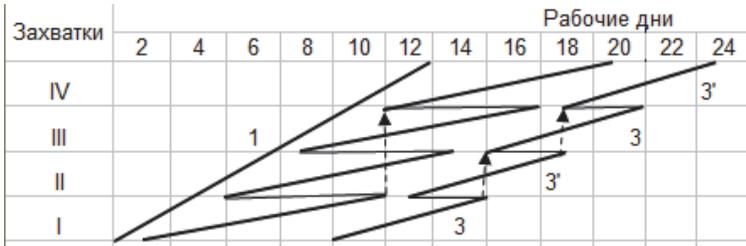


Рис. 1.25. Циклограмма кратноритмичного потока с совмещением процессов

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (a_{ij} + \bar{C}_{ij})} = \frac{72}{56} = 1,29$$

*Пример 3:* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **разноритмичного потока** с совмещением работ при  $n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ),  $a_1=4$ ,  $a_2=4$  и  $a_3=1$  (продолжительность работы на одной захватке соответственно). Величина совмещения составляет 2 единицы времени.

*Примечание.* Для разноритмичных потоков с совмещением работ при  $a_{i1}=const$ ,  $a_{n2}=const$ ,  $b_{n2}=const$  и т.д. формулы для определения общей продолжительности потока  $T$  приобретают вид:

$$T = t_{nm}^o = a_{11} + \sum_{j=2}^m (a' + b)_{1j} + (n-1)(a' + b)_{1m} + \sum_{j=2}^m \bar{C}_{1j};$$

$$T = t_{nm}^o = a_{11}n + \sum_{j=2}^m (a' + b)_{nj} + \sum_{j=2}^m \bar{C}_{nj}.$$

Сумма величин  $a_{ij} + b_{ij}$  дает общую продолжительность работы, а т.к. первая работа не имеет предшествующей, то  $b=0$ .

*Решение*

Для первой и второй работы расчет выполняется по столбцам сверху вниз, т.к.  $T_2 > T_1$ , а для третьей работы – снизу в верх ( $T_3 < T_2$ ). Величина совмещения учитывается в соответствии с правилами, изложенными в п. 1.5.4. При этом значения начала второй работы на первой захватке определяется по формуле :

$$t_{1j}^H = t_{1,j-1}^O - b_{1j} = 4 - 2 = 2.$$

Остальные параметры для второго процесса по захваткам определяются: окончание последующей работы на первой захватке – по формуле:  $t_{1j}^O = t_{1j}^H + a_{1j}$ . Начало любой работы на всех захватках (кроме первой) служит ее окончание на предыдущей захватке:  $t_{ij}^H = t_{i-1,j}^O$ . Окончание любой работы на каждой захватке (кроме первой) определяют по формуле:  $t_{ij}^O = t_{ij}^H + a_{ij}$ .

Время начала третьего процесса на четвертой захватке (расчет параметров выполняется снизу вверх) определяется как разность значения окончания второго процесса по данной захватке и величины совмещения для третьего процесса:  $26 - 2 = 24$ .

Т а б л и ц а 1.13

Матрица расчета параметров разноритмичного потока с совмещением процессов

		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	2 4+2 8	15 1+2 18	13	5	18
	II	4 4 8	8 4+2 14	18 1+2 21	13	4	17
	III	8 4 12	14 4+2 20	21 1+2 24	13	3	16
	IV	12 4 16	20 4+2 26	24 1+2 27	13	2	15
$T_1$		$T_1=16$	$T_2=24$	$T_3=12$	52	14	66

Дальнейший расчет выполняется с учетом полученного значения. При этом значение времени окончания третьего процесса на

третьей захватке принимается равным значению начала данного процесса на четвертой захватке ( $t_{33}^o = t_{43}^h = 24$ ).

Значение начала третьего процесса определяется как разность значений его окончания и продолжительности ( $t_{33}^h = t_{33}^o - a_{33} = 24 - 3 = 21$ ). Далее последовательность действий повторяется.

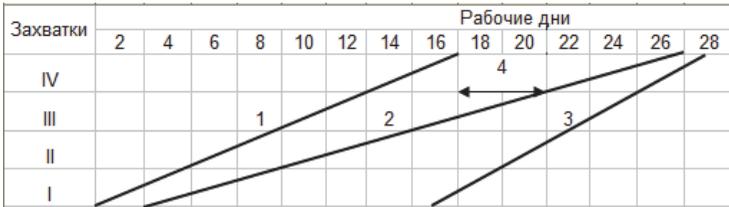


Рис. 1.26. Циклограмма разноритмичного потока с совмещением процессов

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{пл} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)} = \frac{52}{66} = 0,79$$

Проверка продолжительности строительного потока, выполненная по формулам, подтвердила совпадение полученного значения с расчетным

$$T = t_{nm}^o = a_{11} + \sum_{j=2}^m (a' + b)_{1j} + (n-1)(a' + b)_{1m} + \sum_{j=2}^m \bar{C}_{1j} =$$

$$= 4 + 4 + 2 + (1 + 2) + (4 - 1)(1 + 2) + 7 - 2 = 27 \quad \text{или}$$

$$T = t_{nm}^o = a_{11}n + \sum_{j=2}^m (a' + b)_{nj} + \sum_{j=2}^m \bar{C}_{nj} = 4 \cdot 4 + (4 + 2) + (1 + 2) + 4 - 2 = 27.$$

Пример 4: Выполнить расчет параметров и построить циклограмму *неритмичного потока* с совмещением работ и с однородным изменением ритма при:

$n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ);

$$a_{1j} = 4; \quad a'_{lj} = 2; \quad b'_{lj} = 2;$$

$$a_{2j} = 2; \quad a'_{2l} = 1; \quad b'_{2j} = 1;$$

$$a_{3j} = 5; \quad a'_{3l} = 2; \quad b'_{3j} = 3;$$

$$a_{4j} = 1; \quad a'_{4j} = 0; \quad b'_{4j} = 1.$$

*Примечание:* При назначении величины совмещения процессов необходимо помнить, что продолжительность совмещаемой части работы не должна превышать продолжительность предшествующей работы. Для первой работы величина совмещения равна нулю, так как первая работа не имеет предшествующей.

Для неритмичных строительных потоков с однородным изменением ритма с совмещением работ при  $a_{1j} = const, a_{2j} = const$  и т.д. и  $b_{1j} = const, b_{2j} = const$  и т.д. формулы для определения общей продолжительности потока принимают вид:

$$T = t_{nm}^o = a_{11}m + \sum_{i=2}^n (a_i + b)_{im} + \bar{C}_{ij} (m - 1);$$

$$T = t_{nm}^o = \sum_{i=1}^n a_{i1} + \sum_{j=2}^m (a_i + b)_{nj} + \bar{C}_{nj} (m - 1).$$

*Решение*

Расчет выполняется матричным способом по правилам, изложенным в п. 1.5.4.

Т а б л и ц а 1.14

Матрица расчета параметров неритмичного потока с однородным изменением ритма с совмещением процессов

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 4 4	2 2+2 6	4 2+2 8	12	-4	8
	II	4 2 6	6 1+1 8	8 1+1 10	6	0	6
	III	6 5 11	8 2+3 13	10 2+3 15	15	-6	9
	IV	11 1 12	13 0+1 14	15 0+1 16	3	2	5
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =12	T <sub>2</sub> =12	T <sub>3</sub> =12	36	-8	28

Для упрощения расчетов параметров удобно производить переход на соседний столбец по захватке, имеющей максимальную про-

должительность выполнения процессов с учетом величины совмещения процессов. В нашем примере – это третья захватка. Далее расчет параметров выполняется от третьей захватки вверх и вниз (при этом можно не вычислять поправку  $\Delta C_{j-1,j}$ ).

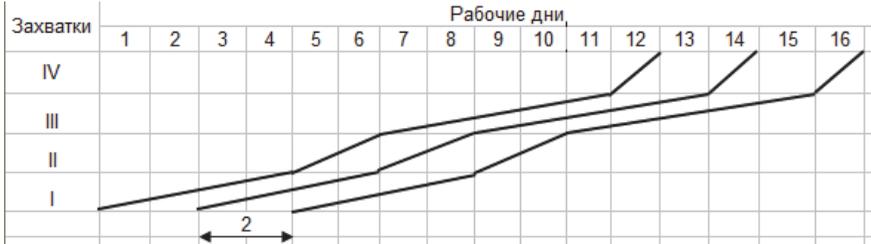


Рис. 1.27. Циклограмма неритмичного потока с однородным изменением ритма с совмещением процессов

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{nm} = \sum_1^n \sum_1^m a_i / \sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i) = \frac{36}{28} = 1,29$$

Проверяем полученную продолжительность строительного потока по одной из двух формул, например:

$$T = t'_{nm} = a_{11}m + \sum_{i=2}^n (a' + b)_{im} + \bar{C}_{ij} (m - 1) = 4 \cdot 3 + (2 + 5 + 1) \cdot 2 - 2(3 - 1) = 16 \quad \text{или}$$

*Пример 5:* Выполнить расчет параметров и построить циклограмму **неритмичного потока** с совмещением работ и с неоднородным изменением ритма при:

$n=4$  (число захваток),  $m=3$  (число работ);

$$a_{1j} = 3, 1, 4, 2 \quad (a_{11} = 3, a_{21} = 1, a_{31} = 4, a_{41} = 2);$$

$$a'_{i2} = 2, 2, 1, 3 \quad (a'_{12} = 2, a'_{22} = 2, a'_{32} = 1, a'_{42} = 3);$$

$$b'_{i2} = 2, 1, 1, 2 \quad (b'_{12} = 2, b'_{22} = 1, b'_{32} = 1, b'_{42} = 2);$$

$$a'_{i3} = 1, 2, 0, 2 \quad (a'_{13} = 1, a'_{23} = 2, a'_{33} = 0, a'_{43} = 2);$$

$$b'_{i3} = 1, 2, 1, 1 \quad (b'_{13} = 1, b'_{23} = 2, b'_{33} = 1, b'_{43} = 1).$$

Расчет выполняется матричным способом по правилам, изложенным в п. 1.5.4.

### Решение

В центре каждой ячейки матрицы записывается продолжительность выполнения работ  $a_{ij}$  для первой работы, соответственно 3; 1; 4; 2 (величина совмещения для первой работы равна нулю), а для последующих работ – сумму  $a'_{ij} + b_{ij}$ . Расчет производится по столбцам сверху вниз. Параметры первого столбца определяются по аналогии ранее рассмотренных нами примеров.

Т а б л и ц а 1.15

Матрица расчета параметров неритмичного потока с неоднородным изменением ритма с совмещением процессов

		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
j		1	2	3			
i		1	2	3			
захватки	I	0 3 3	1 x-2 2+2 5	4 7 x2 1+1 9 6	9	0	9
	II	3 1 4	5 x1 2+1 8	6 9 x1 2+2 13 10	8	2	10
	III	4 4 8	8 1+1 10	10 13 x3 0+1 14 11	7	3	10
	IV	8 2 10	10 3+2 15	11 14 x-1 2+1 17 14	10	-1	9
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =10	T <sub>2</sub> =14	T <sub>3</sub> =10	34	4	38

Начало второй работы на первой захватке определяем по формуле  $t_{12}^H = t_{11}^O - b_{12} = 3 - 2 = 1$  и записываем в левом верхнем углу первой ячейки второго столбца матрицы. Окончание второй работы на первой захватке определяется по формуле:

$$t_{12}^O = t_{12}^H + a'_{12} + b_{12} = 1 + 2 + 2 = 5.$$

Записываем значение 5 в правом нижнем углу ячейки первого столбца в первой строке. Началом второй работы на второй захватке служит окончание ее на первой захватке, т.е.  $t_{22}^H = t_{12}^O = 5$ , а окончание второй работы на второй захватке определяется по формуле:  $t_{22}^O = t_{22}^H + a'_{22} + b_{22} = 5 + 2 + 1 = 8$ .

Аналогично получаем:

$$\begin{aligned} t_{32}^H &= 8, & t_{32}^O &= 8 + 1 + 1 = 10; \\ t_{42}^H &= 10, & t_{42}^O &= 10 + 3 + 2 = 15. \end{aligned}$$

Для корректировки значений начал и окончаний второй работы на всех захватках определяем величины  $d_{ij}$  и  $C_{j-1,j}^i$  по формулам:

$$d_{ij} = t_{i,j-1}^o - b_{ij}$$

$$C_{j-1,j}^i = t_{ij}^h - d_{ij} = t_{ij}^h - t_{i,j-1}^o + b_{ij}$$

$$d_{12} = t_{11}^o - b_{12} = 3 - 2 = 1; \quad C_{12}^1 = 1 - 1 = 0;$$

$$d_{22} = t_{21}^o - b_{22} = 4 - 1 = 3; \quad C_{12}^2 = 5 - 3 = 2;$$

$$d_{32} = t_{31}^o - b_{32} = 8 - 1 = 7; \quad C_{12}^3 = 8 - 7 = 1;$$

$$d_{42} = t_{41}^o - b_{42} = 10 - 2 = 8; \quad C_{12}^4 = 10 - 8 = 2.$$

Отсутствие среди полученных значений  $C_{j-1,j}^i$  отрицательных величин исключает необходимость корректировки начал и окончаний второй работы на всех захватках. Далее вычисляем параметры третьей работы. Начало работы на первой захватке определим как:  $t_{13}^h = t_{12}^o - b_{13} = 5 - 1 = 4$ ,

$$\text{а окончание} - t_{13}^o = t_{13}^h + a_{13}^{\prime} + b_{13} = 4 + 1 + 1 = 6.$$

Параметры третьей работы на последующих захватках будут равны:

$$t_{23}^h = t_{13}^o = 6; \quad t_{23}^o = t_{23}^h + a_{23}^{\prime} + b_{23} = 6 + 2 + 2 = 10;$$

$$t_{33}^h = t_{23}^o = 10; \quad t_{33}^o = t_{33}^h + a_{33}^{\prime} + b_{33} = 10 + 0 + 1 = 11;$$

$$t_{43}^h = t_{33}^o = 11; \quad t_{43}^o = t_{43}^h + a_{43}^{\prime} + b_{43} = 11 + 2 + 1 = 14.$$

Затем необходимо выполнить корректировку начал и окончаний третьей работы, определив величины  $d_{ij}$  и  $C_{j-1,j}^i$ .

$$D_{13} = t_{12}^o - b_{13} = 5 - 1 = 4; \quad C_{23}^1 = 4 - 4 = 0;$$

$$d_{23} = t_{22}^o - b_{23} = 8 - 2 = 6; \quad C_{23}^2 = 6 - 6 = 0;$$

$$d_{33} = t_{32}^o - b_{33} = 10 - 1 = 9; \quad C_{23}^3 = 10 - 9 = 1;$$

$$d_{43} = t_{42}^o - b_{43} = 15 - 1 = 14; \quad C_{23}^4 = 11 - 14 = -3.$$

Принимаем величину  $\Delta C_{23} = \max(-3) = 3$ . Начала и окончания третьей работы на всех захватках увеличим на величину  $\Delta C_{23} = 3$ .

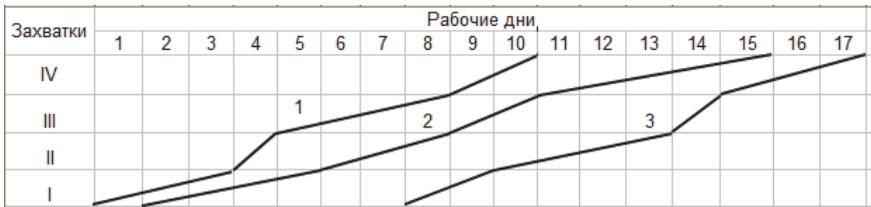


Рис. 1.28. Циклограмма неритмичного потока с неоднородным изменением ритма с совмещением процессов

В заключении необходимо определить окончательные значения перерывов между началами третьей работы и окончаниям второй работы по формуле  $C_{j-1,j}^i = t_{ij}^h - t_{i,j-1}^o$ .

### 1.5.7. Оптимизация строительных потоков

Оптимизация строительного производства означает изменение параметров, которые обеспечивают наилучшие показатели. В качестве таких показателей обычно принимаются:

- минимальная продолжительность строительства;
- минимальная продолжительность выполнения отдельных видов или комплексов работ;
- минимальная стоимость строительства;
- максимальная производительность труда.

Оптимизация строительных потоков может осуществляться с целью достижения сокращения сроков строительства и наилучшего потребления материальных ресурсов.

Оптимизация по направлению наилучшего потребления материальных ресурсов предусматривает не только минимальное, но и равномерное их потребление. В данном курсе этот вид оптимизации не рассматривается (это предмет рассмотрения таких дисциплин, как «Экономика строительства»).

Строительные потоки, сформированные и рассчитанные практически по любому методу организации работ, обычно нуждаются в оптимизации сроков продолжительности работ.

При оптимизации комплексных строительных потоков важное значение приобретает изменение очередности (по возможности) включения захваток в поток. Для объектного потока данный способ оптимизации возможен лишь в случае возведения зданий и сооружений, состоящих из различных модулей.

Для  $n$  объектов, входящих в состав комплексного строительного потока, существует  $n$  вариантов очередности их возведения. Так, например, при организации потока, состоящего из трех захваток (I; II; III), возможно шесть вариантов включения их в поток: 1) I; II; III 2) I; III; II 3) II; I; III 4) II; III; I 5) III; I; II и 6) III; II; I. Совершенно очевидно, что с возрастанием количества захваток, установление полного состава возможных вариантов представляет собой решение достаточно трудоемкой задачи.

Существует ряд методов, позволяющих получить оптимальное решение данной задачи без полного перебора возможных вариантов. Рассмотрим один из способов, позволяющих оптимизировать включение захваток в строительный поток (метод Гунейко Н.Е.).

Данный способ определения рациональной очередности включения захваток в поток предусматривает определение параметров

строительного потока расчетом матрицы. Вначале необходимо составить матрицу и рассчитать параметры строительного потока по правилам, изложенным в п. 1.5.3 и 1.5.4. (дополнительные столбцы матрицы изменены, см. табл. 1.16).

Затем необходимо выделить ведущий процесс, имеющий наибольшую продолжительность  $T_j$ . В ячейки первого дополнительного столбца матрицы записывают суммарную продолжительность работ, предшествующих ведущей работе на данной захватке ( $\sum_{j=1}^{m-1} a_{ij}$ ), а

в ячейки второго дополнительного столбца – продолжительность работ, выполняемых после завершения ведущей работы ( $\sum_{j=m+1}^m a_{ij}$ ). В

третий дополнительный столбец матрицы вписывают коэффициенты очередности, определяемые по формуле:

$$K_o = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} a_{ij}}{\sum_{j=m+1}^m a_{ij}}.$$

Новый порядок включения захваток в поток устанавливается в порядке возрастания их коэффициентов очередности.

При выделении ведущего строительного процесса может встретиться вариант, когда несколько работ имеют одинаковую (наибольшую) продолжительность. В этом случае выбирается вариант с наименьшей суммой коэффициентов очередности.

Возможен также случай, когда несколько захваток имеют одинаковые значения коэффициентов очередности. В этом случае новая матрица формируется из расчета включения захваток (объектов) в поток в порядке убывания разности между продолжительностью выполнения последней и первой работы на данной захватке. Если сравниваемые величины одинаковы, то эти захватки заносятся в матрицу в произвольном порядке.

В случае, если максимальную продолжительность имеет первая работа, то коэффициенты очередности определяются отношением продолжительности процессов первого потока к суммам продолжительности работ всех последующих потоков:

$$K^1_o = a_{i1} / \sum_{j=2}^m a_{ij}$$

Если максимальную продолжительность имеет последний процесс, то коэффициент очередности определяется отношением сумм продолжительности работ, принадлежащих всем предшествующим последнему потоку работам, к продолжительности выполнения последнего процесса:

$$K^m_1 = \sum_{j=1}^{m-1} a_{ij} / a_{mj}.$$

*Пример 1.* Выполнить оптимальную очередность включения захваток в строительный поток по следующим данным

$n=4$ ;  $m=3$ ;

$a_{11}=3$ ;  $a_{21}=1$ ;  $a_{31}=2$ ;  $a_{41}=4$ ;

$a_{12}=4$ ;  $a_{22}=2$ ;  $a_{32}=5$ ;  $a_{42}=1$ ;

$a_{13}=2$ ;  $a_{23}=4$ ;  $a_{33}=4$ ;  $a_{43}=5$ .

*Решение*

Т а б л и ц а 1.16

Матрица предварительного расчета параметров потока

j i		Работы			$\sum_{j=1}^{m-1} a_{ij}$	$\sum_{j=m+1}^m a_{ij}$	$K_0$
		1	2	3			
захватки	I	0 3 3	3 4 7	7 2 9	7	2	3,5
	II	3 1 4	7 2 9	9 4 13	3	4	0,75
	III	4 2 6	9 5 14	13 4 17	7	4	1,75
	IV	6 4 10	14 1 15	17 5 22	5	5	1,0
$T_i$		$T_1=10$	$T_2=12$	$T_3=15$			

Выполним расчет неритмичного строительного потока без совмещения работ по правилам, изложенных в п. 1.5.3. Продолжительность возведения комплекса из 4-х объектов составила 22 единицы времени (табл. 1.16).

Ведущим процессом является третий:  $T_3 > T_2 > T_1$ .

Коэффициент очередности определяется по формуле:

$$K^m_1 = \sum_{j=1}^{m-1} a_{ij} / a_{mj}.$$

Как отношение сумм продолжительностей первых двух процессов к третьему процессу для каждой захватки.

Сравнивая между собой полученные значения коэффициентов очередности, размещая их в порядке возрастания, определяем новую

очередность включения захваток в поток, и формируем новую матрицу.

Т а б л и ц а 1.17

Матрица расчета параметров потока с учетом оптимального включения захваток в поток

j		Работы			$\sum_{j=1}^{m-1} a_{ij}$	$\sum_{j=m+1}^m a_{ij}$	$K_0$
i		1	2	3			
захватки	I	0 1 1	4 2 6	6 4 10	3	4	0,75
	II	1 4 5	6 1 7	10 5 15	5	5	1,0
	III	5 2 7	7 5 12	15 4 19	7	4	1,75
	IV	7 3 10	12 4 16	19 2 21	7	2	3,5
$T_i$		$T_1=10$	$T_2=12$	$T_3=15$			

Расчет новой матрицы показал, что сокращение сроков при проектировании строительного потока достигнуто. Экономия составила 1 единицу времени (22-21=1) или 4,5%.

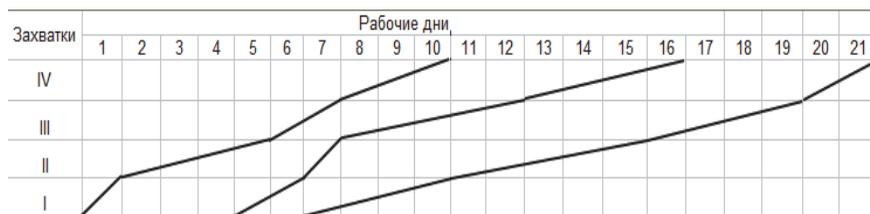


Рис. 1.29. Оптимизированная циклограмма потока

Если выполнить полный перебор всех возможных вариантов организации работ, может быть удастся достичь более оптимальной продолжительности строительства комплекса объектов.

Пример 2. Выполнить оптимизацию объектного потока по критерию «минимальная продолжительность строительства объекта» со следующими исходными данными:

- $n=4; m=3;$
- $a_{i1} = 5, 4, 8, 1$  ( $a_{11} = 5, a_{21} = 4, a_{31} = 8, a_{41} = 1$ );
- $a_{i2} = 3, 1, 2, 4$  ( $a_{12} = 3, a_{22} = 1, a_{32} = 2, a_{42} = 4$ );
- $a_{i3} = 2, 3, 4, 2$  ( $a_{13} = 2, a_{23} = 3, a_{33} = 4, a_{43} = 2$ ).

*Решение*

Выполним расчет параметров строительного потока в соответствии с правилами, изложенными в п. 1.5.3.

Т а б л и ц а 1.18

Матрица расчета параметров исходного потока

j		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 5 5	13 8 3 16	16 2 18	10	8	18
	II	5 4 9	16 7 1 17	18 3 21	8	8	16
	III	9 8 17	17 2 19	21 4 25	14	2	16
	IV	17 1 18	19 4 23	25 2 27	7	3	10
$T_i$		$T_1=18$	$T_2=10$	$T_3=11$	39	21	60

Общая продолжительность строительства по расчету составила 27 единиц времени.

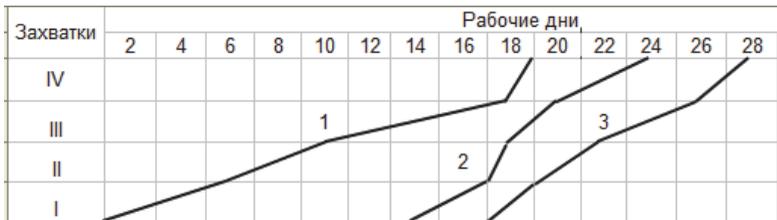


Рис. 1.30. Циклограмма исходного строительного потока

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{ns} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)} = \frac{39}{60} = 0,65$$

Проверим общую продолжительность строительного потока по формулам:

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{j=1}^m a_{ij} + \sum_{j=2}^n a_{im} + \bar{C}_1$$

$$T = t_{nm}^0 = \sum_{i=1}^n a_{il} + \sum_{j=2}^{nm} a_{nj} + \bar{C}_n$$

$$T_0 = t_{43}^0 = (5 + 3 + 2) + (3 + 4 + 2) + (0 + 8) = 27$$

$$T_0 = t_{43}^0 = (5 + 4 + 8 + 1) + (4 + 2) + (1 + 2) = 27.$$

Следовательно, расчеты выполнены верно.

Далее необходимо выполнить оптимизацию потока по критерию «минимальная продолжительность строительства». Оптимизация объектного потока производится с формирования исходной матрицы и расчетов параметров первого столбца, осуществляемого по методике, изложенной в п.1.5.3.

Т а б л и ц а 1.19

Оптимизированная матрица расчета параметров потока

		Работы			$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)$
		1	2	3			
захватки	I	0 5 5	5 3 8	8 2 10	10	0	10
	II	5 4 9	9 1 10	10 3 13	8	0	8
	III	9 8 17	17 2 19	19 4 23	14	0	14
	IV	17 1 18	19 4 23	23 2 25	7	1	8
T <sub>i</sub>		T <sub>1</sub> =18	T <sub>2</sub> =10	T <sub>3</sub> =11	39	1	40

Далее выполняется расчет параметров второго столбца матрицы. Расчет ведется сверху вниз. Время начала второго процесса на первой захватке при этом равно значению окончания первого процесса на первой захватке:  $t_{21}^H = t_{11}^0 = 5$ . Окончание первой работы на

второй захватке равно сумме времени начала работы и ее продолжительности

$$t^{\circ}_{12} = t^h_{12} + a_{12} = 5 + 3 = 8.$$

Полученное значение записывают в нижний правый угол первой ячейки второго столбца матрицы. Сопоставив полученное значение со временем окончания первого процесса на второй захватке:  $t^{\circ}_{21} > t^{\circ}_{12}$  ( $9 > 8$ ), большее из полученных значений считается временем начала второго процесса на второй захватке. Отсутствие простоя между строительными процессами обозначается значком «-».

Аналогично определяется значение начала второго процесса на третьей захватке: т.к.  $17 > 10$ , то  $t^h_{32}=17$ . Окончание данного процесса  $t^{\circ}_{32}$  равно  $19$  ( $17 + 2 = 19$ ).

Значение начала второго процесса на четвертой захватке определяется аналогично:  $19 > 18$ , следовательно,  $t^h_{42} = 19$ . Перерыв между выполнением первого и второго процесса по четвертой захватке составит одну единицу времени ( $19 - 18 = 1$ ).

Таким же образом определяются параметры третьего процесса по всем захваткам.

В результате выполненных расчетов общая продолжительность потока  $T$  составила 25 единиц времени, что на две единицы меньше значения до оптимизации:

$$T - T_{\text{опт}} = 27 - 25 = 2.$$

После заполнения дополнительных столбцов и строку матрицы определяется коэффициент плотности графика

$$K_{nn} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_i}{\sum_1^n \sum_1^m (a_i + \bar{C}_i)} = \frac{39}{40} = 0,975$$

Поскольку при расчете параметров потока данным способом допускается возможность простоя строительных бригад, вид циклограммы будет существенно отличаться от циклограммы того же потока, рассчитанного по универсальной методике. Высокая плотность графика (близкая к единице) была достигнута за счет непрерывного освоения фронта работ. Однако, перерывы в работе строительных бригад не всегда приемлемы, поэтому необходимо стремиться к сокращению перерывов.

С этой целью осуществим там, где это возможно, перемещение процессов слева направо. В результате таких действий обычно удастся добиться непрерывности выполнения первого и второго процесса. При этом необходимо следить за тем, чтобы не возникло совмещения процессов, так как в соответствии с исходными данными необходимо запроектировать поток без совмещения. В связи с полу-

ченным сокращением общей продолжительности потока не удастся полностью избежать перерывов в работе бригад. Продолжительность таких перерывов обычно равна значению сокращения общей продолжительности, которая была достигнута в результате оптимизации.

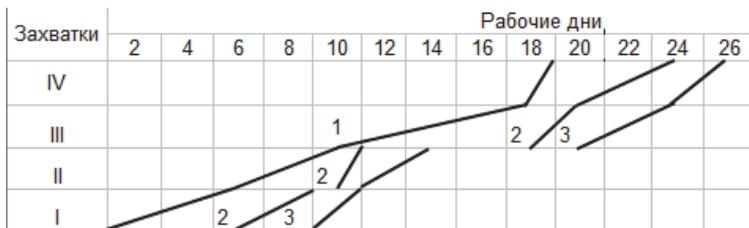


Рис. 1.31. Предварительная циклограмма оптимизированного строительного потока

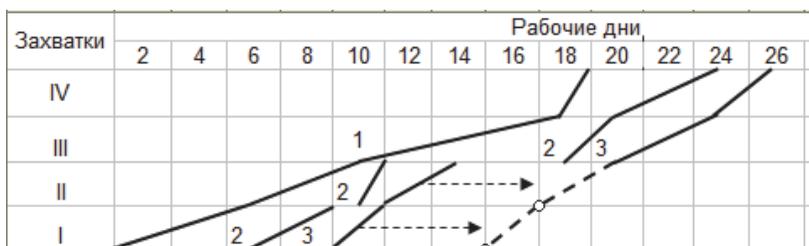


Рис. 1.32. Первый шаг формирования окончательной циклограммы оптимизированного строительного потока

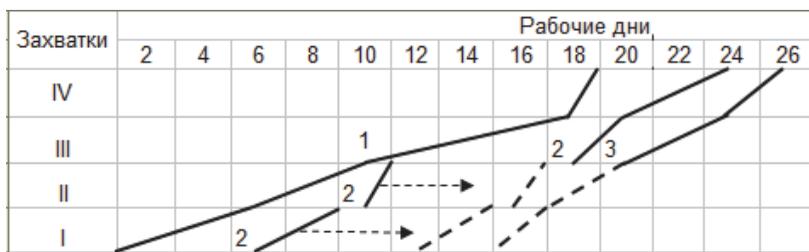


Рис. 1.33. Второй шаг формирования окончательной циклограммы оптимизированного строительного потока

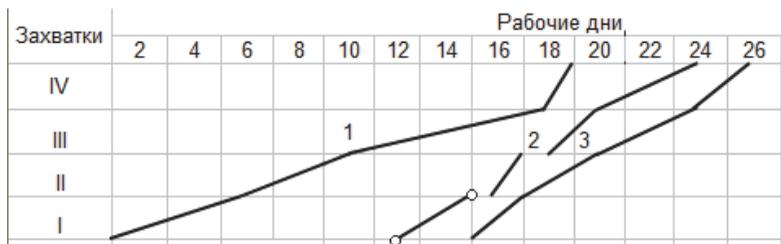


Рис. 1.34. Окончательный вариант циклограммы оптимизированного строительного потока с двумя перерывами

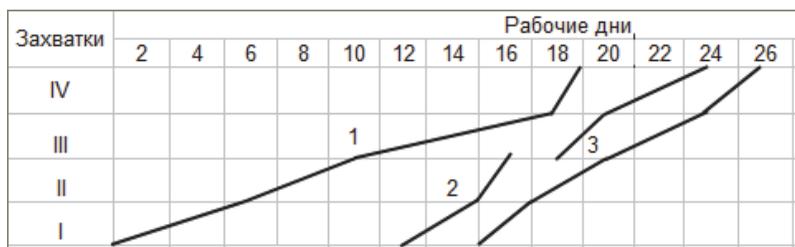


Рис. 1.35. Окончательный вариант циклограммы оптимизированного строительного потока с одним перерывом

На рисунке 1.31 представлена циклограмма оптимизированного строительного потока, построенная в соответствии с рассчитанными значениями параметров.

На рисунках 1.32 и 1.33 показано пошаговое выполнение (для достижения непрерывности процессов) смещения линий циклограммы слева направо. На рисунке 1.32 выполнено смещение третьего процесса на первой и второй захватках. В результате этого смещения достигнута непрерывность выполнения третьего процесса. Далее выполнено смещение второго процесса, выполняемого на второй и первой захватках.

Дальнейшие перемещения процессов вправо невозможны, так как при этом будет происходить совмещение процессов, что недопустимо по условиям задачи.

Суммарное значение организационных перерывов в работе бригад составило две единицы времени, то есть такое количество времени, на которое было получено сокращение общей продолжительности потока в результате его оптимизации.

### 1.5.8. Варианты заданий и контрольные вопросы

Спланировать наиболее оптимальное включение в процесс возведения комплекса зданий, состоящего из четырех объектов: детского сада, школы и двух жилых домов. Возведение каждого здания включает в себя три цикла: нулевой, возведение надземной части и отделочные работы. Каждый цикл работ имеет одинаковую продолжительность. Количество рабочих в бригадах, занятых на каждом из циклов работ –  $r$ . Построить график движения рабочих по возведению комплекса зданий.

Т а б л и ц а 1.20

#### Варианты заданий

№ варианта	Продолжительность строительства			
	Детский сад	Жилой дом	Жилой дом	Школа
1	t	2t	3t	2t
2	2t	t	3t	2t
3	t	2t	4t	t
4	t	3t	2t	2t
5	2t	2t	3t	2t
6	t	4t	3t	t
7	t	2t	2t	2t
8	2t	2t	4t	t
9	2t	3t	4t	2t
10	2t	3t	2t	t
11	2t	t	4t	2t
12	t	t	3t	2t
13	t	2t	4t	3t
14	2t	2t	3t	3t
15	2t	3t	4t	t
16	2t	2t	3t	t
17	t	3t	3t	2t
18	t	3t	2t	2t
19	t	3t	4t	3t
20	3t	2t	4t	t
21	3t	3t	4t	2t
22	3t	2t	4t	3t
23	2t	2t	3t	3t
24	t	2t	3t	t
25	t	3t	2t	2t

Спланировать наиболее оптимальную очередность включения объектов в строительный поток при комплексном возведении зданий и сооружений. Если  $n$  – количество захваток,  $m$  – количество процессов,  $a$  – продолжительность работ на захватке.

Т а б л и ц а 1.21

Варианты заданий

№ варианта	a <sub>11</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>41</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>23</sub>	a <sub>33</sub>	a <sub>43</sub>
1	2	3	4	5	3	2	5	4	3	6	7	4
2	2	3	5	8	4	1	6	8	10	4	6	7
3	4	5	8	9	3	1	6	8	5	7	4	8
4	4	2	6	8	9	12	10	2	4	6	8	9
5	3	5	7	9	1	3	5	7	9	3	5	7
6	2	4	6	8	10	4	2	6	8	10	4	2
7	10	8	6	4	2	2	4	6	8	10	8	6
8	12	10	8	6	4	2	3	5	7	9	11	13
9	15	13	11	9	7	5	3	4	6	8	10	12
10	2	6	10	8	4	1	3	5	7	9	11	9
11	3	5	4	7	6	3	6	8	2	6	4	8
12	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4	3
13	3	5	6	8	10	8	6	6	5	7	4	7
14	4	6	8	10	12	10	11	10	9	8	6	4
15	3	4	7	5	9	3	2	5	7	3	8	9
16	4	7	2	9	2	9	1	6	3	5	2	5
17	2	4	6	8	3	5	2	1	5	7	8	4
18	3	6	9	2	4	6	8	1	3	5	7	9
19	2	6	10	1	3	5	7	9	11	2	4	6
20	3	5	6	7	2	4	6	8	1	3	5	7
21	1	3	5	7	9	2	4	8	3	7	1	4
22	2	6	8	2	3	7	8	3	5	7	4	6
23	2	4	8	9	7	5	3	2	3	4	6	7
24	3	3	4	5	3	4	4	6	2	5	3	6
25	2	8	1	9	3	7	2	8	3	9	2	5
26	1	3	5	7	9	3	6	9	2	6	4	2
27	3	5	7	9	2	4	6	8	10	8	6	4
28	4	2	5	6	3	4	2	6	3	7	3	6
29	3	5	8	3	6	2	8	3	7	3	9	3
30	2	10	8	4	3	6	7	4	3	8	3	4

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит сущность поточного метода строительства?
2. Назовите отличительные особенности поточного метода по сравнению с последовательным и параллельным методами организации работ.
3. Перечислите основные преимущества поточного метода.
4. Назовите основные этапы проектирования строительного потока.
5. Назовите основные признаки, по которым можно классифицировать строительные потоки.
6. Назовите строительные потоки, наиболее распространенные в строительстве.
7. Назовите методы, которые используются для расчета параметров строительного потока.
8. Назовите особенности расчета строительного потока матричным способом.
9. Назовите особенности расчета параметров строительного потока с совмещением работ.
10. Что означает ритмичный поток?
11. Приведите пример равномерного потока.
12. Каким образом учитывается технологический перерыв при расчете параметров строительного потока?
13. Назовите отличительные признаки разноритмичного строительного потока.
14. Приведите пример равномерного потока.
15. Назовите отличительные признаки неритмичного строительного потока с однородным изменением ритма.
16. Приведите пример неритмичного строительного потока с однородным изменением ритма.
17. Назовите отличительные признаки неритмичного строительного потока с неоднородным изменением ритма.
18. Приведите пример неритмичного строительного потока с неоднородным изменением ритма.
19. Что характеризует коэффициент плотности графика?
20. В чем состоит сущность оптимизации строительных потоков по методу Гунейко Н.Е.?
21. Назовите критерии оптимизации строительных потоков.
22. Назовите факторы, определяющие очередность включения объектов в строительный поток.

## **1.6. Определение номенклатуры, объемов работ и потребности в строительных конструкциях и материалов**

### **1.6.1. Определение номенклатуры работ**

Глубокий и всесторонний анализ архитектурно-конструктивной части рабочего проекта позволяет определить не только наиболее рациональные методы организации строительства и технологии строительных процессов, но и установить номенклатуру работ.

Степень детализации работ для каждого вновь возводимого или реконструируемого здания или сооружения зависит от его назначения, конструктивных и объемно-планировочных решений.

Сначала необходимо определить перечень работ подготовительного периода, к которым относятся:

- очистка территории от камней, мусора, кустарника и деревьев;
- снос временных или постоянных зданий или сооружений;
- подготовка участка под строительство в инженерном плане;
- геодезические работы;
- ограждение участка под строительство;
- устройство временных зданий и сооружений;
- доставка и установка машин, механизмов и оборудования;
- доставка и складирование материалов, необходимых для начала работ нулевого цикла.

Подготовительные мероприятия должны быть закончены до начала производства основных работ и оформлены Актом о соответствии выполненных внеплощадочных и внутриплощадочных подготовительных работ требованиям безопасности труда и готовности объекта к началу строительства (СНиП 12-03-2001. Ч.1. Общие требования. Приложение И).

Для упрощения состава подготовительных работ допускается вносить их в номенклатуру укрупненной строкой «Внутриплощадочные подготовительные работы».

Перечень работ по возведению здания или сооружения группируют по циклам: нулевой цикл, надземная часть и отделочные работы (п.1.2).

Специальные, санитарно-технические, электромонтажные и др. работы записываются укрупнено, одной строкой каждая. Мелкие работы группируются. Перечень работ необходимо составлять в их технологической последовательности.

Примерный перечень работ приведен ниже.

Т а б л и ц а 1.22

Унифицированная сокращенная номенклатура работ

№ п/п	Номенклатура работ	Ед. изм.
<b>Нулевой цикл</b>		
1	Предварительная планировка площади бульдозером	1000 м <sup>2</sup>
2	Снятие растительного грунта бульдозером с перемещением до 10 м, с добавлением на каждые 10 м	1000 м <sup>2</sup>
3	Разработка грунта бульдозером	1000 м <sup>3</sup>
4	Обратная засыпка грунта бульдозером	1000 м <sup>3</sup>
5	Разработка грунта экскаватором с погрузкой в автосамосвалы (в отвал)	1000 м <sup>3</sup>
6	Разработка грунта вручную	100 м <sup>3</sup>
7	Обратная засыпка пазух вручную	100 м <sup>3</sup>
8	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками	100 м <sup>3</sup>
9	Транспорт грунта на расстояние 2 км	100 м <sup>3</sup>
10	Крепление стенок инвентарными щитами крепления	м <sup>2</sup>
11	Устройство подстилающих слоев и оснований из песка	м <sup>3</sup>
12	То же, из гравия	м <sup>3</sup>
13	То же, из щебня	м <sup>3</sup>
14	Уплотнение грунтовых оснований	1000 м <sup>3</sup>
15	Водоотлив мокрого грунта	100 м <sup>3</sup>
16	Устройство монолитных бетонных и железобетонных фундаментов	100 м <sup>3</sup>
17	Устройство бутобетонных фундаментов	100 м <sup>3</sup>
18	Установка сборных железобетонных блоков и плит фундаментов	100 м <sup>3</sup>
19	Погружение железобетонных свай	м <sup>3</sup>
20	Устройство буронабивных свай	м <sup>3</sup>
21	Укладка фундаментных балок	100 м <sup>3</sup>
22	Обратная засыпка фундаментных балок песком	100 м <sup>3</sup>
23	Установка анкерных болтов и закладных деталей	т
24	Устройство обмазочной гидроизоляции	100 м <sup>2</sup>
25	Устройство оклеечной гидроизоляции	100 м <sup>2</sup>
26	Устройство стен подвала из фундаментных блоков	100 м <sup>3</sup>
27	Устройство вводов инженерных коммуникаций	шт.
28	Монтаж плит перекрытий и покрытий	100 м <sup>2</sup>
29	Устройство монолитных железобетонных поясов	100 м <sup>3</sup>
30	Устройство монолитных железобетонных перекрытий	100 м <sup>3</sup>
31	Устройство бетонного пола	100 м <sup>3</sup>
32	Монтаж лестничных маршей и площадок	100 м <sup>3</sup>

<b>Возведение надземной части, отделочные работы</b>		
33	Установка железобетонных колонн, стоек, рам	м <sup>3</sup>
34	Установка балок, прогонов, ригелей	м <sup>3</sup>
35	Установка подкрановых балок	м <sup>3</sup>
36	Установка стропильных железобетонных ферм	м <sup>3</sup>
37	Установка крепежных элементов	т
38	Монтаж металлоконструкций колонн, балок, прогонов, стропильных и подстропильных ферм	т
39	Монтаж металлоконструкций подвесных и подкрановых путей	т
40	Антикоррозионная защита металлоконструкций	100 м <sup>3</sup>
41	Установка деревянных конструкций каркасов, балок, арок, ферм	м <sup>3</sup>
42	Возведение каркасов из монолитного железобетона	100 м <sup>3</sup>
43	Укладка панелей, оболочек и плит ребристых	100 м <sup>2</sup>
44	Укладка плит многопустотных	100 м <sup>2</sup>
45	Возведение монолитных железобетонных покрытий и перекрытий	100 м <sup>3</sup>
46	Монтаж металлоконструкций перекрытий и покрытий	т
47	Сборка деревянных конструкций перекрытий и покрытий	м <sup>3</sup>
48	Установка железобетонных лестничных маршей и площадок, 10 м <sup>2</sup> горизонтальной проекции	-
49	Устройство деревянных лестниц, площадок, крылец, м <sup>2</sup> горизонтальной проекции	-
50	Установка металлических ограждений, 100 м <sup>2</sup> ограждений	-
51	Монтаж металлоконструкций лестниц, площадок, козырьков	т
52	Установка стеновых панелей из легкого бетона	100 м <sup>2</sup>
53	То же, из тяжелого бетона	100 м <sup>2</sup>
54	Установка железобетонных перемычек	м <sup>3</sup>
55	Герметизация стыков наружных стеновых панелей	100 м
56	Установка стеновых панелей из легкого бетона в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях	100 м <sup>2</sup>
57	То же, из тяжелого бетона в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях	100 м <sup>2</sup>
58	Герметизация стыков наружных стеновых панелей в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях	100 м
59	Монтаж навесных многослойных панелей с эффективным утеплителем	м <sup>2</sup>
60	Монтаж стальных конструкций многослойных, облегченных	100 м <sup>2</sup>
61	Кладка стен из легкобетонных блоков	м <sup>3</sup>

62	То же, из керамического кирпича	м <sup>3</sup>
63	То же, из силикатного кирпича	м <sup>3</sup>
64	Устройство стен из деревянных щитовых конструкций	100 м <sup>2</sup>
65	Устройство наружных стен из бревен (бруса)	100 м <sup>2</sup>
66	Устройство монолитных железобетонных и бетонных стен	100 м <sup>3</sup>
67	Установка лесов для строительных работ	100 м <sup>2</sup>
68	Установка сборных железобетонных панелей внутренних стен	100 м <sup>2</sup>
69	Установка железобетонных конструкций шахт лифтов	шт.
70	Установка санитарно-технических кабин	шт.
71	Установка коробчатых блоков для мусоропроводов	м <sup>2</sup>
72	Заполнение проемов оконными блоками с установкой подоконных досок промышленных зданий	100 м <sup>2</sup>
73	Заполнение оконными блоками проемов жилых и общественных зданий	100 м <sup>2</sup>
74	Монтаж стальных оконных блоков	т
75	Монтаж алюминиевых конструкций оконных блоков, дверей и ворот	т
76	Остекление стеклом оконным	100 м <sup>2</sup>
77	Остекление стеклом профильным	100 м <sup>2</sup>
78	Установка деревянных блоков	100 м <sup>2</sup>
79	Установка деревянных конструкций ворот	100 м <sup>2</sup>
80	Монтаж стальных конструкций дверей и ворот	т
81	Остекление дверных полотен витринным стеклом	100 м <sup>2</sup>
82	То же, оконным стеклом	100 м <sup>2</sup>
83	Установка деревянных конструкций стропил	м <sup>3</sup>
84	Устройство теплоизоляции кровель плитами теплоизоляционными	100 м <sup>2</sup>
85	То же, минераловатными	100 м <sup>2</sup>
86	Устройство теплоизоляции изделиями из ячеистого бетона, плитами из легкого бетона	100 м <sup>2</sup>
87	Устройство теплоизоляции засыпным утеплителем	м <sup>3</sup>
88	Устройство цементных стяжек	100 м <sup>3</sup>
89	Устройство асфальтобетонных стяжек	100 м <sup>2</sup>
90	Устройство рулонных кровель	100 м <sup>2</sup>
91	Устройство покрытий асбестоцементными листами обыкновенного профиля	100 м <sup>2</sup>
92	То же, усиленного профиля	100 м <sup>2</sup>
93	Устройство покрытий из профилированного настила	100 м <sup>2</sup>
94	Монтаж металлоконструкций ограждений, лазов, люков	100 м
95	Монтаж металлоконструкций фонарей	т
96	Остекление фонарей оконным отелом	100 м <sup>2</sup>

97	То же, профильным и армированным стеклом	100 м <sup>2</sup>
98	Теплоизоляция фонарей, 100 м периметра	-
99	Устройство перегородок из керамического кирпича и камней	100 м <sup>2</sup>
100	То же, из силикатного кирпича	100 м <sup>2</sup>
101	Монтаж металлоконструкций каркасов перегородок	т
102	Устройство монолитных железобетонных и бетонных конструкций перегородок	100 м <sup>3</sup>
103	Установка сборных железобетонных панелей перегородок	100 м <sup>2</sup>
104	Устройство перегородок из легкогобетонных блоков и плит	100 м <sup>2</sup>
105	Остекление перегородок профильным стеклом, включая стеклопакеты	100 м <sup>2</sup>
106	То же, оконным стеклом	100 м <sup>2</sup>
107	Устройство перегородок из стеклоблоков	100 м <sup>2</sup>
108	То же, из асбестоцементных листов и экструзионных панелей	100 м <sup>2</sup>
109	Устройство деревянных перегородок	100 м <sup>2</sup>
110	Установка гипсобетонных панелей, перегородок	100 м <sup>2</sup>
111	Установка защитных стальных сеток	м <sup>2</sup>
112	Установка перегородок из алюминиевых конструкций	м <sup>2</sup>
113	Уплотнение грунта щебнем	100 м <sup>2</sup>
114	Гидроизоляция полов рубероидом	100 м <sup>2</sup>
115	Пропитка оснований битумом	100 м <sup>2</sup>
116	Укладка лаг	100 м <sup>2</sup>
117	Устройство теплоизоляции засыпным утеплителем	100 м <sup>3</sup>
118	Устройство подстилающих слоев из легкого бетона	100 м <sup>3</sup>
119	Устройство бетонной подготовки	100 м <sup>3</sup>
120	Устройство оснований из древесностружечных плит	100 м <sup>2</sup>
121	Устройство полов из досок	100 м <sup>2</sup>
122	Устройство паркетных полов	100 м <sup>2</sup>
123	Устройство полов из плит древесноволокнистых	100 м <sup>2</sup>
124	Устройство покрытий из торцовой шашки	100 м <sup>2</sup>
125	Устройство бетонных полов	100 м <sup>2</sup>
126	Устройство цементных полов	100 м <sup>2</sup>
127	Устройство металлоцементных полов	100 м <sup>2</sup>
128	Устройство полов из керамических плиток	100 м <sup>2</sup>
129	Покрытие полов кислотоупорными плитками	100 м <sup>2</sup>
130	Устройство полов из бетонных и мозаичных плит	100 м <sup>2</sup>
131	То же, из линолеума и полимерных плиточных материалов	100 м <sup>2</sup>

132	Устройство покрытий из булыжного камня и брусчатки	100 м <sup>2</sup>
133	Устройство покрытий из чугунных и стальных штампованных плит	100 м <sup>2</sup>
134	Устройство полов бесшовных, полиэфирных, полимерцементных, поливинилацетатных	100 м <sup>2</sup>
135	Устройство асфальтобетонных полов	100 м <sup>2</sup>
136	Монтаж металлоконструкций подвесных и подшивных потолков	т
137	Устройство подшивных потолков из акустических плит	100 м <sup>2</sup>
138	Устройство подвесных потолков из алюминиевых конструкций	100 м <sup>2</sup>
139	Подшивка потолков асбестоцементными листами	100 м <sup>2</sup>
140	То же, гипсовыми и гипсоволокнистыми плитами	100 м <sup>2</sup>
141	Штукатурка поверхностей	100 м <sup>2</sup>
142	Облицовка поверхностей керамическими плитками	100 м <sup>2</sup>
143	То же, гипсовыми и гипсоволокнистыми плитами, листами	100 м <sup>2</sup>
144	То же, древесноволокнистыми плитами	100 м <sup>2</sup>
145	То же, древесно-стружечными плитами с декоративной отделкой	100 м <sup>2</sup>
146	Обшивка поверхностей досками	100 м <sup>2</sup>
147	То же, акустическими плитами	100 м <sup>2</sup>
148	Изоляция поверхностей теплоизоляционными плитами и блоками	100 м <sup>2</sup>
149	Теплоизоляция поверхностей минераловатными плитами	100 м <sup>2</sup>
150	Обивка поверхностей кровельной сталью	100 м <sup>2</sup>
151	Экранирование помещений стальными листами и сеткой	100 м <sup>2</sup>
152	Окраска поверхностей красками	100 м <sup>2</sup>
153	То же, лаками	100 м <sup>2</sup>
154	То же, масляными красками	100 м <sup>2</sup>
155	Антикоррозионная защита бетонных оштукатуренных поверхностей	100 м <sup>2</sup>
156	Наружная облицовка искусственными плитами	100 м <sup>2</sup>
157	Окраска фасадов	100 м <sup>2</sup>
158	Обделки на фасадах	100 м <sup>2</sup>
<b>Специальные работы</b>		
159	Устройство монолитных каналов, тоннелей, лотков, днищ, галерей	100 м <sup>3</sup>
160	Установка сборных железобетонных подпольных каналов	100 м <sup>3</sup>
161	Перекрытие каналов плитами	100 м <sup>3</sup>
162	Кирпичная кладка каналов, приемков	100 м <sup>3</sup>
163	Кладка, обмуровка и футеровка поверхностей огне-	м <sup>3</sup>

	неупорными изделиями или кирпичом керамическим	
164	Перекрытие каналов рифленой сталью	10 м <sup>2</sup>
165	Монтаж металлоконструкций сушил, кожухов, экранов, камер, подин, балок, каркасов рам, конструкций печей, труб	т
166	Прокладка трубопроводов из труб стальных электросварных	100 м
167	То же, из стальных бесшовных и сварных труб	100 м
168	То же, из труб стальных водогазопроводных	100 м
169	Установка гребенок, грязевиков и запорной арматуры	шт.
170	Установка радиаторов и конвекторов отопительных, труб чугунных отопительных ребристых, 1 кВт	шт.
171	Установка отопительных водогрейных котлов и пароводогрейных котлов, чугунных секционных паровых котлов, 1 кВт	шт.
172	Установка центробежных насосов, комплект	шт.
173	Изоляция горячих поверхностей трубопроводов штучными и полносборными теплоизоляционными изделиями	10 м
174	То же, минераловатными изделиями	10 м
175	Изоляция поверхности трубопроводов оберточными материалами и набивкой теплоизоляционных волокнистых материалов	10 м
176	Покрытие поверхности изоляции тканями и листовыми материалами	10 м
177	То же, теплоизоляционными мастиками	м <sup>3</sup>
178	Оштукатуривание поверхности изоляции раствором с устройством каркаса	м <sup>2</sup>
179	Монтаж воздухопроводов из стальных конструкций	м <sup>2</sup>
180	То же, из алюминиевых конструкций	м <sup>2</sup>
181	Монтаж вентиляторов и вентиляционных агрегатов	комплект
182	Изоляция воздухопроводов штучными и полносборными теплоизоляционными изделиями	м <sup>2</sup>
183	То же, минераловатными изделиями	м <sup>2</sup>
184	Изоляция поверхностей оберточными материалами и набивкой теплоизоляционных волокнистых материалов	м <sup>2</sup>
185	Покрытие поверхности изоляции воздухопроводов тканями и листовыми материалами	м <sup>2</sup>
186	Покрытие поверхности изоляции воздухопроводов теплоизоляционными мастиками с устройством каркаса	м <sup>2</sup>
187	Монтаж водомерных узлов поддонов, баков и т.д.,	комплект
188	Установка умывальников	комплект
189	Установка моек и раковин стальных и чугунных, пить-	комплект

	евых фонтанчиков	
190	Прокладка трубопроводов из чугунных труб	100 м
191	Прокладка труб керамических канализационных	100 м
192	То же, асбестоцементных труб	100 м
193	Прокладка пластмассовых труб	100 м
194	Установка ванн	комплект
195	Установка смесителей	комплект
196	Установка унитазов со смывными бачками и сливов больничных, биде, писсуаров настенных и напольных,	комплект
197	Монтаж проводов установочных	км
198	Монтаж кабелей	км
199	Монтаж электроустановочных изделий (рубильники, выключатели, переключатели)	шт.
200	Монтаж электроконструкций	шт.
201	Прокладка труб стальных	м
202	Установка светильников с люминесцентными лампами	шт.
203	Установка светильников с лампами накаливания	шт.
204	Монтаж арматуры общего назначения	шт.
205	Антикоррозионная защита трубопроводов	100 м <sup>2</sup>
206	Устройство каналов и тоннелей из сборных железобетонных элементов	100 м <sup>3</sup>
207	Устройство углов поворота	100 м <sup>3</sup>
208	Установка сборных железобетонных конструкций эстакад	100 м <sup>3</sup>
209	Монтаж металлоконструкций эстакад	т
210	Устройство оснований под трубопроводы из песка	м <sup>3</sup>
211	То же, из бетона	м <sup>3</sup>
212	Устройство конструкций опускных колодцев, ванн, бассейнов, емкостных сооружений водопровода из монолитного железобетона	м <sup>3</sup>
213	Установка плит покрытий и днищ сооружений водопровода и канализации	100 м <sup>3</sup>
214	Установка сборных железобетонных водопроводных и канализационных колодцев	шт.
215	Укладка трубопроводов из железобетонных напорных труб	м
216	То же, из асбестоцементных труб	м
217	То же, из стальных горячекатаных труб	м
218	То же, из труб стальных водогазопроводных	м
219	Установка вантузов, гидрантов, колонок управления	шт.
220	Протаскивание в футляр стальных труб	10 м
221	Врезка в существующую сеть	1 врезка

222	Переходы под автомобильными и железными дорогами	1 переход
223	Устройство оснований под трубопроводы из щебня	100 м <sup>3</sup>
224	Укладка трубопроводов из безнапорных железобетонных труб	м
225	То же, из чугунных труб	м
226	То же, из керамических труб	м
227	То же, из полиэтилена, поливинилхлорида, полипропилена и других неметаллических материалов	м
228	Устройство дождеприемных колодцев	м <sup>3</sup>
<b>Благоустройство территории</b>		
229	Устройство оснований и покрытий из песка	м <sup>3</sup>
230	То же, из щебня	м <sup>3</sup>
231	То же, из асфальтобетонных смесей	м <sup>2</sup>
231	Устройство цементно-бетонных оснований и покрытий	м <sup>2</sup>
233	Устройство бетонных плитных тротуаров	м <sup>2</sup>
234	Устройство покрытий из сборных железобетонных плит	м <sup>2</sup>
235	То же, из колотого и булыжного камня	м <sup>2</sup>
236	Установка бортовых камней	м
237	Устройство однорядного настила дорог и тротуаров	м <sup>2</sup>
238	Установка дорожных рамных металлических конструкций обустройства дорог	т
239	Укладка водопропускных труб	м
240	Балластировка железнодорожных путей	м <sup>3</sup>
241	Укладка железнодорожных путей нормальной колеи отдельными элементами с послеосадочным ремонтом	км пути
242	Устройство железобетонных оград	м <sup>2</sup>
243	Устройство оград и ограждений из сетки, сетчатых панелей, колючей проволоки	м <sup>2</sup>
244	Навеска ворот и калиток	м <sup>2</sup>
245	Механизированная и ручная обработка почв	100 м <sup>2</sup>
246	Посадка деревьев и кустарников цветников	10 шт.

### 1.6.2. Подсчет объемов земляных работ

Подсчет объемов работ – наиболее трудоемкая и ответственная часть проектной работы, которую необходимо выполнять в табличной форме в соответствии с номенклатурой. Форма таблиц для подсчета объемов работ должна применяться наиболее рациональная и унифицированная.

Т а б л и ц а 1.23

Унифицированная форма таблицы для подсчета объемов работ

Наименование работ и чертежей	Эскиз сооружения	Формулы подсчета	Единица измерения	Кол-во
1	2	3	4	5

Подсчет объемов работ следует вести в определенной последовательности, отдельно по работам при возведении подземной части здания (нулевого цикла) и надземной части.

При составлении подсчетов для жилых домов со встроенными нежилыми помещениями их надо выполнять отдельно для жилой и нежилой частей здания, в соответствии с указаниями СП 81-01-94.

Подсчеты объемов работ по конструктивным элементам и видам работ следует вести и располагать в ведомости в такой последовательности, чтобы в последующих таблицах можно было использовать полученные результаты предыдущих таблиц.

*Общие указания.* Для подсчета объемов земляных работ необходимо, определить: черные отметки поверхности земли; уровень грунтовых вод; силу притока грунтовых вод; классификацию грунтов по группам и условия производства работ.

Для облегчения подсчетов объемов работ целесообразно сделать эскиз земляных работ, приняв за его основу план котлована и траншей с размерами в осях стен, а на сечении профиля показать вычисленные отметки.

На разработку механизмами сухих и сильно налипающих грунтов установлены различные нормы. При ручной разработке к сухим относятся грунты естественной влажности, к мокрым – грунты, лежащие ниже уровня грунтовых вод.

Уровень грунтовых вод (УГВ) устанавливается по разрезам буровых скважин, выполняемым в соответствии с «Заключением об инженерно-геологических условиях участка строительства».

При наличии грунтовых вод в пределах выемки мокрыми следует считать не только те грунты, расположенные ниже УГВ и находящиеся под их воздействием в период производства работ, но и расположенные выше УГВ на следующую величину (м):

пески и легкие супеси – 0,3;

пески пылеватые и тяжелые супеси – 0,5;

суглинки, глины и лёссовые грунты – 1,0.

Увеличение толщины слоя мокрых грунтов на указанные величины учитывается только в объемах работ, относящихся к разработке грунтов. Классификация грунтов и пород приведена в таблицах 1-1; 1-3 и 1-4 Технической части Сборника ГЭСН-2001-01 «Земляные работы».

Способ выполнения работ принимается вручную или с помощью землеройных машин. Разработку котлованов под здания следует производить экскаваторами – 93% объема, а срезку недоборов – 5,25% объема – механизированным способом и 1,75% объема – вручную. Разработку траншей, как правило, следует вести механизированным способом – 97% объема, а зачистку недоборов вручную – 3% объема разработки. Недоборы входят в общий объем земляных работ.

Для выполнения земляных работ в гражданском строительстве применяются преимущественно одноковшовые экскаваторы с прямой лопатой емкостью ковша до 1 м<sup>3</sup> типа Э-352, драглайн емкостью ковша 0,5 м<sup>3</sup> и бульдозеры мощностью от 100 Вт.

Излишки грунта отвозятся за пределы строительной площадки. Грунт, пригодный для обратной подсыпки отвозится для временного складирования на расстояние до 1 км.

Расстояние подвозки недостающего грунта для подсыпки территории и расстояние отвозки излишнего грунта устанавливаются в каждом конкретном случае.

Для транспортировки грунта при работе экскаваторов непосредственно на транспорт применяются преимущественно автосамосвалы грузоподъемностью от 10 до 15 т.

Объем работ по выемке котлованов, отрывке траншей, устройству насыпей и обратной засыпке подсчитывается в кубических метрах путем обмера в плотном теле с подразделением по:

- а) группам грунта (I, II, III, IV, V, VI);
- б) влажности грунта (сухой, мокрый, налипающий);
- в) способу выполнения работ (экскаватором в отвал или с погрузкой в транспортные средства, с перемещением бульдозером, вручную);
- г) без крепления с откосами или с креплением (дощатым, шпунтовым), откосов. При этом площадь крепления подсчитывается по его высоте от дна выемки;
- д) площади сечения небольших котлованов, разрабатываемых вручную (до 2,5, до 5, до 20 м<sup>2</sup>);
- е) глубине траншей, разрабатываемых вручную (до 2, до 3 м) и по их ширине (до 2 м, и более 2, 0 м).

Глубина земляных выемок под здания и сооружения принимается от черной отметки до дна выемки:

- а) для зданий с подвалом отметкой дна котлована является низ подстилающего слоя под полы;
- б) отметкой дна траншеи для фундамента является отметка подошвы после него, а для трубопроводов – отметка заложения труб. При устройстве подушки (подсыпки) под подошву фундаментов или основания под трубопроводы, соответственно увеличивается и глубина траншей;
- в) при отрывке траншей в пределах котлована глубина их исчисляется от отметки дна котлована, а не от черной отметки;
- г) если срезка растительного слоя земли подсчитана отдельно, глубина отрывки котлована или траншей уменьшается на толщину срезки.

Ширина дна котлована или траншей для фундаментов вычисляется с добавлением к проектным размерам:

- а) при рытье с креплениями – 0,3 м;
- б) при рытье со шпунтовым ограждением – 0,4 м;
- в) при вертикальной гидроизоляции фундаментов – 0,6 м.

При рытье с откосами без креплений проектные размеры принимаются с добавками на величину естественного откоса.

Проектными размерами являются:

- а) для траншей – ширина подошвы фундаментов;
- б) для котлованов – расстояние между наружными плоскостями подушек фундаментов.

Ширина по дну траншей с вертикальными стенками для трубопроводов принимается по табл. 1.24.

Т а б л и ц а 1.24

Определение ширины траншей для трубопроводов

Наименование трубопроводов и способ укладки	Ширина траншей, принимаемая равной диаметру трубопровода с добавлением к нему следующих величин, м		
	без креплений	с креплением	со шпунтовым ограждением
Стальные и чугунные трубопроводы укладываемые: - в виде петель или секций - отдельными трубами при диаметре до 0,5 м; - то же, при наружном диаметре от 0,5 до 0,7 м	0,3 0,5 0,8	0,6 0,8 1,1	0,7 0,9 1,2
Трубопроводы из бетонных, ж/бетонных, асбоцементных, керамических и пластиковых раструбных труб диаметром: - до 0,5 м ; - от 0,5 до 0,7 м	0,6 1,0	0,9 1,3	1,0 1,4
Трубопроводы из бетонных и ж/бетонных труб на фальцах и муфтах диаметром - до 0,5 м; - от 0,5 до 0,7 м	0,8 1,2	1,1 1,5	1, 1,6

*Примечания.*

1. Ширину траншей для трубопроводов, укладываемых в каналах или защищаемых специальной конструкцией, следует принимать равной проектной ширине канала, включая толщину стенок защитной конструкции, с добавлением 0,2 м.

2. Ширина траншей для трубопроводов диаметром более 0,7 м и на кривых участках трассы устанавливается проектом производства работ.

3. Ширина траншей с откосами по дну принимается равной диаметру трубопровода с добавлением 0,3 м.

Крутизна откосов котлована и траншей, выполняемых без креплений, должна приниматься не менее значений, указанных в табл. 1.25.

Т а б л и ц а 1.25

Крутизна откосов котлованов и траншей

Вид грунта	Крутизна откосов при глубине выемки (отношение высоты откоса к заложению), м		
	до 1,5	до 3,0	до 5,0
Насыпной	1:0,67	1:1,0	1:1,25
Песчаный и гравелистый	1:0,5	1:1,0	1:1,0
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:1,0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0,0	1:0,25	1:0,5
Лессовый сухой	1:0,0	1:0,5	1:0,5
Моренный песчаный и супесчаный	1:0,25	1:0,57	1:0,75
Моренный суглинистый	1:0,2	1:0,5	1:0,65

*Примечания.*

1. При глубине выемки более 5 м крутизна откосов устанавливается расчетом.

2. В глинистых грунтах, переувлажненных дождевыми, снеговыми, талыми и другими водами, крутизна откосов уменьшается до 1 : 1.

3. К насыпным относятся грунты, пролежавшие в отвале менее 6 месяцев и не подвергавшиеся искусственному уплотнению.

Во всех случаях ширина траншей должна приниматься не менее 0,7 м между креплениями, а при разработке землеройными машинами – не менее ширины режущей кромки рабочей части машины с добавлением в песчаных грунтах 0,15 м, в глинистых – 0,1 м.

Объем траншей для укладки трубопроводов, исчисленный в указанном порядке, следует увеличить на объем прямых, необходимых для заделки стыков.

Объем излишнего грунта, подлежащего отвозке или планировке на месте, определяется по количеству грунта, вытесненного фундаментами, подвалами, техническими подпольями и другими сооружениями. При исчислении объема, вытесненного сооружениями, их площадь следует измерять между наружными гранями стен, а высоту – от подошвы заложения до отметки земли. Объем грунта, укладываемого в насыпь, должен исчисляться в плотном состоянии по проектным профилям.

При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия:

- при напряжении 35 кВ и выше – железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм;
- при напряжении ниже 35 кВ – плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей;
- при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля – вдоль трассы кабельной линии.

Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1- 1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т.п. рассматриваются как места, где разрывы производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии до 2 м в каждую сторону от пересечения коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее: линий до 20 кВ – 0,7 м; 35 кВ – 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения – 1 м.

Кабельные маслonaполненные линии 110-220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах).

Прокладка кабельных линий 6-10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

- 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;

- 250 мм между кабелями 20 – 35 кВ и между ними и другими кабелями;

- 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

- 500 мм между маслonaполненными кабелями – 220 кВ и другими кабелями, при этом кабельные маслonaполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро.

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение указанных расстояний до 100 мм. Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

При пересечении кабельными линиями других кабелей, они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м. Это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ может быть уменьшено до 0,15 м, при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала. Кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

При пересечении кабельными линиями трубопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслonaполненной линией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

При прокладке кабелей в несколько ярусов глубина траншей увеличивается с учётом обеспечения нормируемого расстояния от верха траншеи до верхнего слоя кабеля и устройства постели тол-

шиной 0,05 м между ярусами кабелей и 0,1 м между нижним ярусом и дном траншеи.

Объемы работ на автомобильные перевозки грунта следует определять дополнительно, кроме работ по устройству сливной призмы и перемещению грунта автомобилями-самосвалами для отсыпки насыпей в пределах болота, где затраты на перевозки нормами учтены.

Дальность перемещения грунта следует принимать: при работе скреперов – равной половине всего пути (в оба конца) за один цикл, при работе бульдозеров – расстоянию между центрами тяжести выемки и насыпи (отвала).

Затраты на проведение водоотливных работ при разработке грунтов следует исчислять только на объем грунта, лежащего ниже проектного уровня грунтовых вод. При водоотливе из котлованов площадью по дну до 30 м<sup>2</sup> и траншеи шириной по дну до 2 м, за исключением траншей уличных и внеплощадочных коммуникаций следует применять нормы, приведенные в табл. 02-068 (ГЭСН 81-02-01-2001. Сборник № 1 «Земляные работы»).

При водоотливе из котлованов площадью по дну более 30 м<sup>2</sup>, из траншей шириной по дну более 2 м, а также из траншей для внеплощадочных и уличных коммуникаций должны составляться калькуляции на основании проектных данных о силе притока воды, продолжительности производства водоотливных работ и применяемых водоотливных средствах

Объем грунтов, предназначенных к разрыхлению, следует определять в естественном залегании на основе проектных данных с разделением по группам грунтов и по способам производства работ.

Объем грунтов, предназначенных к массовому выбросу (сбросу), следует определять по проектному очертанию выемки с разделением грунтов по группам. Если в поперечном сечении грунт одной группы составляет не менее 75%, то весь объем грунта принимается по одной группе крепости.

Объем работ по зачистке бортов, дна выемок и карьеров, следует принимать по рекомендациям технической части сборника.

Объем работ по корчевке пней взрывным способом следует определять исходя из среднего диаметра пней.

Объемы работ при взрывах на выброс или сброс определяются в плотном теле по полному профильному объему грунта в выемке. Объем буровых работ, способ бурения, тип бурового агрегата следует определять по проекту с учетом классификации грунтов.

Объем грунтов при сооружении шахтных колодцев надлежит исчислять по наружному очертанию конструкций постоянной обделки.

Объем работ по креплению колодца, устройству донного фильтра определяется по проекту.

Нормами предусматривается бурение скважин в нормальных геологических условиях. В случаях осложнений, вызванных причинами геологического характера и происшедших не по вине исполнителя работ (поглощения и уходы промывочной жидкости через трещины и пустоты в горных породах, в случае необходимости замены глинистого раствора и др.), затраты труда, машин и материалов, связанные с ликвидацией осложнений, определяются по фактическим данным на основании актов, составленных с участием заказчика (генподрядчика).

Скважины, выполнившие свое назначение, а также скважины, бурение которых прекращено по техническим или другим причинам, по согласованию с соответствующими инстанциями в установленном порядке, подлежат ликвидации или приспособлению под наблюдательные скважины.

Объем работ на рекультивацию почвы после завершения работ, если это предусматривается проектом, определяются отдельным расчетом. В случаях, предусмотренных проектом, следует дополнительно определять затраты на отдельные работы и устройства, потребность в которых встречается при производстве буровых работ, а именно:

- расчистку и планировку строительной площадки;
- устройство дорог и ограждений ограждений;
- устройство технологических водоводов для подачи воды и сброса откачиваемой пульпы и воды при разглинизации зоны водопритока и пробной откачке;
- устройство якорей для крепления растяжек мачты бурового станка, устройство защитного заземления;
- подвод сетей электро – и теплоснабжения,

Скважины, выполнившие свое назначение или скважины, бурение которых прекращено по техническим или другим причинам, подлежат ликвидации или приспособлению под наблюдательные в установленном порядке.

*Подсчет объемов выемок производят с использованием плана и разреза подземной части здания или сооружения, по которым определяют наличие подвала, технического подполья, типы, расположе-*

ние и общее количество фундаментов. Для заложения фундаментов многоэтажных гражданских и промышленных зданий разрабатывается общий котлован или траншеи под ленточные фундаменты. Решение о типе земляного сооружения под отдельно стоящие фундаменты колонн (вариант одноэтажного промышленного здания) принимается после разработки профилей отдельных котлованов под каждый фундамент по продольным и поперечным осям. Результаты построения сводятся к трем вариантам, при которых откосы котлованов:

- пересекаются по продольным и поперечным осям, разрабатывается общий котлован;
- пересекаются по продольным осям, в этом случае отрываются траншеи по каждой оси;
- не пересекаются, в подобном варианте разрабатываются отдельные выемки (ямы) под каждый фундамент.

Объем земляных работ при снятии растительного грунта (1000 м<sup>2</sup> или 100 м<sup>3</sup>) определяется путем установления общей площади здания или сооружения по внешней границе с добавлением к каждой стороне 10-20 м. Снятие растительного грунта осуществляется в зависимости от принятой схемы производства работ и дальности транспортировки грунта (бульдозером, скреперами или с погрузкой экскаваторами в автосамосвалы).

Расчетные схемы для определения объемов выемок грунта при отрывке общего котлована и траншей:

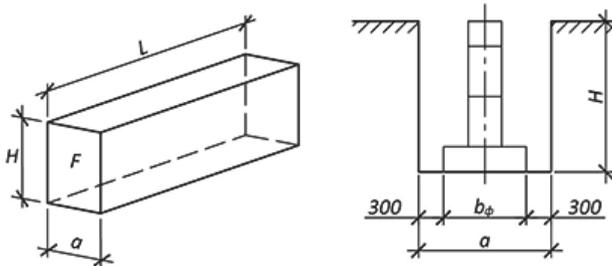


Рис. 1.36. Схема траншеи с вертикальными стенками

$$V = a \cdot H \cdot L$$

Где  $a$  – размер (ширина) траншеи по дну;  $H$  – глубина заложения фундамента;  $L$  – длина траншеи.

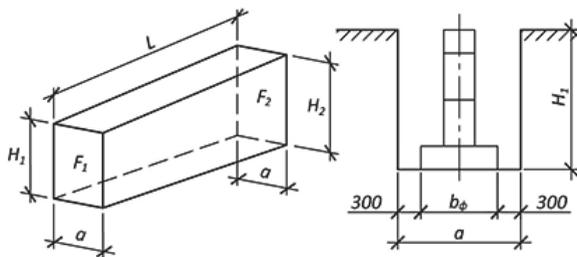


Рис. 1.37. Схема траншеи с вертикальными стенками и разными глубинами

$$V = a \cdot \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) \cdot L \quad \text{или} \quad V = \left( \frac{F_1 + F_2}{2} \right) \cdot L$$

Где  $a$  – размер (ширина) траншеи по дну;  $H_1$  и  $H_2$  – глубины заложения фундамента различающиеся из-за уклона местности;  $F_1$  и  $F_2$  – площади сечения траншеи;  $L$  – длина траншеи,

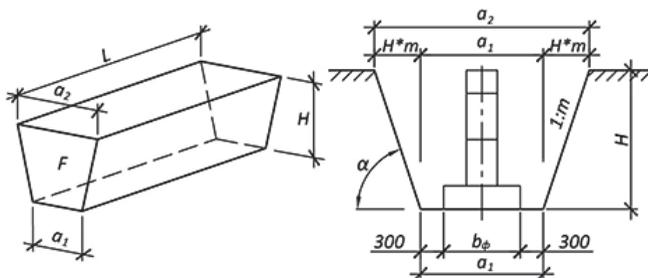


Рис. 1.38. Схема траншеи (котлована) с боковыми откосами

$$V = \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot H \cdot L$$

Где  $a_2 = a_1 + 2m \cdot H$  или  $a_2 = a_1 + m \cdot H + mH$ ;

$a_2$  – ширина котлована по верху,  $1:m$  принимается по таблице 1.25.

При устройстве въездной траншеи ее объем вычисляется по формуле:

$$V = m' \cdot \left( \frac{bH^2}{2} + \frac{mH^3}{3} \right)$$

Где  $m$  и  $m'$  – коэффициенты заложения откосов дна траншеи и котлована ( $m' = 1,25$ );  $b = 4,0$  м ширина въездной траншеи по дну.

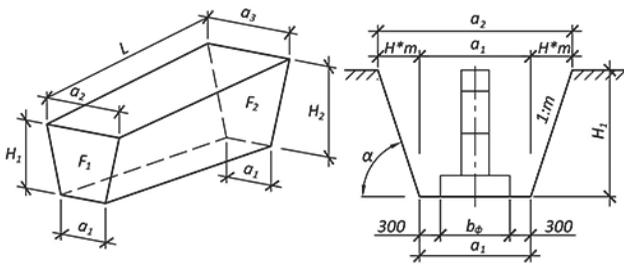


Рис. 1.39. Схема траншеи с боковыми откосами и уклоном

$$V = \left( F_{cp} + \frac{(H_2 - H_1)^2}{12} \right) \cdot L \quad \text{или} \quad V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot m \cdot \left( \frac{H_2 - H_1}{6} \right)^2 L$$

Где  $F_{cp}$  – площадь поперечного сечения в середине траншеи.

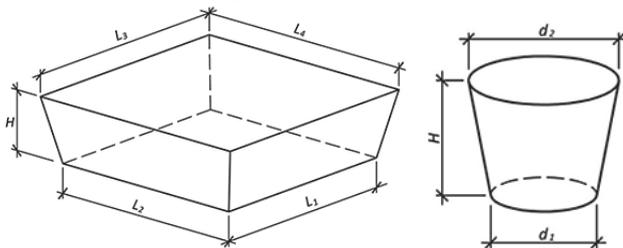


Рис. 1.40. Схема прямоугольного и круглого котлована с откосами

В том случае, если откосы предусматриваются и с торцевой части, объем котлована может быть вычислен по формуле:

$$V = \frac{H}{6} [L_1 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_4 + (L_1 + L_3)(L_2 + L_4)] - \text{прямоугольного котлована}$$

$$V = \frac{\pi \cdot H}{3} [R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2] - \text{круглого котлована.}$$

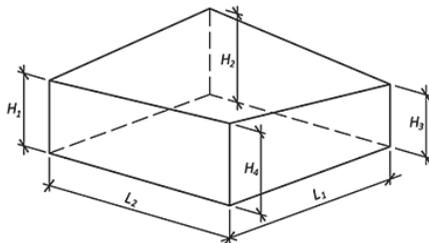


Рис. 1.41. Схема котлована с разными глубинами

$$V = \frac{L_1 \cdot L_2}{4} [H_1 + H_2 + H_3 + H_4]$$

*Пример.* Определить объем котлована, имеющего размеры по дну  $a \cdot b = 9 \cdot 18$  м. Глубина котлована составляет 2,9 м. Грунт-песчаный (крутизна откосов  $1:m = 1:1,0$ ). Рельеф местности ровный. Остальные данные представлены на рис. 1.42.

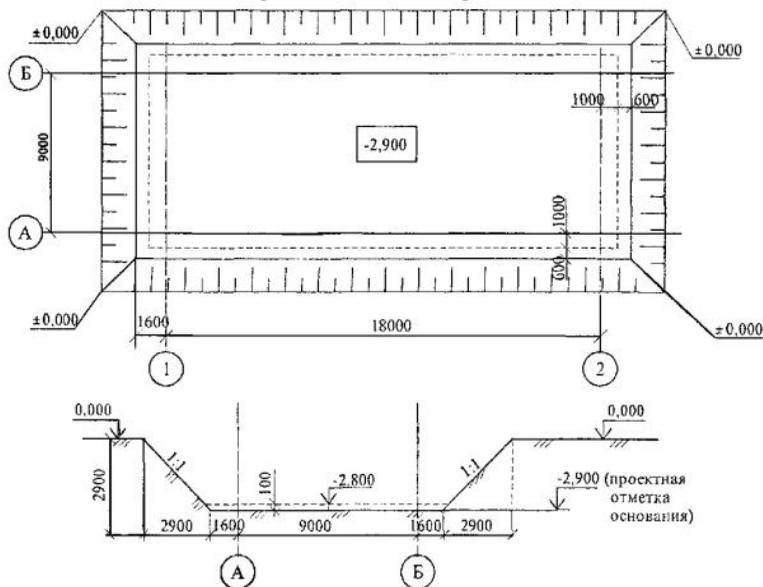


Рис. 1.42. Схема котлована

### Решение

При решении данной задачи воспользуемся формулой и расчетной схемой для подсчета объема котлована, приведенной к рисунку 1.40. Где  $L_1 = 9,0 + 1,6 + 1,6 = 12,2$  м по дну котлована (короткая сторона);  $L_2 = 18,0 + 1,6 + 1,6 = 21,2$  м по дну котлована (длинная сторона);  $L_3 = L_1 + 2,9 + 2,9 = 12,2 + 5,8 = 18,0$  м по верху котлована (короткая сторона);  $L_4 = L_2 + 2,9 + 2,9 = 21,2 + 5,8 = 27,0$  м по верху котлована (длинная сторона). Тогда объем котлована будет вычислен как:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{H}{6} [L_1 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_4 + (L_1 + L_3)(L_2 + L_4)] = \\
 &= \frac{2,8}{6} [12,2 \cdot 21,2 + 18,0 \cdot 27,0 + (12,2 + 18,0)(21,2 + 27,0)] = 740 \text{ м}^3
 \end{aligned}$$

Объем ручной доработки недобра грунта будет равен

$$V_n = 0,1 \cdot L_1 \cdot L_2 = 0,1 \cdot 12,2 \cdot 21,2 = 25,9 \text{ м}^3$$

### **1.6.3. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций**

При подсчете объемов работ при возведении зданий и сооружений из сборных бетонных и железобетонных конструкций необходимо иметь в виду, что в нормах, учитывающих трудоемкость и стоимость монтажа или стоимости самого изделия, зависит от площади или длины (пролета) сборных конструкций.

При подсчете объемов работ следует руководствоваться следующими правилами:

- для изделий, единицей измерения которых установлен кубический метр, объем определяется за вычетом пустот, т. е. в плотном теле (облицовочный слой включается в объем);

- для изделий, единицей измерения которых установлен квадратный метр, площадь определяется за вычетом проемов, отверстий и вырезов. Площадь проемов, отверстий и вырезов исчисляется по их размерам в свету. Отверстия и вырезы площадью до 100 см<sup>2</sup> каждого из площади изделий не исключаются.

Площадь лестничных маршей определяется по наружным размерам с учета фактической длины марша;

- для изделий, единицей измерения которых установлен погонный метр, длина определяется без учета выступающих закладных частей;

- пролет панелей, плит и настилов перекрытий и покрытий, опирающийся на две короткие стороны, на две длинные стороны и по контуру, принимается равным длине короткой стороны, а опирающийся на четыре точки по углам или на одну сторону и два угла – равным длине диагонали изделия;

- техническая характеристика изделий (масса, объем, марка бетона, расход класс арматуры, геометрические размеры и т.д.) принимается по ГОСТам, каталогам и чертежам;

- при подсчете объемов работ на строительство крупнопанельных зданий, для которых применяются объемные санитарно-технические кабины, указывается только количество кабин. Перегородки, полы, двери, трубопроводы, электропроводка, санитарно-технические и электромонтажные приборы и арматура, входящие в комплект кабины, отдельно не подсчитываются, так как их стоимость должна включаться в комплексную калькуляцию стоимости кабины. В кирпичных зданиях устройств санитарно-технических узлов учитывается из отдельных элементов, собираемых на месте.

При подсчете объема, площади и длины изделий для определения стоимости их монтажа следует руководствоваться следующими правилами:

- объем сборных железобетонных конструкций из тяжелого бетона с измерителем «кубический метр» следует определять по спецификации к проекту, за исключением блоков стен подвалов, объем которых определяется по наружному обмеру;

- площадь сборных конструкций с измерителем «квадратный метр» следует определять по наружному обводу конструкций без вычета проемов;

- длину раструбных труб следует принимать по длине труб за вычетом глубины раструба.

Объемы конструкций каналов, ниш, неподвижных опор тепловых сетей, канализационных коллекторов, конструкций оград и рам следует исчислять как сумм объемов отдельных сборных конструктивных элементов (колонны, стойки, балок стены, плиты и т. д.).

Объем конструкций ниш и камер тепловых сетей, состоящих из железобетонных конструкций и каменной кладки, определяется как сумма объемов каменных и железобетонных сборных и монолитных конструкций, при этом объемы бетона и раствора для замоноличивания сборных конструкций в общий объем не включаются.

Объем работ по прокладке железобетонных трубопроводов технического водоснабжения следует определять по проектной линии трубопроводов за вычетом участков, занятых фасонными частями и колодцами.

Объем работ по устройству стен камер тепловых сетей следует определять без вычета отверстий для прокладки трубопроводов.

Длина деформационных швов (в метрах шва) должна определяться только с одной стороны по высоте здания.

Большая часть данных о характере и количестве сборных бетонных, железобетонных и гипсобетонных изделий, необходимых для составления смет, принимается, как сказано выше, из проектных спецификаций.

В тех случаях, когда подсчеты в проектных спецификациях не обеспечивают все необходимые сметные измерители, их приходится подсчитывать дополнительно. Формы применяемых таблиц для таких подсчетов зависят от характера подсчета.

#### **1.6.4. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из монолитных бетонных и железобетонных конструкций**

Подсчет объемов работ по устройству монолитных бетонных и железобетонных конструкций заключается в определении объема укладываемого бетона и массы устанавливаемой арматуры.

Объем бетона, уложенного в конструкции, определяется по проектным спецификациям или подсчитывается по проектным размерам конструкций, вид и марка бетона по каждой конструкции отдельно.

Массу устанавливаемой арматуры следует указывать отдельно по каждой марке стали, а массу закладных деталей и анкерных болтов – отдельно по каждой разновидности. Масса арматуры и деталей принимается по проектным спецификациям. Масса установочных приспособлений (кондуктора, подвески и т.д.), который остаются в теле бетона, включается в объем работ по данным проекта организации работ.

Объем железобетонных и бетонных фундаментов под здания, сооружения и оборудование следует исчислять за вычетом объемов, занимаемых нишами, проемами, каналами и колодцами. Подколонники периметром более 10 м включаются в объем фундаментов, а подколонники периметром до 10 м и высотой более 10 м следует разделять: как фундаменты до верхнего уступа и как подколонники. Подсчет фундаментов подразделяется в зависимости от объема одного массива: до 3, до 5, до 10, до 25 и более 25 м<sup>3</sup>.

Объем железобетонных колонн следует определять по их сечению, умноженному на высоту колонн, с подразделением в зависимости от периметра сечения: до 2, до 3 и более 3 м.

Высоту колонн следует принимать:

- при ребристых перекрытиях – от верха башмаков до нижней поверхности плит,
- при каркасных конструкциях – от верха башмаков до верха колонн;
- при безбалочных перекрытиях – от верха башмаков до низа капители. При наличии консолей их объем включается в объем колонн.

Объем железобетонных балок и прогонов следует определять по их сечению, умноженному на длину, с подразделением по высоте балок: до 500, до 800 и более 800 мм.

Длина прогонов, опирающихся на колонны, принимается равной расстоянию между внутренними гранями колонн. Длина прогонов и балок, опирающихся на стены, определяется с учетом длины опорных частей, входящих в стены.

Сечение прогонов или балок принимается при каркасных конструкциях и отдельных балках полное, при ребристых перекрытиях – без учета плиты. При наличии вутов их объем должен включаться в объем балок.

Объем железобетонных плит следует определять с учетом опорных частей плиты, входящих в стены. В подсчете указывать толщину плит перекрытий: до 200 и более 200 мм.

Объем стен и перегородок следует определять за вычетом проемов с указанием толщины конструкции: до 100, до 150, до 200, до 300, до 500, до 1000, до 2000 мм.

Объем железобетона в сооружениях, возводимых в скользящей опалубке, следует исчислять с учетом проектной толщины стен.

Объем сводов оболочек следует исчислять с включением объемов диафрагм.

Объем бункеров следует определять как сумму объемов стенок бункеров и примыкающих к ним поддерживающих балок.

Объем бетона конструкций, для которых применяются нормы с жесткой арматурой, следует определять за вычетом объемов занимаемых жесткой арматурой (стальными сердечниками).

Объем работ по торкретированию и железнению поверхностей емкостных сооружений следует принимать по проектным данным.

При определении затрат особое внимание следует обращать на объемы работ, связанные с применением индустриальных многократно оборачиваемых опалубок: разборно-переставной мелкощитовой или крупнощитовой, объемно-переставной, блочной и скользящей.

При подсчете основных материалов по конкретной норме их расход может уточняться в соответствии с рабочими чертежами, в части: арматуры – по классу, технологии укладки в конструкции (стержнями или каркасами); бетона - по классу (марке) и характеристике бетона (гидротехнический, тяжелый с учетом морозостойкости и водонепроницаемости).

Основные материалы со знаком «П» должны приниматься по рабочим чертежам в геометрических размерах с учетом неустраняемых потерь по РДС 82-202-96.

### 1.6.5. Подсчет объемов работ при устройстве свайных фундаментов

В современном строительстве применяются следующие виды свай: сборные железобетонные квадратного сечения полнотелые и с пустотами, круглого сечения трубчатые, сваи-оболочки, буронабивные сваи, металлические и деревянные.

Объемы работ для определения стоимости погружения и стоимости изделий подсчитываются отдельно, так как расход свай в первом и втором случаях определяется по-разному.

Подсчет объемов работ по погружению свай подразделяется в зависимости:

а) от применяемых сваебойных средств и метода погружения (молотом, виброудавливанием или вибропогружателем);

б) от группы грунтов (первой или второй, к которым относятся).

*При погружении свай молотом:*

- первая группа (легкопроходимые) – пески рыхлые, супеси пластичные, суглинки и глины мягко – и тугопластичные, ил, растительный грунт, торф, лёсс легкокопластичный, песок пылеватый насыщенный водой, а также грунты с содержанием в них гравия щебня крупностью фракций не более 100 мм;

- вторая группа (труднопроходимые) – песок плотный гравий, супеси твердые суглинки и глины полутвердые и твердые, лёсс отвердевший, песок пылеватый насыщенный водой, а также перечисленные грунты с содержанием в них до 30% щебня – гальки крупностью фракции не более 100 мм или крупностью доле 100 мм до 10%, также грунты первой группы с содержанием щебня, гравия и гальки от 10 до 30%;

*При погружении вибропогружателем* – насыщенные водой несвязанные грунты и связные грунты текучей и текучепластичной консистенции;

*При погружении свай-оболочек* с извлечением грунта из полости сваи-оболочки: связные грунты (суглинки, глины); несвязные грунты (пески, супеси, суглинки с содержанием глинистых частиц до 15%, суглинки с содержанием в указанных грунтах мелкого гравия до 15%.

При погружении свай в различные группы грунтов объем работ подсчитывается отдельно для каждой группы. Если одна из групп составляет не менее 80% от общей глубины погружения свай, в подсчете объемов работ указывается основная группа грунтов.

г) от положения забиваемых свай – вертикального или наклонного.

д) от длины забиваемых свай:

- железобетонных до 6, до 8, до 10, до 12, до 16;
- деревянных шпунтовых – до 5 и более 5 м;
- стальных шпунтовых – до 5, до 10 до 15 и до 21 м;
- свай-оболочек – до 12, до 16 и более 16 м.

Объем работ погружения свай и шпунта подсчитывается по проектным данным в следующем порядке:

- железобетонных сплошных – по проектным размерам в кубических метрах;

- железобетонных круглых полых, сваям оболочкам – по наружным размерам за вычетом объема полости в кубических метрах;

- металлических – по массе свай в тоннах, указанной в проектных спецификациях;

- деревянного шпунта – по проектным размерам шпунтового ряда с учета длины заостренного конца;

- буронабивных свай – по проектному конструктивному объему свай, рассчитываемому по наружному диаметру обсадной трубы.

Объем железобетонных свай для определения стоимости самих свай принимается по объему бетона, исчисленному по проектным размерам за вычетом пустот с увеличением на потери 1-2 %.

Масса металлических шпунтовых свай для исчисления стоимости принимается по проектной массе с увеличением на потери на 1%.

Объем работ по извлечению подсчитывается по объему или массе свай, намеченных к извлечению. Отдельно подсчитываются следующие работы, если они предусмотрены проектом: устройство стыков (соединений) составных свай; срубка голов железобетонных свай; устройство устойчивого основания под ходовые пути копра и кранового оборудования.

Объем работ по устройству монолитных или сборных железобетонных ростверков подсчитывается в кубических метрах по проектным данным, с указанием класса (марки) бетона и расхода стали по маркам.

### 1.6.6. Подсчет объемов работ при устройстве каменной кладки

Кладка кирпичных стен с облицовкой в процессе кладки плитами исчисли в квадратных метрах, в остальных случаях – в кубических метрах, за вычетом объемов по наружному обводу коробок. При двух коробках в проеме площадь исчисляется по обводу наружной коробки. Объем кирпичных стен следует исчислять отдельно для наружных и внутренних стен, если они возводятся из различных материалов.

Кладку стен и других конструкций жилых и общественных зданий, в свою очередь, следует подразделять:

- по архитектурному оформлению – простое, среднее, сложное и особо сложное. Степень архитектурного оформления определяется по насыщенности поверхности наружных стен архитектурными и усложненными частями кладки на обеих сторонах наружных стен. К элементам усложнения относятся пилястры, полуколонны, карнизы, пояски, эркеры, лоджии, обрамление проемов криволинейного очертания, устройство ниш и т.д. При простом оформлении принимается до 10%, при среднем до 20%, при сложном - до 40% от площади лицевой стороны наружных стен. Стены с усложненными частями, занимающими более 40% площади лицевой стороны наружных стен, относятся к особо сложным стенам, и при их возведении может определяться по индивидуальным нормам и расценкам;

- по видам наружной отделки – под расшивку швов, с облицовкой лицевым кирпичом, керамическими камнями, керамическими плитками, бетонными плитами;

- по конструкции кладки – сплошная кирпичная, кирпичная облегченной конструкции, кирпичная с утеплением термоизоляционными плитами, из камней легко бетонных, известняковых или туфовых;

- по видам кладки – стены, столбы прямоугольные, столбы круглые, беседки, портики и другие декоративные конструкции; своды и арки над проездами, приямки и каналы, заполнение и облицовка каркасов;

- по толщине кладки 250, 380, 510, 640 мм и более (стены кирпичные с облицовкой, облегченной конструкции и с утеплением);

- по высоте – кладка стен высотой до 4 м; кладка отдельно стоящих стен, заполнение каркасов, кладка подпорных стен и кладка стен зданий с этажами высотой более 4 м.

Отдельно следует также выделить участки кладки стен криволинейного очертания и участки стен с облицовкой керамическими или лицевыми профильными элементами (карнизы, пояски и т. п.).

Кладка из природных камней подразделяется на: обычную – под штукатурку; чистую – с расшивкой швов или с отделкой верстового камня под терку и рядовую – без дополнительной обработки лицевой поверхности, а только лишь с подборкой и подтеской камня по высоте. Объем кирпичной кладки архитектурных деталей: пилястр, полуколонн, карнизов, парапетов, эркеров, лоджий – подсчитывается по чертежам и включается в общий объем кладки стен. Мелкие архитектурные детали (сандрики, пояски и т.п.) высотой до 25 см в объем кладки не включаются.

Т а б л и ц а 1.26

Объем кладки стен с учетом архитектурного оформления

Толщина стен в кирпичах	Объем кладки на 100 м <sup>2</sup> стен за вычетом проемов, м <sup>3</sup>			
	Стены гладкие	Стены с архитектурным оформлением		
		простым	средним	сложным
1,5	38	40	-	-
2,0	51	53	55	57,5
2,5	64	66	68	71,5
3,0	77	79	81	84

Объем конструкций, выполняемых из материалов, отличных от материала (железобетонные колонны, подкладные плиты, перемычки, рандбалки, санитарно-технические и тепловые панели и т. д.), из объема кладки исключается. Конструкции, частично заделанные в кладку (концы балок, панелей перекрытий, и т.п.), из объема кладки не исключаются.

Объемы ниш для отопления, вентиляционных и дымовых каналов, гнезд и борозд для заделки балок из объема кладки не исключаются; исключается лишь от ниш для встроеного оборудования.

Кладка стен из крупных блоков принимается по объему изделий, указанному в проектных спецификациях. При отсутствии этих данных объем работ подсчитывается по объему кладки с применением переводных коэффициентов от объема кладки к объему

изделий: для блоков легкобетонных и кирпичных – 0,88, для известняковых блоков – 0,95.

При подсчете объема работ по кладке стен с облицовкой в процессе кладки железобетонными или керамическими плитами количество плит для облицовки следует определять на основе проектной спецификации. При отсутствии спецификации площадь плит надлежит определять по проектным размерам облицовываемой поверхности (включая боковые грани пилястр, оконные и дверные откосы и т.д.) коэффициентом 0,98.

Кладка стен из кирпича с воздушной прослойкой подсчитывается с учётом прослойки.

Кладка стен из кирпича с утеплением с внутренней стороны подсчитывается по объему кирпичной кладки, без учета толщины плит утепления. Площадь и объем утеплителя подсчитываются отдельно.

Объем работ по возведению конструкций из бутового камня следует исчислять в кубических метрах отдельно для массивов, фундаментов ленточных и столбовых, подвалов, надземной части и подпорных стен. Кроме того, в подсчете следует указать вид обработки бутовых стен: без облицовки, с околкой с одной или с двух сторон, с облицовкой кирпичом (камнем) и проемов. Массивами считаются фундаменты шириной верху более 2 м.

Горизонтальная изоляция бутовых фундаментов и стен подвалов включена в состав работы и при подсчете объемов работ отдельно не учитывается. Площадь изолируемой поверхности бутовых массивов надлежит исчислять отдельно, по проектным данным. Боковая гидроизоляция фундаментов и стен должна подсчитываться отдельно по площади изолируемой поверхности, а изоляция глиной – по объему изоляционного слоя.

Объем работ по расшивке швов, если это предусмотрено проектом, следует определять для облегченных конструкций наружных стен и внутренних поверхности стен отдельно по площади расшиваемых стен без вычета площади проемов.

Объем работ по кладке сводов должен исчисляться по площади горизонтальной проекции перекрытия в свету, т. е. между теми капитальными стенами, на кои они опираются, с подразделением на своды цилиндрические или двойкой кривизны.

Объем работ по устройству лестниц следует определять по суммарной площади горизонтальной проекции маршей без учета заделки ступеней в стены и фризовых ступеней, с подразделением

на готовом основании, на косоурах одном или двух, стальных или железобетонных.

Объем работ по устройству лестничных площадок следует исчислять по площади их без учета заделки площадок в стены и без вычета фризовой ступени, с указанием, на каких балках – стальных или железобетонных.

Объем работ по устройству перил на лестницах определяют по суммарной длине маршей и площадок, ограждаемых перилами, с указанием типа поручня.

Объем работ по устройству крылец следует определять по полной площади горизонтальной проекции крыльца, включая ступени, с описанием типа крыльца.

Объем работ по укладке железобетонных подоконных плит определяют на  $1 \text{ м}^2$  плит с учетом заделки их в стены, с указанием вида отделки: с мозаичным слоем или под окраску.

Установка и разборка наружных инвентарных лесов определяется по площади вертикальной проекции их на фасад здания, внутренних – по площади горизонтальной проекции на основание.

Объем работ по кладке печей, отопительных очагов и дымовых труб определяют в кубических метрах, без вычета пустот. При этом объем вертикальных и горизонтальных разделок и холодных четвертей учитываться не должен. Объем кладки печей, облицовываемых изразцами, определяется по размерам кладки без учета облицовки. При отсутствии рабочих чертежей толщина облицовки изразцами принимается 60 мм. Площадь печей при исчислении их объема принимается по сечению печей на уровне топливника, а высота – от основания до верха печи. Площадь облицовки печей изразцами принимается по наружным размерам.

Кладка труб, примыкающих к стенам здания, включается в объем основной кладки стен. Объем кладки вентиляционных и дымовых каналов, выходящих за пределы стен, определяется отдельно.

При сложной конфигурации здания и разнохарактерности стен по толщине и материалу подсчет следует вести по осям и отдельным участкам. Подсчет по промежуточным высотным отметкам ведется, если толщина или материал стен меняется по высоте.

В проектных спецификациях количество перемычек следует подсчитывать по типам для всего здания, без распределения их по наружным и внутренним стенам. Для вычета объема перемычек из кладки можно условно принять количество перемычек, укладываемых над проемами в наружных стенах – 70%, а во внутренних – 30%.

### **1.6.7. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из металлических конструкций**

Нормами и расценками на монтаж металлических конструкций учтен следующий состав работ, объем которых отдельно не подсчитывается:

- сортировка конструкции;
- укрупнительная сборка конструкции с рассверловкой отверстий, клепкой или сваркой, если эти работы предусмотрены проектом;
- подача конструкций с приобъектного склада к месту их установки;
- подъем, установка в проектное положение и выверка конструкций:
- сварка установленных конструкций, рассверловка отверстий, клепка и установка постоянных болтов;
- испытание на прочность и плотность;
- устройство и разборка подмостей и стеллажа для укрупнительной сборки, установка такелажного оборудования и устройств и приспособлений.

В составе работ по окраске конструкции учтены: очистка конструкции; при окраске с люлек их перемещение по горизонтали и вертикали.

Объем работ по сборке и установке конструкции, окраске, устройству и уборке подмостей для окраски исчисляется на 1 т теоретической массы конструкций. Масса строительных металлических конструкций определяется по типовым детализовочным чертежам КМД, а для индивидуальных стальных конструкций – чертежам КМ, при этом к массе металлопроката, рассчитанного по технической спецификации металла чертежами КМ, добавляется 1% для учета массы наплавленного металла в сварных швах и 3% для уточнения массы конструкций при разработке детализовочных чертежей МКД. Уточненную массу конструкций, изготавливаемых по индивидуальным проектам, с указанными выше добавками следует принимать в сметной документации как при определении стоимости монтажа с них конструкций, так и при определении стоимости самих конструкций.

Расход электродов и метизов при сборке металлических конструкций определяется нормами и в массу конструкции, исчисляемую для определения объемов работ не включаются.

Подсчет объемов работ по монтажу металлических конструкций учитываемых по массе в тоннах, следует подразделять по следующим разновидностям:

- а) колонны массой до 1 т, до 3 т, до 5 т, до 15 и более 15 т;
- б) фермы пролетом:
  - до 24 м (массой до 3 т, до 5 и более 5 т);
  - до 36 м (массой до 5 т, до 8 т, до 10 и более 10 т);
  - до 48 м массой до 8,0 т, до 10 т, до 15 т и более 15 т;
- в) балки перекрытий;
- г) прогоны;
- д) связи по колоннам;
- е) связи перекрытий;
- ж) переплеты стеновые;
- з) витрины и витражи;
- и) тамбуры входа в здание;
- к) конструкции подвесных потолков;
- л) дымовые трубы высотой до 30 и более 30 м.

При подсчете объемов работ по установке стеновых переплетов, витрин и витражей следует руководствоваться следующим:

- к понятию «витрина» следует относить светопрозрачное ограждение, устанавливаемое в первых этажах с целью выставки товаров и рекламы:

- к понятию «витраж» следует относить стеновую светопрозрачную ограждающую конструкцию;

- к понятию «стеновые переплеты» следует относить металлическую светопрозрачную конструкцию для заполнения оконных проемов зданий или переплетов, объединенных в ленточные горизонтальные полосы:

- конструкция застекленных тамбуров входа в здание подсчитывается отдельно, так как в смете они нормируются как стеновые переплеты, а не как витражи:

- расход крепежных и закладных элементов витрин и витражей учтен нормами и расценками, и их масса в общую массу конструкции не включается.

### 1.6.8. Подсчет объемов работ при возведении зданий и сооружений из деревянных конструкций

Площадь оконных и дверных проемов следует подсчитывать по наружному обводу коробок в квадратных метрах. При подсчете объемов работ следует указать:

- тип, характеристику заполнения проема, количество створок, площадь и высоту проема, тип переплета (раздельный, спаренный), тип полотна (щитовое, глухое, остекленное);

- количество подоконных досок: деревянных – по площади проемов с разбивкой их по высоте; из другого материала – по площади подоконных досок;

- площадь остекления дверных полотен.

Подсчет объемов работ по заполнению оконных проемов производится по разновидностям в зависимости:

- от типа заполнения: блоками в стенах каменных, деревянных рубленых или деревянных не рубленых, отдельными элементами в рубленых стенах;

- от площади проема – до 2 и более 2 м<sup>2</sup>;

- от количества и типа переплетов при заполнении проема отдельными элементами – одинарными, двойными, спаренными.

Подсчет объемов работ по заполнению дверных проемов производится по разновидностям в зависимости:

- от типа заполнения – блоками в каменных стенах или перегородках и деревянных не рубленых стенах, отдельными элементами в рубленых стенах;

- от площади проема – до 3 и более 3 м<sup>2</sup>, а в рубленых до 3 м<sup>2</sup>;

- от места установки – во внутренних стенах и перегородках или в наружных стенах.

Заполнение балконных проемов подсчитывается отдельно с указанием площади проема до 3 и более 3 м<sup>2</sup>.

Сказанное относится к подсчету для определения сметной стоимости работ по заполнению проемов без стоимости самих изделий, которые в ФЕР (ТЕР)-2001 не учтены.

Подсчет объемов работ для исчисления сметной стоимости изделий, измерители и характеристика должны соответствовать показателям сборников цен.

Объем работ по устройству цоколей подразделяется по типу заборки: из горбыля или досок. Площадь подсчитывается по вертикальной проекции цоколя, считая высоту цоколя от спланирован-

ной отметки земли до верха сливной доски (в точке примыкания ее к стене). Вид утеплителя цоколя и его количество указывается отдельно, по проектным данным.

Площадь рубленых и каркасных стен должна исчисляться за вычетом проема. При определении площади стен следует принимать:

- длину наружных рубленых и каркасных стен – по наружному обводу;
- длину внутренних рубленых стен – по размерам между наружными гранями наружных стен;
- длину внутренних каркасных стен – по размерам между внутренними гранями наружных стен;
- высоту рубленых стен – по размерам между наружными гранями нижнего верхнего венцов без добавления на осадку, так как осадка стен учтена нормами;
- высоту каркасных стен – по размерам между наружными гранями нижней верхней обвязок.

Стены рубленые подсчитываются отдельно: из брусьев – по их сечениям, бревен – по их диаметрам.

Каркасно-плитные и каркасно-обшивные стены подсчитываются с указанием вида обшивки и типа утеплителя. Несущий каркас (стойки и обвязки) для каркасно-плитных стен подсчитывается отдельно по объему в кубических метрах.

При подсчете объемов по деревянным стенам дополнительно учитываются следующие виды работ:

- устройство карнизов;
- острожка стен;
- обшивка рубленых стен с наружной стороны;
- постановка сжимов;
- устройство отливов с покрытием кровельной сталью и окраской.

Вид и количество утеплителя каркасно-обшивных стен указывать отдельно, по проектным данным.

Площадь перегородок всех типов, за исключением щитовых, должна исчисляться за вычетом проемов; высоту перегородок следует измерять от уровня чистого пола до потолка (или до верха перегородок, если они не доводятся до потолка). В подсчете указывается тип перегородок – под штукатурку или чистые.

В свою очередь, перегородки под штукатурку следует разделить на: щитовые, дощатые однослойные, дощатые двухслойные,

каркасно-обшивные с утеплителем; каркасно-обшивные без утеплителя, плитные с указанием типа плит.

Чистые перегородки подразделяются на: щитовые глухие, щитовые под остекление, филенчатые, каркасно-обшивные фанерой, каркасно-обшивные древесноволокнистыми, каркасно-обшивные древесностружечными плитами, экраны в санузлах, барьеры в гардеробах, перегородки с металлической сеткой.

Объем работ по устройству перекрытий (междуэтажного и чердачного) следует определять по площади перекрытия в свету, т. е. между капитальными стенами, на которые они опираются, без вычета мест, занимаемых печами и трубами. Сметные нормы и расценки на деревянные перекрытия являются комплексными, включающими все работы и элементы конструкции. Никаких других подсчетов, кроме площади перекрытий в свету с описанием конструкции перекрытий, не требуется. Исключение составляют вид и количество утеплителя перекрытий, кроме перекрытий с несущими плитами из фибролита, который следует подсчитать и указать отдельно.

Площадь ворот с деревянными коробками следует определять по наружному обводу коробок. При устройстве ворот без коробок или с металлическими обрамлениями проемов объем работ необходимо определять по площади полотен ворот.

Объем работ по устройству стропил и каркасов зданий, а также деревянных эстакад, нормы для которых даны на 1 м<sup>3</sup> древесины в деле, должны определяться по проектным спецификациям, без каких-либо добавок на отходы древесины, при этом объем бревен необходимо исчислять по их диаметру в верхнем отрубе.

Объем древесины в деле для каркаса подсчитывается по отдельным элементам для стоек одинарных, составных, решетчатых (колонн), ростверков, подкосов, а также отдельно для элементов из брусьев и элементов из бревен и пластин. Стропила подразделяются по типам пиломатериалов на: стропила из брусьев, бревен и досок.

Отдельно подсчитывается подшивка при каменных стенах карнизов по кобылкам или концам стропил (чистые или под штукатурку), в зависимости от отнosa до 500 и более 500 мм по длине карниза.

Объем работ по устройству фонарей зданий следует исчислять отдельно по следующим элементам:

- устройство каркаса – по объему древесины в конструкции;

- заполнение проемов – по площади переплетов по наружному обводу коробок;

- обшивку торцов стен фонаря – по площади обшивки.

Устройство лесов для выполнения этих работ следует определять дополнительно по проектным данным.

Объем работ по устройству лестниц следует подсчитывать по суммарной площади горизонтальной проекции маршей и площадок.

Площадь наружных и внутренних несущих стен для сборных каркасных домов заводского изготовления необходимо подсчитывать по наружному обводу за вычетом проемов, при этом их высоту следует считать от нижней грани до верхней грани утеплителя стен.

Площадь наружных и внутренних стен щитовой конструкции заводского изготовления определяют по наружному обводу без вычета проемов, при этом высоту следует считать от нижней грани цокольной обвязки до верха наружного слоя утеплителя (или до верха чердачной балки).

В подсчете объемов работ по установке ферм, арок и клееных балок следует указать их количество и подробную проектную характеристику.

Объем работ по установке встроенной мебели исчисляется применительно к измерителям указанным в единичных расценках и калькуляциях на встроенную мебель

Подсчеты объемов работ, связанные с заполнением проемов в наружных стенах можно выполнять по специальной форме (табл. 1.27). В результате ее составления получают одновременно сметные данные по заполнению проемов, отделке внутренних откосов, устройству отливов и др.

Подсчет объемов работ по заполнению дверных проемов во внутренних стенах и перегородках целесообразно выполнять по форме табл.1.28.

Для подготовки исходных данных к составлению смет, следует подготовить таблицы по всем применяемым типам оконных, дверных и балконных блоков.

Т а б л и ц а 1.27

## Проемы в наружных стенах (кроме витрин)

Наименование проема, кол-во створок, наличие форточки	Тип	Высота проема	На один проем				Кол-во проемов для вычета из кладки				Всего на здание						
			Площадь проема, м <sup>2</sup>	Площадь внутр. откоса, м <sup>2</sup>	Длина отлива, м	С облицовкой кирпичом	С облицовкой плиткой	С облицовкой плитами	Количество проемов	Площадь проемов, м <sup>2</sup>	Площадь откосов, м <sup>2</sup>	Длина откосов, м					

Т а б л и ц а 1.28

## Проемы во внутренних стенах и перегородках

Характеристика полотна	Тип	Площадь одного проема, м <sup>2</sup>	Проемы в стенах		Проемы в перегородках		Приборы дверные, комплектов				
			Количество	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество	Площадь, м <sup>2</sup>	Для внутренних дверей		Шкафные		
							Однопольные	Двухпольные	Однопольные	Двухпольные	Входные в квартиры

### 1.6.9. Подсчет объемов работ при устройстве кровли

Комплексный (укрупненный) подсчет объемов работ по устройству асбестоцементной и других видов кровли с элементами стропил и обрешетки заводского изготовления может применяться, когда конструктивная характеристика, принятая ФЕР (ТЕР)-2001, совпадает с характеристикой в рабочих чертежах.

Объем работ по покрытию кровель следует исчислять по полной площади покрытия согласно проектным данным без вычета площади, занимаемой слуховыми окнами и дымовыми трубами, и без учета их отделки.

Длина ската кровли должна приниматься от конька до крайней грани карниза с добавлением 70 мм на спуск кровли над карнизом.

При подсчете площади асбестоцементных, черепичных и рулонных кровель с устройством карнизных свесов и настенных желобов из кровельной стали длину ската следует принимать с уменьшением на 700 мм. В этом случае отдельно подсчитывается длина желобов со свесами в метрах.

Примыкания кровли из рулонных материалов к стенам, парапетам, фонарям, температурным швам, трубам и т.д. учитываются отдельно.

Покрытие парапетов, брандмауэрных стен и прочие мелкие покрытия с основным покрытием, следует подсчитывать отдельно от покрытия кровель.

Объем работ по устройству отделки (наружных подоконников, поясков, сандриков и водосточных труб) следует определять по площади фасадов без вычета проемов.

При устройстве кровель по деревянному основанию (обрешетке, настилу, прогонам) последнее учтено нормами и расценками и отдельно не подсчитывается).

При устройстве рулонных кровель, кроме подсчета площади покрытия с заданием количества слоев и характеристики рулонных материалов, отдельно подсчитываются объемы работ по утеплению покрытий, устройству выравнивающих и уклонообразующих стяжек и других, предусмотренным проектом элементов, учтенных расценками на кровлю.

### 1.6.10. Подсчет объемов работ при устройстве полов

Комплексный (укрупненный) подсчет объемов работ по устройству полов с подстилающим слоем и гидроизоляцией может применяться тогда, когда конструктивная характеристика полов, принятая в ФЕР (ТЕР)-2001, совпадает с характеристикой в рабочих чертежах. Во всех остальных случаях объем работ подсчитывается по элементам: подстилающие слои, все виды изоляции и покрытия.

Объем подстилающего слоя (подготовки) под полы должен подсчитываться за вычетом мест, занимаемых печами, колоннами, выступающими фундаментами и другими элементами.

Объем работ по устройству покрытий полов следует принимать по площади между внутренними гранями стен или перегородок с учетом толщины отделки, предусматриваемой проектом. Покрытия в подоконных нишах и дверных проемах включаются также в объем работ и исчисляются по проектным данным.

Площадь, занимаемая перегородками (за исключением чистых), колоннами, печами, фундаментами, выступающими над уровнем пола, и другими конструкциями, в объем работ не включается.

Подсчет площади полов в жилых домах практически сводятся к использованию проектных данных. Так как в жилом доме жилая площадь определяет площадь полов в жилых комнатах, общая площадь – площадь всех полов в квартирах.

Т а б л и ц а 1.29

Полы в типовых этажах

Наименование помещений	Формулы подсчета площади	Площадь пола по типу покрытия				
		1	2	3	4	5
Санитарные узлы						
Кухни						
Жилые комнаты	Жилая площадь минус жилая площадь первого эта-					
Коридоры, прихожие, шкафы и т.п.	Полезная площадь минус полезная площадь квартир первого этажа					
Итого типовых этажах						

### 1.6.11. Подсчет объемов отделочных работ

*Объем работ по облицовке* поверхности природным камнем и железобетонными офактуренными плитами и деталями должен определяться по площади поверхности облицовки, при этом необходимо руководствоваться следующими правилами:

- размеры стен и колонн принимать с учетом переломов в плане по наружному обводу, т.е. по сечениям, включающим облицовочные плиты;

- рельеф профилированных деталей не учитывать, принимая площадь вертикальной проекции облицовки.

При размере выноса профилированных деталей больше высоты (ширины) отнимать размер выноса (большей стороны).

Объем работ по облицовке ступеней и укладке подоконных досок из естественного камня следует определять с учетом концов плит, заделываемых в кладку и штукатурку.

Объем работ по облицовке поверхности искусственными плитами должен определяться по площади проекции поверхности облицовки без учета рельефа по развернутой поверхности облицовки.

*Объем работ при оштукатуривании* фасадных стен следует подсчитывать за вычетом площади проемов по наружному обводу коробок.

При улучшенной и высококачественной штукатурке фасадов площадь, занимаемая архитектурными деталями (карнизами, поясками, наличниками и другими элементами), а также примыкающими к зданию колоннами и пилястрами, не включается в площадь стен и должна исчисляться отдельно.

Оконные откосы и отливы, дверные откосы, а также боковые поверхности выступающих из плоскости стен или вдающихся в толщу стен архитектурных и конструктивных деталей при оштукатуривании фасадов следует определять отдельно с подразделением по ширине до 200 и более 200 мм.

Объем работ по оштукатуриванию колонн (примыкающих к зданию или отдельно стоящих), а также пилястр необходимо подсчитывать по площади их развернутой поверхности.

Объем работ по вытягиванию карнизов, поясков наличников и других тянутых деталей при высококачественной штукатурке фасадов необходимо определять по площади, занимаемой ими на поверхности фасада.

При оштукатуривании внутренних поверхностей строительными нормами и правилами установлены три разновидности мокрой штукатурки: простая, улучшенная и высококачественная.

Простая штукатурка назначается в складских, подвальных, чердачных, лифтовых и подсобных помещениях, а улучшенная штукатурка – в квартирах и во всех остальных помещениях жилых и гражданских зданий, а также в бытовых и служебных помещениях промышленных зданий.

Высококачественная штукатурка назначается в соответствии с указанием в проекте в основных помещениях наиболее значимых общественных зданий. При улучшенной и высококачественной штукатурке площадь отделки подсчитывается отдельно по следующим поверхностям:

- стен, пилястр, ниш, столбов по камню и бетону;
- то же, по дереву;
- потолков с карнизными падами по камню и бетону;
- то же, по дереву;
- потолков без устройства карнизов и падов по камню и бетону;
- то же, по дереву;
- оконных и дверных откосов;
- нижних оконных заглушин.

Кроме того, следует отдельно подсчитывать площади стен, потолков, колонн и карнизов, поверхность которых оштукатуривается по металлической сетке с подразделением: с устройством и без устройства каркаса.

Отдельно подсчитывается также штукатурка лестничных маршей и площадок из отдельных элементов с указанием: без отделки косяков и балок и с отделкой косяков и балок; без тяг и с тягами.

При простой штукатурке подсчитывается общая (суммарная) площадь отделки стен, потолков, столбов и пилястр с подразделением на штукатурку по дереву, камню и бетону.

Разновидности мокрой штукатурки, перечисленные выше, применяются для отделки поверхности кирпичной кладки или из других мелкогабаритных элементов.

В крупнопанельных зданиях подсчитывается площадь отделки поверхностей под окраску или оклейку обоями отдельно: стен и перегородок, потолков, лестничных маршей и площадок.

При подсчете площади оштукатуриваемых поверхностей следует руководствоваться следующими правилами:

- площадь стен необходимо определять за вычетом площади проемов по наружному обводу коробок и площади, занимаемой тянутыми наличниками. Высоту стен следует измерять от чистого пола до потолка; площадь боковых сторон пилястр должна добавляться к общей площади стен;

- площадь потолков (в том числе кессонных с площадью горизонтальной проекции кессона до 12 м<sup>2</sup>) необходимо определять по площади между внутренними гранями стен или перегородок;

- площадь ребристых перекрытий и кессонных потолков с площадью горизонтальной проекции кессона более 12 м<sup>2</sup> следует определять по развернутой поверхности;

- площадь внутренних наличников определяют по их проекции на стену;

- площадь лестничных маршей и площадок определяется по их горизонтальной проекции (поэтажно);

- площадь оштукатуривания стен, потолков и колонн по проводочной сети следует определять по площади отделяемой поверхности, а карнизов и тяг – суммарной площади вертикальной и горизонтальной проекций;

- площадь основания под искусственный мрамор в обмер штукатурных работ не включается.

*При подсчете объемов малярных работ* следует помнить, что нормами установлены три разновидности окраски: простая, улучшенная и высококачественная. Качество клеевой и масляной окраски определяете составом работ. Как правило, простая окраска назначается в складских, подвальных, чердачных, лифтовых и других подсобных помещениях, а улучшенная – в квартирах и во всех остальных помещениях жилых и гражданских зданий. Высококачественная окраска применяется в основных помещениях больничных зданий и наиболее значительных общественных зданиях.

Площадь окраски фасадов известковыми, силикатными, цементными и эмульсионными составами определяется без вычета проемов и без учета площади окраски оконных и дверных откосов, а также развернутой поверхности карнизов, тяг и других архитектурных деталей.

Объем работ по окраске фасадов перхлорвиниловыми составами следует определять по действительно окрашиваемой поверхности.

Площадь окраски внутренних поверхностей (стен и потолков) водными составами следует определять без вычета проемов и без

учета площади оконных и дверных откосов и боковых сторон ниш. Площадь столбов включается в общую площадь окраски внутренних поверхностей.

Площадь окраски отдельных внутренних стен с проемами более 50% определяется по действительно окрашиваемой поверхности, т.е. за вычетом проемов и с добавлением площади оконных и дверных откосов и боковых сторон ниш.

Площадь окраски стен масляными составами следует вычислять за вычетом проемов. Площадь окраски столбов, пилястр, ниш, оконных и дверных откосов добавляется к площади окраски стен.

Площадь оконных и дверных проемов определяется по наружному обводу коробок.

Объем работ по окраске лепных потолков должен определяться по площади горизонтальной проекции с применением коэффициентов: при насыщенности лепкой от 2,1 до 10% - 1,1; при насыщенности лепкой от 10,1 до 40% - 1,5; при насыщенности лепкой от 40,1 до 70% - 2,1; при насыщенности лепкой от 70,1 до 100% - 2,8. Насыщенность лепкой определяется исходя из площади горизонтальной проекции лепных деталей.

Площадь окраски полов определяется с исключением площадей, занимаемых колоннами, печами, фундаментами и другими конструкциями, выступающими над уровнем пола.

Окрашиваемая поверхность заполнения оконных и дверных проемов определяется путем применения к площади заполнения, исчисленной по наружному обводу коробок, переводных коэффициентов.

Объем работ по окраске деревянных ферм силикатной краской должен вычисляться по площади вертикальной проекции ферм (с одной стороны) без исключения промежутков между элементами ферм.

Объем работ по окраске металлических кровель необходимо определять по площади кровли, при этом окраска фальцев, желобов, колпаков на дымовых трубах и покрытия слуховых окон отдельно не учитываются.

Объем работ по окраске водосточных труб, поясков, сандриков и наружных подоконников должен вычисляться по площади фасада без вычета проемов.

Объемы работ по окраске поверхностей из волнистой асбофанеры и стали следует определять по площади, замеренной без уч-

та отгибания (волны), с применением к этой площади коэффициента 1,2.

Объем работ по окраске стальных решеток должен исчисляться по площади вертикальной проекции (с одной стороны) без исключения промежутков между решётками и поясками с применением коэффициентов:

- для простых решеток без рельефа, с заполнением до 20% типа парапетов, пожарных лестниц, проволочных сеток с рамкой и т. п. – 0,5;

- для решеток средней сложности без рельефа и с рельефом, с заполнением 30% типа лестничных, балконных и т. д. – 1,0;

- для решеток сложных с рельефом и заполнением более 30% типа жалюзийных, радиаторных, художественных и т. д. – 2,0

Площадь окраски приборов центрального отопления и санитарно-технических приборов, а также мелких металлических деталей определяется следующим способом:

- поверхность окраски (со всех сторон) приборов центрального отопления принимается равной поверхности нагрева приборов;

- поверхность окраски раковин – удвоенной площади их горизонтальной проекции;

- поверхность окраски ванн – утроенной площади их горизонтальной проекции;

- поверхность окраски смывного бачка с учетом выступающих частей кронштейнов – 0,7 м<sup>2</sup>.

Объем работ по остеклению деревянных оконных переплетов и балконных дверей в жилых и общественных зданиях определяется по площади проемов, по наружному обводу коробок.

Объем работ по остеклению дверей (кроме балконных) и витрин следует определять по площади остекления, подсчитанной по проектным размерам стекла.

При остеклении витринным стеклом на эластичных прокладках следует дельно указать массу прокладок по проектным данным.

*Объем работ по оклейке стен обоями* должен определяться по площади оклеиваемой поверхности. Площадь оконных и дверных проемов для исключения ее из площади стен следует определять по наружному обводу коробок.

### 1.6.12. Подсчет потребности в строительных конструкциях и материалах

Подсчет потребности в строительных конструкциях производится на основании подсчета объемов работ и анализа рабочих чертежей по архитектурно-конструктивным разделам. Выбор марок конструктивных элементов производится по соответствующим ГО-СТам, каталогам, сортаменту и т.п.

Расчет потребности в строительных материалах производится по ГЭСН, ЕниР, а при отсутствии данных, по справочникам, объектам – аналогам или устанавливаются экспериментально.

В результате подсчета потребности в строительных конструкциях и материалов составляются таблицы в форме, удобной для дальнейшей работы. Пример заполнения такой формы на устройство каменной кладки наружных стен приведен ниже.

Т а б л и ц а 1.30

Подсчет потребности строительных материалов

Наименование работ	Материал	Расход материала			ГЭСН
		На ед. изм	Объем работ	На объем работ	
1	2	3	4	5	6
Кладка наружных стен из силикатного кирпича	Кирпич силикатный, 1000 шт	0,394	283,0	111,52	08-02-001-01
	Раствор готовый кладочный по проекту, м <sup>3</sup>	0,24		67,92	
	Пиломатериалы хвойных пород. Бруски обрезные длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 40-75 мм, 3 сорт, м <sup>3</sup>	0,0005		0,142	
	Вода, м <sup>3</sup>	0,44		124,52	
Монтаж перемычек	Конструкции сборные ж/б, шт	100,0	1,44	144,0	07-05-007-10
	Раствор готовый кладочный цементный, марка 100, м <sup>3</sup>	0,25		0,36	

## 1.7. Выбор машин и механизмов

### 1.7.1. Общие указания к производству работ

Как уже отмечалось ранее (п.1.2), общий объем работ при возведении зданий и сооружений принято подразделять на этапы.

Для промышленных объектов обычно принимают четыре этапа строительно-монтажных работ: 1-й этап, подготовительные работы; 2-й этап, работы нулевого цикла; 3-й этап, монтаж каркаса здания и отделочные работы; 4-й этап, монтаж инженерных коммуникаций и оборудования.

Возведение жилых зданий, спроектированных по индивидуальным проектам производится в три этапа: 1-й этап, подготовительные работы и устройство нулевого цикла, включая прокладку инженерных коммуникаций; 2-й этап, возведение надземной части; 3-й этап, монтаж специального оборудования.

При возведении жилых зданий по типовым проектам, а также зданий и сооружений административно-хозяйственного назначения, работы планируется осуществлять в два этапа: 1-й этап, подготовительные работы и устройство нулевого цикла, включая прокладку инженерных коммуникаций; 2-й этап, возведение надземной части.

Так, например, при возведении жилого здания работы по устройству нулевого цикла включают в себя: планировку площадки, снятие растительного слоя, разработку котлована или отрывку траншей под фундамент. Устройство фундаментов и пола подвалов, вертикальной и горизонтальной гидроизоляции, возведение перекрытий и лестниц, устройство вводов инженерных коммуникаций, дренажной системы и обратной засыпки пазух грунтом (механизированным и ручным способами).

К работам по возведению надземной части относятся: монтаж каркаса, устройство кровли, создание теплового контура и отделочные работы.

К работам третьего цикла относят специальные работы: сантехнические, электромонтаж, установку лифтов и т.п.

*При возведении подземной части здания или сооружения ведущим процессом следует считать монтаж конструкций подвала. Продолжительность этого цикла существенно влияет на общий срок строительства.*

Отрывка котлована выполняется экскаватором. Работы должны планироваться и вестись в 2 смены. После механизированной разра-

ботки для добора грунта вручную должно оставаться не более 10 см грунта. Доработку грунта вручную выполняют землекопы в 1 смену. Засыпку песка ведут послойно и выполняют его уплотнение. Работы ведутся в 2 смены бетонщиками.

Монтаж фундамента выполняется при помощи строительного крана способом на весу.

Внутренние стены и перегородки подвала выполняют по завершении монтажа блоков подвальной части. Затем производят устройство гидроизоляции. Стеновые блоки фундаментов монтируют по рядам, начиная с укладки маячковых и промежуточных блоков.

Монтаж перекрытий планируется после окончания всех работ по возведению наружных стен подвала. Работы ведутся в 2 смены. Засыпка пазух котлована изнутри и подсыпка под полы следует выполнять после монтажа первого ряда стеновых блоков (в уровне пола или немного выше). Засыпка производится вручную или легким бульдозером, если возможен его заезд в котлован или опускание его в котлован монтажным краном. Внутрь подвала грунт подается механизировано при помощи экскаватора и бульдозера.

Устройство выпусков и вводов инженерных коммуникаций выполняют до засыпки пазух котлована снаружи. Трубопроводы подвала, укладываемые в земле, должны быть выполнены до устройства бетонных полов.

Гидроизоляцию стен выполняют после окончания монтажа стен до засыпки внешних пазух. Оклеечную гидроизоляцию целесообразно планировать по захваткам, а обмазочную, учитывая высокую производительность автогудронаторов (до 100 м<sup>2</sup>/ч), можно показывать в графике вне потока.

Засыпку пазух бульдозером осуществляют снаружи после монтажа и сварки перекрытия и выполнения вертикальной гидроизоляции.

Устройство отмостки производят непосредственно после обратной засыпки, если позволяют грунтовые и сезонные условия, из трех слоев: песчаного основания толщиной 100 мм; щебеночного основания толщиной 150 мм; асфальтобетонного покрытия.

Песок и щебень засыпают до определенной толщины и уплотняют ручными или механизированными трамбовками.

*Возведение надземной части здания.* Ведущим процессом этого цикла является возведение каркаса здания. В зависимости от конструкций и объема здания производится деление его на захватки. Сопутствующие работы (расшивка швов и др.) выполняются одновременно с монтажом на разных участках. По вертикали коробку

разбивают на ярусы. Протяженные здания разбивают на захватки. Работы ведутся в 2 смены.

В основу организации строительства многосекционных зданий, независимо от их конструктивного решения, закладываются следующие технологические принципы: монтаж конструкций двумя параллельными потоками (по 3 и 4 секции в каждом) при двух башенных кранах. Необходимо предусмотреть подачу на этаж различных материалов и деталей – сборных элементов вентиляционных коробов и мусоропроводов, песка для устройства подготовки под полы, электрощитов, нагревательных приборов, заготовок трубных разводов, а также других материалов и деталей.

Устройство рулонной кровли осуществляют кровельщики. Перед укладкой основного теплоизоляционного слоя изолируемые поверхности выравнивают, очищают от грязи и пыли и высушивают. В качестве теплоизоляции обычно принимается керамзит. Материал укладывают шириной 2–3 м, ограничивая маячными рейками. Отсыпанный материал разравнивают рейками и уплотняют ручными катками. Поверх изоляционного слоя устраивают цементно-песчаную стяжку. При устройстве цементно-песчаной стяжки делают температурно-усадочные швы через 6 м. Швы устраивают путем установки реек толщиной 10 мм с последующим их удалением, а швы заливают битумной мастикой. Рулонный материал перед употреблением очищают от посыпки, перекатывают и выдерживают в раскатанном виде около 24 часов. Очистку выполняют при помощи растворителя, размягчающего покровный слой. Наклейку полотнищ рулонного материала ведут против стока воды перекрытием предыдущей полосы последующей на 0,2 м.

При установке дверного блока основание проема расчищают от пыли и увлажняют. Устанавливают блоки с проверкой правильности установки по отвесу и уровню. Далее заклинивают установленный блок с изготовлением клиньев и крепят коробки блоков к стене с помощью дюбелей.

Остекление (установку) оконных и дверных проемов выполняют до начала отделочных работ внутри здания, что необходимо для защиты от увлажнения.

*Монтаж инженерных систем* может начинаться с отставанием на три этажа после выполнения строительно-монтажных работ. Организацию специальных работ в зданиях (санитарно-технических и электромонтажных) осуществляют в увязке с общестроительными и отделочными работами.

До начала этих должны быть выполнены: монтаж не менее 3 этажей; остекление окон и обеспечение температуры в помещениях не ниже +5 °С (для электромонтажных работ); проведение работ по пробивке борозд, отверстий и штукатурке ниш под отопительные приборы и электрические шкафы.

Специальные работы ведутся параллельно в два этапа.

I этап выполняется до штукатурных работ с отставанием от монтажа минимум на 3 этажа и включает монтаж внутренних систем холодного и горячего водоснабжения, отопления (с навеской приборов) и газоснабжения. После опрессовки систем отопления и водоснабжения, оформляемого актом, производится заделка отверстия в стенах и перекрытиях, бетонируются диафрагмы в коммуникационных каналах. В зданиях с объемными санитарными кабинами работа сантехников уменьшается по объему, но комплекс и период выполнения остаются те же. В зимний период следует планировать дополнительные работы по устройству временных розливов для отопления отделяемых этажей.

II этап начинается после отделочных работ первого цикла малярных работ, когда в санузлах и кухнях закончена подготовка под окончательную окраску, что открывает фронт для установки умывальников, унитазов и газовых плит. В завершении этого этапа приборы укомплектовываются запорной арматурой, и их готовность к эксплуатации подтверждается актом.

Все сантехнические работы выполняет одна бригада, что не исключает внутренней специализации (звено по сборке канализационных трубопроводов, звено по сварке труб и т.д.).

В жилых зданиях до начала отделочных работ должны быть выполнены: строительные работы, сантехнические и электромонтажные (1-го цикла). Смонтированы и сданы в эксплуатацию грузовые подъемники для подачи отделочных материалов на этажи, грузопассажирские для подъема рабочих (при высоте отделяемого здания более 5 этажей) и обеспечены подъезды к ним для автотранспорта; смонтированы и подключены стояки водоснабжения, электросиловые и осветительные сети.

Сдачу здания или его части под отделку оформляют актом.

*Отделочные работы.* Штукатурные работы в кирпичных зданиях производят специализированные бригады генподрядных или субподрядных строительных организаций. В зависимости от установленных сроков и наличия рабочей силы штукатурки занимают сразу весь фронт работ или выполняют работы поточным методом,

принимая за захватку этаж дома, перемещаясь с шагом, равным монтажу этажа. Штукатурные работы производят в последовательности: в санузлах и кухнях, а затем в комнатах, других помещениях квартиры и лестничных клетках, что позволяет в короткий срок передать смежникам участки с наиболее узким фронтом работ (санузлы и кухни).

Облицовочные работы ведутся одновременно со штукатуркой. Цементная стяжка под полы выполняется после штукатурки. По окончании штукатурных работ в санузлах настилают керамическую плитку на полы и облицовывают стены. После облицовки стен в кухне плиточники переходят к настилке керамических полов на лестничных площадках.

Малярные работы ведутся в два этапа. I этап малярных работ – шпаклевка и окраска потолков, окраска лоджий, балконов, наружных откосов окон, подготовка под оклейку обоями и окраску стен и столярных изделий. Подготовка под окраску стен и потолков включает: шпаклевку и шлифовку поверхностей потолков и стен, окрашиваемых на всю высоту, а также верхней части стен и перегородок в помещениях, оклеиваемых обоями. Завершение работ по клеевой окраске потолков («раскрытие потолков») открывает фронт для выполнения смежных работ.

II этап малярных работ должен выполняться сразу по всему дому, в сжатые сроки, перед сдачей его в эксплуатацию и включает в себя: оклейку обоями и окраску стен. Малярные работы по лестничным клеткам выполняют после окончания работ по квартирам.

Полы (линолеум) настилаются по окончании всех этих процессов. Линолеум выдерживают в помещении при температуре воздуха не ниже 15 °С в течение двух суток.

Совмещение работ достигается разделением общего фронта в пределах секции, этажа и даже квартиры. При организации работ с делением на захватки неизбежен более или менее длительный период, в течение которого трудно поддерживать в помещениях необходимый температурно-влажностный режим, что может привести к понижению качества выполненных отделочных работ.

## 1.7.2. Расчет потребности транспортных средств

Количество единиц автотранспорта  $n$  зависит от вида и количества перевозимого груза за определенный период времени  $Q$ , продолжительности цикла транспортной единицы  $t_u$ , продолжительности расчетного периода  $T$  (с учетом потерь времени на пробег от гаража на трассу и обратно) и полезной грузоподъемности транспортной единицы  $q$  и рассчитывается:

$$N = \frac{Q \cdot t_u}{T \cdot q}, \text{ шт}$$

*Пример 1.* Требуется ежедневно перевозить 50 тыс. шт. кирпича с кирпичного завода на расстояние  $L = 12$  км. Кирпич перевозится на поддонах (ГОСТ 18434-80) емкостью 200 шт/на поддоне по городу, масса кирпича 3,7 кг. Подобрать количество автомобилей при двухсменной работе грузоподъемностью 10 т.

*Решение*

- Определим массу кирпича при ежедневной перевозке:

$$Q = m \cdot 50 \text{ тыс. шт} = 3,7 \cdot 50 \text{ тыс. шт} = 185 \text{ т.}$$

- Определим количество кирпича, которое может перевезти один автомобиль при двухсменной работе:

$$p = q_n \cdot n = q_n \frac{T}{t_u}$$

Где  $q_n$  – полезная грузоподъемность автомобиля;  $n$  – количество циклов (ездов), которое может выполнить автомобиль за один день в две смены (16 часов).  $T$  – продолжительность работы машины в течение двух смен, принимаемая 15 часов (0,5 час в каждой смене – время пробега до гаража к пункту погрузки);  $t_u$  – продолжительность цикла (ходки) автомобиля.

Т а б л и ц а 1.31

Тип автотранспортных средств

Тип автомобиля	Грузоподъемность, т	Габариты перевозимого груза, мм		
		ширина	длина	высота
Бортовой, общего назначения	4-6	1930-2400	3440-3840	2320-2400
	7-10	2230-2400	4440-4750	2150-2410
	11-16	2380	5710	2280-2330
Автопоезд с прицепом общего назначения	4-6	2107	3788	2530
	7-10	2292	4890	2370
	17-24	2900	6480	2455

Автопоезд с полуприцепом общего назначения	7-10	2120-2150	5960-5990	2400-2420
	11-16	2140-2220	7440-7815	2215-2410
	17-24	2900	6480	2455
Формовоз	11-16	395-915	12645-22290	3055-3200
	17-24	345-675	12500-18500	2250-2950
	25 и более	-	12500	-
Формовоз для перевозки ферм в наклонном положении	До 36	500	21000	2400
Колонновоз	7-10	2158	11750	2230
	11-16	1950-2100	11940-15940	2100-2260
	17-24	2900	15940	2050
	25 и более	1100-2900	3950-19575	2100-2247
Балковоз	7-10	1400-200	18590	1890
	11-16	150-2280	11940-12230	2100-2110
	17-24	1100-2900	16440-17940	2020-2150
Плитовоз	7-10	2300	6090-8090	3000
	11-16	2300-3200	5900-12740	2000-2260
	17-24	2140-3140	12065-19140	2300
Панелевоз хребтовый	11-16	2×680	6340	31110
	17-24	2×800	12140	3110
Панелевоз	7-10	400×2600	5640-7440	2750-3165
	11-16	1500	6440	2900

Т а б л и ц а 1.32  
Классификация грузов для перевозки автомобильным транспортом

Наименование грузов	Класс грузов
Балки металлические	2
Гравий, грунт	1
Железобетонные конструкции (кроме крупногабаритных)	1
Кирпич глиняный россыпью	1
Контейнеры с разным грузом	2
Лесоматериалы	1
Песок	1
Цемент	1
Минеральная вата	3

*Примечание:* Грузы 1 класса обеспечивают использование автомобиля на 100 %, 2 класса на 71-99 % и 3 класса 0,51-70 %.

- По табл. 1.31 принимаем тип автомобиля бортовой общего назначения грузоподъемностью 10 т.

- По табл. 1.32 принимаем коэффициент использования автомобиля 0,8 (для грузов 2-го класса от 0,71 до 0,99). Тогда

$$q_n = 10,0 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ т.}$$

- Определяем продолжительность цикла (ходки) автомобиля

$$t_u = \frac{2L}{V_{cp}} + t_n + t_p$$

Где  $t_n$  - продолжительность простоя автомобиля под погрузкой, мин;  $t_p$  - то же под разгрузкой;  $L$  – расстояние перевозки;  $V_{cp}$  – средняя расчетная скорость движения автомобиля, км/час.

Нормы времени простоя автомобилей при погрузке и разгрузке определяются по ФССЦ – 2001. Часть 1. «Автомобильные перевозки».

Т а б л и ц а 1.33

Нормы времени простоя бортовых автомобилей при погрузке и разгрузке кранами

Грузоподъемность автомобиля, т	Масса груза при одновременном подъеме, т			
	до 1,0	от 1,0 до 3,0	от 3,0 до 5,0	свыше 5,0
Свыше 1,5 до 3,0	8,50	5,47	3,0	-
Свыше 3,0 до 5,0	7,4	4,7	3,4	-
Свыше 5,0 до 7,0	6,5	3,95	2,5	2,1
Свыше 7,0 до 10,0	6,2	3,7	2,38	2,0
Свыше 10,0 до 15,0	-	3,40	2,23	1,85
Свыше 15,0 до 20,0	-	3,0	1,9	1,7
Свыше 20	-	2,77	1,75	1,55

Масса одного поддона кирпича будет составлять  $3,7 \times 200 + 22 = 762$  кг (22 кг – масса поддона).

Тогда, согласно данным табл.1.33 время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой составит:

$$t_n + t_p = 2 \cdot 6,2 \cdot 8,0 = 41,6 \text{ мин.}$$

Время простоя автомобиля под погрузкой и выгрузкой можно определить и другим способом. Сначала подсчитаем количество поддонов, перевозимых за одну ходку:

$$8000 / 762 = 10 \text{ шт.}$$

или количество перевозимого кирпича:  $200 \cdot 10 = 2000$  шт.

- Тогда время простоя автомобиля составит:

$$t_n + t_p = 2 \cdot 6,2 \cdot 0,762 \cdot 10 = 39,9 \approx 40,0 \text{ мин}$$

Принимаем в качестве расчетного времени простоя 41,6 мин.  
 $V_{cp} = 24$  км/ч Среднюю скорость движения в городских условиях принимаем по Приложению 3 ФССЦ – 2001. Часть 1. «Автомобильные перевозки»

$$\text{или } 24000 / 60 = 400 \text{ м/мин.}$$

- Тогда расчетное время цикла (ходки) составит:

$$t_u = \frac{2L}{V_{cp}} + t_n + t_p = \frac{2 \cdot 12000}{400} + 41,6 = 101,6 \approx 102 \text{ мин}$$

- Расчетная производительность одного автомобиля в день составит:

$$p = q_n \cdot n = q_n \frac{T}{t_u} = 8,0 \cdot \frac{15 \cdot 60}{102} = 70,6 \text{ т}$$

- Требуемое количество автомобилей составит:

$$N = \frac{Q}{p} = \frac{185}{70,7} = 2,6 \approx 3$$

Принимаем 3 автомобиля, которые в день могут перевезти  $70,6 \cdot 3 = 211,8$  т или  $211,8 / 3,7 = 57, 24$  тыс. шт. кирпича.

*Пример 2.* Подобрать количество автомобилей-самосвалов для бесперебойной работы экскаватора типа ЭО – 3322А с емкостью ковша  $0,5 \text{ м}^3$ , оборудованного обратной лопатой. Грунт суглинок, объемный вес  $1,4 \text{ т/ м}^3$ . Объем грунта для транспортировки  $860 \text{ м}^3$ , дальность транспортировки  $10,0$  км. Средняя скорость движения автомобиля –  $24$  км/час (городские условия). Автомобили самосвалы КАМАЗ-5511 грузоподъемностью  $10,0$  т и объемом кузова  $6,2 \text{ м}^3$ .

#### Решение

- Проверяем массу грунта, которую можно загрузить в автосамосвал:

$$m = V \cdot \gamma = 6,2 \cdot 1,4 = 8,68 \text{ т.}$$

Что составляет меньше грузоподъемности автомобиля ( $10$  т).

В том случае, если масса грунта окажется выше грузоподъемности автомобиля, необходимо определить массу грунта в ковше экскаватора, применив коэффициент наполнения ковша -  $k_{nan}$ . Для ковша с прямой лопатой  $k_{nan} - 1 \dots 1,25$ ; с обратной лопатой –  $0,8$ ; драглайна –  $0,9 \dots 1,15$ .

$$m_k = k_{nan} \cdot V_k \cdot \gamma = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1,4 = 0,84 \text{ т.}$$

Целое количество ковшей, которое можно будет загрузить в самосвал, составит:

$$n_k = \frac{Q}{m_k} = \frac{10}{0,84} = 12$$

- Время простоя автомобиля составит:

$$t_n + t_p = 2 \cdot 8,68 = 17,36 \approx 17,0 \text{ мин}$$

$V_{cp} = 24$  км/ч Среднюю скорость движения в городских условиях принимаем по Приложению 3 ФССЦ – 2001. Часть 1. «Автомобильные перевозки»

$$\text{или } 20000 / 60 = 333 \text{ м/мин.}$$

- Тогда расчетное время цикла (ходки) самосвала составит:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2L}{V_{cp}} + t_n + t_p = \frac{2 \cdot 10000}{333} + 17,36 = 72,42 \approx 72 \text{ мин}$$

- Расчетная производительность одного автомобиля в день составит:

$$p = q_n \cdot n = q_n \frac{T}{t_{\text{ц}}} = 8,68 \cdot \frac{15 \cdot 60}{72} = 70,6 \text{ м}^3 \text{ или } 50,4 \text{ м}^3.$$

- Определяем потребное количество автомобилей самосвалов в день. Норма выработки экскаватора в смену составляет  $235 \text{ м}^3$  или  $470 \text{ м}^3$  (справочные данные) при двух сменной организации работ.

$$N = \frac{Q}{p} = \frac{470}{50,4} = 9,3 \quad \text{Принимаем 10 автомобилей самосвалов.}$$

Т а б л и ц а 1.34

Варианты заданий для самостоятельного решения

№ варианта	Вид груза	Дальность возки, км	Общая масса груза, т	Условия перевозки
1	Песок	10	960	Вне города
2	Щебень	8	450	Вне города
3	Кирпич	15	370	По городу
4	Ж/б конструкции	21	200	По городу
5	Пиломатериалы	18	140	По городу
6	Цемент в мешках	36	24	По городу
7	Грунт	5	1240	Вне города
8	ПГС	12	1460	Вне города
9	Стальной прокат	56	240	По городу
10	Утеплитель	48	10.2	По городу

*Примечание:* Недостающие данные принять самостоятельно.

### 1.7.3. Выбор экскаватора

Одноковшовые экскаваторы оснащаются одним из вариантов рабочего оборудования: прямая или обратная лопата, драглайн, грейфер. Экскаваторы выпускаются на гусеничном и колесном ходу. Основное назначение – разработка выемок, карьеров, резервов, котлованов и траншей. Предельные размеры выемок, которые могут быть разработаны экскаватором с одной стоянки, зависят от его рабочих параметров:

- максимально возможной высоты копания (для экскаваторов оборудованных прямой лопатой) или максимально возможной глубины копания (для экскаваторов с обратной лопатой);
- наибольшего и наименьшего радиусов копания на уровне стоянки экскаватора;
- радиуса выгрузки;
- высоты выгрузки.

*Экскаватор, оборудованный прямой лопатой* предназначен для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки не менее чем 1,5 м., обычно с погрузкой в транспортные средства. Конструкция экскаватора позволяет ему копать ниже уровня стоянки не более чем 0,2 м., обычно применяются ковши объемом от 0,5 до 2,5 м<sup>3</sup>.

*Экскаватор, оборудованный обратной лопатой*, применяется для разработки грунта ниже уровня стоянки (котлован, траншеи, ямы для отдельно стоящих фундаментов и т.п.).

*Грейфер* используется при разработке грунта ниже уровня грунтовых вод или находящихся под водой. В основном применяются ковши объемом 0,35 – 2,5 м<sup>3</sup> с принудительным открыванием.

*Драглайн* применяется для разработки грунта, расположенного ниже уровня стоянки экскаватора (отрывки глубоких котлованов, широких траншей, возведении насыпей, разработки грунтов под водой) глубиной до 12 м. В основном применяются ковши объемом 0,25 – 2,5 м<sup>3</sup> с опорожнением при ослаблении натяжения тягового каната. Конструкция машины позволяет располагать транспортные средства на дневной поверхности и на дне выемки.

В общем случае выбор экскаватора для разработки выемки осуществляется в два этапа:

- выбор нескольких экскаваторов по техническим параметрам;
- технико-экономическое сравнение вариантов.

*Выбор экскаваторов по техническим параметрам* производится из анализа условий работы на строительной площадке с определения наиболее целесообразных вместимости ковша и типа, а также других параметров (длины стрелы, радиуса резания и выгрузки и т.д.). Выбор сменного оборудования зависит от уровня грунтовых вод и характера разрабатываемой выемки (широкий котлован, траншея и т.д.).

На данном этапе рекомендуется принимать два-три экскаватора с одинаковым или близкими объемами ковша, но с разным сменным оборудованием или приводом.

Т а б л и ц а 1.35

Рекомендуемая емкость ковша

Объем грунта в выемке, м <sup>3</sup>	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Объем грунта в выемке, м <sup>3</sup>	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>
До 500	0,15	6000 – 11000	0,8
500 – 1500	0,25; 0,3	11000 – 13000	1,0
1500 -3000	0,5	13000 – 15000	1,25
3000 – 6000	0,65	Более 15000	1,5-2,0

*Выбор экскаваторов по минимуму приведенных затрат* производится на основании технико-экономического сравнения вариантов. Для проектов, продолжительность которых не превышает одного года, применяется подход без учета временного фактора.

- определяется трудоемкость машинного времени:

$$T_{\text{маш.см}} = \frac{H_{\text{вр}} \cdot V}{8 \cdot E_{\text{изм}}}$$

Где  $V$  – объем работ в м<sup>3</sup>;  $H_{\text{вр}}$  – норма времени, маш-час, и  $E_{\text{изм}}$  – 1000 м<sup>3</sup> единица измерения, принимаемая по ГЭСН.

- определяется стоимость разработки 1 м<sup>3</sup> в котловане для каждого типа экскаваторов:

$$C = \frac{C_{\text{маш-см}}}{\Pi_{\text{см.выр}}}$$

Где  $C_{\text{маш-см}}$  – стоимость машино-смены экскаватора с учетом накладных расходов, руб/см (для каждой организации свои значения, или принимается по справочной литературе);  $\Pi_{\text{см.выр}}$  – сменная выработка экскаватора, учитывающая разработку грунта навывмет и с погрузкой в транспортные средства, м<sup>3</sup>/см.

$$П_{см.выр} = \frac{V}{T_{маш.см}}$$

Где  $V$  – объем работ в выемке  $м^3$ ;  $T_{маш.см}$  – число машино-смен.

- определяются удельные капитальные вложения на разработку  $1 м^3$  грунта для каждого типа экскаваторов:

$$K = \frac{1,07C_{он}}{t_{год} \cdot П_{см.выр}}$$

Где 1,07 – коэффициент, учитывающий транспортные затраты;  $C_{он}$  – оптовая цена машины при доставке от базы до объекта, руб;  $t_{год}$  – нормативное число смен работы экскаватора в году (выбирается по паспортным данным, для экскаваторов с объемом ковша  $0,65 м^3$  ориентировочно принимается 350 смен).

- определяются приведенные затраты (в базовых ценах 1991 года) на разработку  $1 м^3$  грунта:

$$П = C + E \cdot K$$

Где  $E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (для новое техники  $E = 0,15$ ; для бывшей в употреблении более года  $E = 0,12$ ).

- определяется экономический эффект:

$$\Theta = П_1 - П_2$$

Где  $П_1$  и  $П_2$  – приведенные затраты (в базовых ценах 1991) на разработку  $1 м^3$  грунта для каждого типа экскаватора.

Т а б л и ц а 1.36

Допустимый недобор грунта при работе одноковшовых экскаваторов, см

Емкость ковша, $м^3$	Рабочее оборудование		
	Прямая лопата	Обратная лопата	Драглайн
Механические экскаваторы			
0,4	5	10	15
0,65	10	15	20
0,8...1,25	10	17	25
1,5...2,5	15	20	30
3,0...5,0	10	-	30
Гидравлические экскаваторы			
0,5	5	5	-
0,65...1,0	7	10	-
1,25 ...1,6	7	10	-
2,0...3,2	10	12	-

Т а б л и ц а 1.37

Справочные данные по экскаваторам с прямой лопатой  
Российского производства

Марка	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Мах радиус копания, м	Мах высота копания, м	Мах высота выгрузки, м	Радиус копания на уровне стоянки, м
ЭО-1621	0,15	4,1	1,8	2,6	2,4
ЭО-2621А	0,25	4,7	4,6	3,3	2,7
ЭО-2621В	0,25	5,0	2,8	2,5	2,7
ЭО-3322	0,4	5,9	6,2	4,3	3,0
ЭО-3323А	0,63	6,8	7,7	4,2	6,5
ЭО-3122	0,63	6,8	7,3	4,1	6,5
ЭО-4321	0,8	7,5	7,9	5,7	5,0
ЭО-10011Е	1,0	9,0	6,7	5,1	5,0
ЭО-4124Б	1,0	7,1	7,3	5,1	2,9
ЭО-4321Б	1,0	7,5	7,9	4,7	7,3
ЭО-1252Б	1,25	9,9	7,8	5,1	6,3
ЭО-4125Б	1,25	7,9	8,3	5,5	3,4
ЭО-4125А	1,5	8,6	7,4	5,0	2,8
ЭО5124	1,6	8,9	9,6	5,1	8,5
ЭО-6122	2,5	10,2	10,7	6,0	9,7

Т а б л и ц а 1.38

Справочные данные по экскаваторам с обратной лопатой  
Российского производства

Марка	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Мах радиус копания, м	Мах глубина копания, м	Мах высота выгрузки, м
ЭО-1621	0,15	4,1	2,1	1,7
ЭО-2621А	0,25	5,0	3,0	2,2
ЭО-2621В	0,25	5,3	4,2	3,2
ЭО-304Г	0,4	7,8	3,0	3,0
ЭО-3322	0,63	9,2	5,6	1,7
ЭО-3323А	0,63	7,9	4,8	6,1
ЭО-3122	0,63	8,1	5,2	5,7
ЭО-3221	0,63	7,9	4,9	5,1
Э-652Б	0,65	9,2	4,0	2,3
ЭО-4321Б	0,8	8,9	5,5	5,5

ЭО-10011Е	1,0	10,2	6,7	6,2
ЭО-4322	1,0	9,0	5,9	5,5
ЭО-4125А	1,0	9,3	6,0	5,2
Э-1252Б	1,25	9,4	6,0	5,0
ЭО-5124	1,6	10,0	6,5	5,5
ЭО-6122	2,5	11,6	7,2	5,8

Т а б л и ц а 1.39

Глубина разработки траншей в зависимости от крутизны откосов

Длина стрелы, м	Угол наклона стрелы, град	Глубина разработки при крутизне откосов, м				Ширина разработки, м
		1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	
Экскаватор ЭО-4111Б						
10,0	45	5,4	4,0	3,2	2,5	7,1
	30	6,5	5,0	4,0	3,3	8,4
	45	7,3	5,8	4,7	3,8	9,2
13,0	30	8,5	7,1	5,8	4,8	10,7
Экскаватор ЭО-10011Е						
12,5	45	7,0	5,3	4,2	3,4	9,0
	30	8,5	6,5	5,2	4,3	10,4
	45	8,8	6,8	5,4	4,4	10,7
15,0	30	10,6	8,4	6,8	5,6	12,9
Экскаватор ЭО-6112Б						
12,5	45	6,8	5,2	4,1	3,4	9,2
	30	8,4	6,5	5,1	4,1	10,7
15,0	45	8,7	6,7	5,4	4,4	10,9
	30	10,6	8,3	6,2	5,6	10,9

Т а б л и ц а 1.40

Справочные данные по экскаваторам с обратной лопатой  
зарубежного производства

Марка	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Мах радиус копания, м	Мах глубина копания, м	Мах высота выгрузки, м
ЕК-270	0,6; 0,8; 1,2; 1,5	10,0-11,2	6,2; 7,0; 7,7	7,5; 7,9; 7,8
Фирма производитель LITBHERR-Holding				
R904	0,15-1,05	8,4-10,85	5,3-7,8	6,3-7,9
R914	0,3-1,4	8,0-9,1	4,9-6,1	5,7-6,2

Фирма производитель CATERPILLAR S.A.R.L				
M312B	0,23-0,75	8,64	6,05	6,35
M315B	0,35-1,0	9,0	6,4	6,5
Фирма производитель KOMTSU				
RW150-1	0,45-0,75	7,79	4,84	5,85
PC300-5	0,5-1,8	10,9	7,4	7,1
Фирма производитель HITACHI				
ZX200	0,8	9,9	6,67	6,78
ZX240-3	1,0	9,88	9,69	6,99
ZX330-3	1,4	10,57	6,84	6,94
ZX450-3	1,9	10,57	5,9	7,21
Фирма производитель CASE CORPORATION				
WX165	0,27; 0,95	8,7	5,4	6,4
CX180B	0,27; ,95	8,67	5,65	6,4

Т а б л и ц а 1.41

Минимальные размеры проходок экскаватора,  
оборудованного обратной лопатой

Объем ковша, м <sup>3</sup>	Минимальная глубина забоя при разработке различных грунтов, м		Минимальная ширина подшвы торцевого забоя. М
	несвязных	связных	
0,25	1,0	1,5	1,0
0,4...0,5	1,2	1,8	1,0
0,65...0,8	1,5	2,0	1,3
1,0...1,25	1,7	2,3	1,5

Т а б л и ц а 1.42

Наименьшая и наибольшая высота забоя,  
обеспечивающего наполнение ковша экскаватора «с шапкой», м

Группа грунта	Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>				
	0,25	0,4-0,5	0,65-0,8	1-1,25	1,6-2,5
Наименьшая высота забоя					
I, II	1,5	1,5	2,5	3,0	3,0
III	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5
IV	3,0	3,5	5,5	6,0	6,0
Наибольшая высота забоя					
Все типы грунтов	4,8 – 5,5	6,6- 7,8	6,8 – 7,9	8,0 – 9,0	9,3 – 10,8

Т а б л и ц а 1.43

Справочные данные по экскаваторам с драглайном

Марка	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Мах радиус копания, м	Мах глубина копания, м	Мах высота выгрузки, м
ЭО-304Г	0,4	10,2	7,8	6,0
ЭО-3211Е	0,5	11,1	7,6	6,3
ЭО-4112А	0,65	11,1	7,3	5,5
Э-652Г	0,8	10,2	5,6	5,5
ЭО-5111Б	1,0	13,5	9,4	6,6
Э-1252Б	1,25	12,9	7,5	6,5

Т а б л и ц а 1.44

Зависимость глубины разработки грунта драглайном при угле наклона к горизонту 30 – 45°

Объем ковша, м <sup>3</sup>	Длина стрелы, м	Глубина разработки, м при проходе	
		боковой	лобовой
0,4...0,5	10	4,4...3,8	7,3...5,0
	13	6,6...5,9	10,0...7,8
0,65...0,8	11	3,5...2,5	7,5...6,5
	13	6,0...4,5	10,0...9,0
1,0...1,25	13	5,8...4,9	9,5...7,4
	16	8,0...7,1	12,2...9,6
1,6...2,5	15	7,4...6,5	12,0...9,6
	20	10,7...9,4	16,3...13,1
	25	14,0...12,5	20,6...16,6

Рабочую зону экскаватора, включая место стоянки транспортных средств, называют *забоем*, перемещение экскаватора при разработке грунта – *проходкой*. Значение перемещения экскаватора при смене смежного места стоянки называется *длиной передвижки*. Забои бывают лобовыми (при применении обратной лопаты – торцевыми) и боковыми, проходки – продольными и поперечными.

При лобовом забое применяются прямолинейная проходка (когда ширина котлована по верху меньше 1,5 радиуса копания грунта экскаватором). Зигзагообразная проходка применяется при забое меньше 2,5 радиуса копания и поперечно-лобовая проходка при забое меньше 3,5 радиуса копания.

При торцевом забое применяются прямолинейная и зигзагообразная проходки, при боковом забое – боковая проходка. Количество боко-

вых проходок определяется исходя из размеров котлована и ширины прямолинейной проходки.

В зависимости от количества проходок по высоте выемки различают одно-, двух- и трехъярусную разработку грунта.

Современные экскаваторы типа ЭО выпускаются с жесткой подвеской и гидравлическим управлением. Экскаваторы устаревших моделей типа Э, как правило, выпускались с гибкой подвеской и канатным управлением.

В индексе современных экскаваторов содержатся сведения об их основных характеристиках. Например, ЭО-3322АТ – экскаватор одноковшовый, универсальный, третьей размерной группы, на пневмоколесном ходу, с жесткой подвеской оборудования, модель 2, прошедшая первую модернизацию в тропическом исполнении.

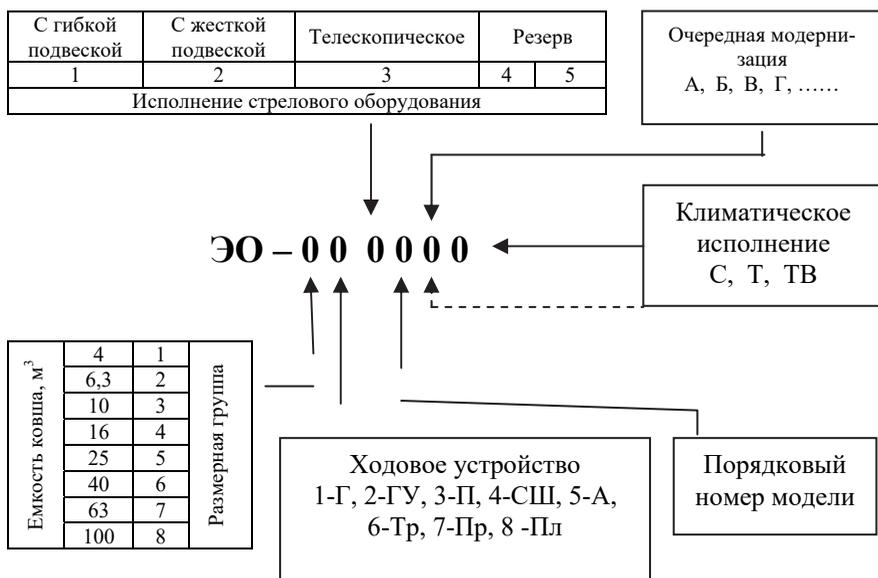


Рис. 1.43. Схема маркировки экскаваторов

Схема маркировки одноковшовых универсальных экскаваторов: ЭО – экскаватор одноковшовый универсальный; С – северное исполнение; Т – тропическое исполнение; ТВ – тропическое влажное исполнение; Г – гусеничное ходовое устройство с минимально допускаемой поверхностью гусениц; ГУ – гусеничное ходовое устройство с увеличенной поверхностью гусениц; П – пневмоколес-

ное ходовое устройство; СШ – специальное шасси автомобильного типа; А - шасси грузового автомобиля; Тр – трактор; Пр – прицепное ходовое устройство; Пл – плавучее ходовое устройство.

При выборе экскаваторов необходимо учитывать, что если ведущий экскаватор оборудован прямой лопатой, то тип вспомогательного экскаватора – с обратной лопатой, и наоборот.

Подбор автомобилей самосвалов для транспортировки грунта предварительно следует производить по справочным данным, а затем проверять расчетом.

Т а б л и ц а 1.45

Рациональная грузоподъемность автомобилей самосвалов при транспортировке грунта

Дальность транспортировки, км	Грузоподъемность самосвалов в т, при объеме ковша экскаватора в м <sup>3</sup>					
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5
0,5	3,5	4,5	7	7	10	-
1,0	7	7	10	10	10	12
1,5	7	7	10	10	12	18
2,0	7	10	10	12	18	18
3,0	7	10	12	12	18	27
4,0	10	10	12	18	18	27
5,0	10	10	12	18	18	27

Т а б л и ц а 1.46

Потребность в автомобилях самосвалов на один экскаватор

Дальность транспортировки, км	Грузоподъемность самосвалов в т			
	5		10	
	Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>			
	0,65	1,25	1,6...2,5	4,6
0,5	3	4	5	3
1,0	4	5	7	5
1,5	5	5	8	6
2,0	6	6	9	7
3,0	7	8	10	9
5,0	10	11	12	13

Т а б л и ц а 1.47

Число ковшей экскаватора для полной загрузки кузова самосвала

Объем ковша, м <sup>3</sup>	Группа грунта										
	I			II – III			IV			Скальные породы	
	Грузоподъемность самосвалов, т										
	4,5	7	12	4,5	7	12	4,5	7	12	7	12
0,4	6,2	11,3	16,7	6,7	12,1	17,8	7	12,7	18,8	14,5	21
0,65	4,8	8,8	12,9	5,1	9,3	13,7	5,4	9,8	14,4	11,3	16,7
1,0	3,1	5,6	8,3	3,3	6	8,8	3,5	6,4	9,4	7,3	10,7
1,25	2,1	3,8	5,6	2,2	4,1	5,9	2,3	4,3	6,3	4,9	7,1
2,0	1,5	2,8	4,2	1,6	3	4,5	1,7	3,2	4,7	3,7	5,3

Т а б л и ц а 1.48

Справочные данные по автомобилям самосвалам

Марка автосамосвала	Характеристики автосамосвала		
	Грузоподъемность, т	Емкость кузова, м <sup>3</sup>	Полная масса, т
Автосамосвалы Российского производства			
КАМАЗ-5510	10,0	7,2	12,0
КАМАЗ-45143	10,25	15,4	19,65
КАМАЗ-65115	15,0	10,0	25,0
КАМАЗ-65222	19,5	12,0	34,0
Урал-583106	25,0	16,0	41,2
Фирма производитель Mercedes Benz, Германия			
ND 3310SAJ	12,82	24,8	31,0
ND 3250A38	13,0	19,3	33,5
Фирма производитель IVECO-MAGIRUS, Италия			
MP 380E38H	24,5	14,0	38,0
MP 380E42W	24,5	14,0	38,0
Фирма производитель SHAANXI (MAN), Китай			
SX 3254JM384	11,2	19,3	33,5
SX 3315DR326	16,6	21,0	31,0
Фирма производитель DOGFENG Motor, Китай			
DFL 3251A-1	19,15	16,0	24,8
Фирма производитель DAEWOO, Корея			
K4DRF	15,0	10,0	29,5
N8DSE	24,0	14,0	37,8

*Пример.* Подобрать экскаватор для разработки грунта в выемке: грунт – I группа, объем траншеи  $V = 2190 \text{ м}^3$ , время работы – летнее, погрузка грунта в автомобильный транспорт, число смен в сутки – 2.

### *Решение*

- по таблице 1.35 или другим справочным данным определяем рекомендуемую емкость ковша –  $0,5 \text{ м}^3$ ;

- для сравнения вариантов выбираем два экскаватора по табл. 1.37 и 1.38: ЭО-3221 с обратной лопатой и ЭО-3323А с прямой лопатой с гидравлическим приводом рабочего оборудования с емкостью ковша  $0,63 \text{ м}^3$ ;

- определяем трудоемкость работ и затраты машинного времени по первому и второму вариантам:

По ЕниР выпуск 2. «Земляные работы» для данных марок экскаваторов нормы времени не определены.

По ГЭСН 01-01-013-7 Нормирование трудовых затрат / машинного времени приведено для экскаваторов не по маркам, а по емкости ковша –  $26,91 \text{ маш/час}$  на  $1000 \text{ м}^3$

Соответственно, продолжительность разработки грунта в две смены составит:

$$T = \frac{H_{вр} \cdot V}{8 \cdot E_{изм}} = \frac{26,91 \cdot 2190}{2 \cdot 8 \cdot 1000} = 3,7 \text{ маш / см} \approx 4 \text{ маш / см}$$

Сменная выработка в данном случае может быть принята одинаковой, так как других данных нет

$$P_{см.выр} = \frac{V}{T_{маш.см}} = \frac{2190}{3,7} = 592 \text{ м}^3 / \text{см}$$

- определяем стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  если стоимость машино-смены экскаваторов с учетом накладных расходов составляет:

ЭО-3323А –  $3180 \text{ руб / см}$

ЭО-3221-  $2960 \text{ руб / см}$

Для экскаватора ЭО-3323А стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  составит:

$$C = \frac{C_{маш-см}}{P_{см.выр}} = \frac{3180}{592} = 5,37 \text{ руб}$$

А для экскаватора ЭО-3221 стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  составит

$$C = \frac{C_{маш-см}}{P_{см.выр}} = \frac{2960}{592} = 5,0 \text{ руб}$$

Окончательно принимаем экскаватор ЭО-3221.

### 1.7.4. Расчет забоя одноковшового экскаватора

Расчет забоя одноковшового экскаватора, оборудованного прямой лопатой. Технологическая схема разработки грунта зависит от ширины выемки и направления движения экскаватора. За одну проходку экскаватора грунт разрабатывают в случаях:

- Если ширина выемки по верху составляет  $B_e \leq 1,5R$ , то экскаватор перемещается по оси забоя. В этом случае ширина забоя  $B_n$  составляет:

$$B_n = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2}$$

Где  $R_0$  - оптимальный радиус резания грунта ( $R_0 = 0,8R$ ), м;  $R$  - наибольший радиус резания грунта, м (табл. 1.37; 1.40);  $l_n$  - длина рабочей передвижки экскаватора, м.

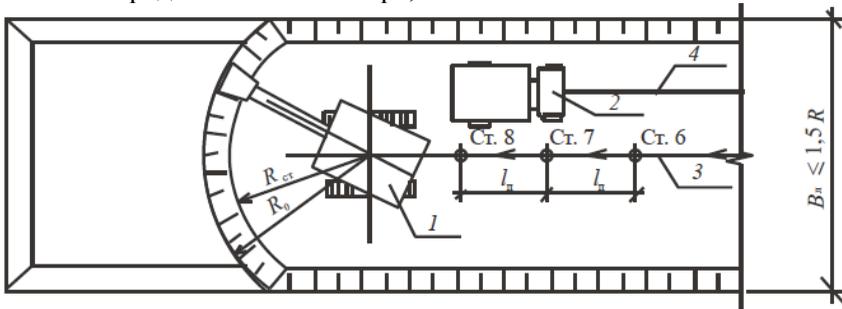


Рис. 1.44. Лобовой забой экскаватора

Где 1 – экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – ось движения экскаватора; 4 – ось движения автосамосвала.

Т а б л и ц а 1.49

Длина передвижки экскаватора, м

Тип оборудования	Емкость ковша, м <sup>3</sup>							
	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5
Прямая лопата	1,0	1,1	1,3	1,5	1,75	2,0	2,0	2,3
Обратная лопата (драглайн)	1,3	1,3	1,4	1,55	1,75	2,0	2,0	2,3

- Если ширина выемки в его верхней части находится в пределах  $1,5R < B_e \leq 2,5R$ , то стоянки экскаватора смещают от оси забоя к

его краям (экскаватор перемещается по дну выемки зигзагом). Ширина уширенного забоя по верху составляет:

$$B_n = 2[\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + (0,3 - 0,8)R]$$

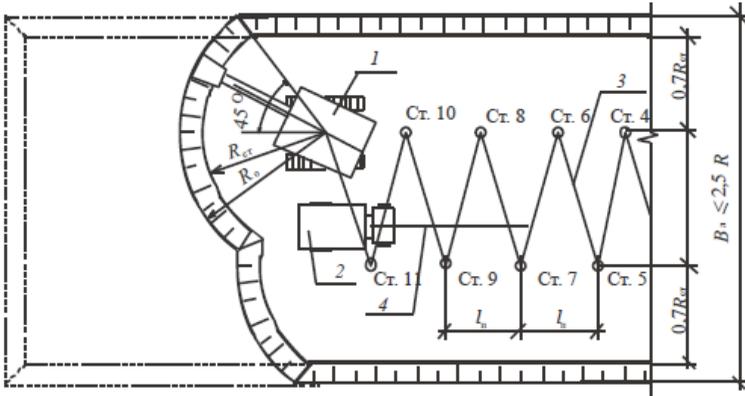


Рис. 1.45. Уширенный лобовой забой экскаватора

- При ширине выемки  $2,5R < B_0 \leq 3,5R$ , экскаватор разрабатывает грунт поперечно-лобовым забоем, ширина которого определяется:

$$B_n = 2[\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + (0,8 - 0,9)R]$$

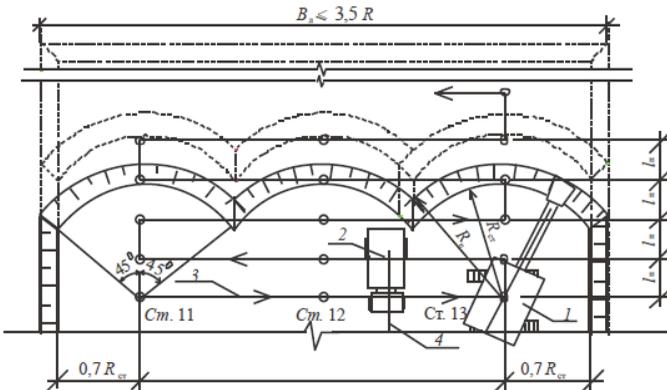


Рис. 1.46. Поперечно – лобовой забой экскаватора

При ширине выемки более  $3,5R$  первая проходка экскаватора принимается лобовой, а все последующие – боковыми проходками.

При боковом забое ось движения экскаватора смещается к ранее выработанному забою (проходке) под углом не более  $45^{\circ}$ . Ширину бокового забоя определяют:

$$B_{\delta} = 2\sqrt{R_{cm}^2 - l_n^2} + 0,7R_{cm}$$

Где  $R_{cm}$  - минимальный радиус копания грунта на уровне стоянки экскаватора (табл. 1.37).

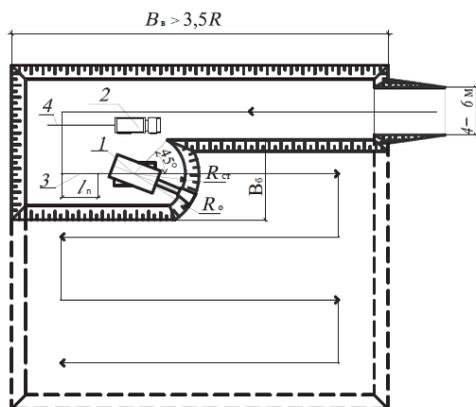


Рис. 1.47. Боковой забой экскаватора

Расчет забоя одноковшового экскаватора, оборудованного обратной лопатой и драглайном. Экскаватор, оборудованный обратной лопатой или драглайном, предназначен для разработки грунта ниже уровня стоянки. Транспортные средства для вывоза грунта могут располагаться на уровне стоянки экскаватора или на дне котлована.

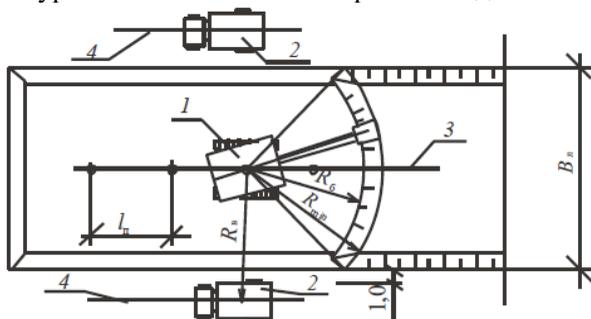


Рис. 1.48. Торцевой забой экскаватора

Где 1- экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – ось движения экскаватора; 4 – ось движения автосамосвала.

При погрузке грунта в автосамосвалы, расположенные по обе стороны от оси движения экскаватора, ширину торцевой (лобовой) проходки по верху определяют:

$$B_n = 2(R_g - 0,5b_a - 1)$$

Где  $R_g$  – радиус выгрузки грунта экскаватором, м; Для экскаваторов с гидравлическим приводом радиус выгрузки принимается равным оптимальному радиусу копания ( $R_g = 0,8R$ ). Радиус копания принимается по справочным данным или по табл.1.38; 1.40 и 1.43;  $b_a$  – ширина автосамосвала (2,1 – 2,65 м).

При выгрузке грунта в одну сторону ось движения экскаватора смещают в сторону стоянки автосамосвала, ширину торцевой (лобовой) проходки по верху определяют:

$$B_n = \sqrt{R_p^2 - l_n^2} + (R_g - 0,5b_a - 1)$$

Где  $R_p$  – радиус резания грунта на уровне дна котлована (табл. 1.50);

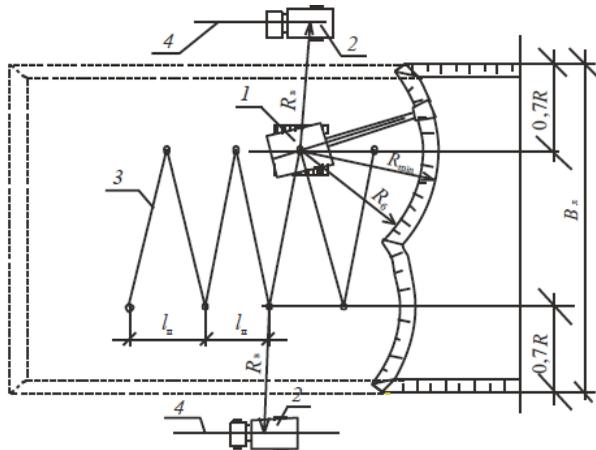


Рис. 1.49. Уширенный торцевой забой экскаватора

$$R_{\min} = R_g + m \cdot h_p$$

$R_{\min}$  – минимальный радиус резания на уровне подошвы откоса, м (для экскаватора с емкостью ковша  $V - 0,25 \text{ м}^3$   $R_g - 2,5$  м; для  $V - 0,5 \text{ м}^3$   $R_g - 3,0$  м; для  $V - 1,0 \text{ м}^3$   $R_g - 3,5$  м; для  $V - 2,0 \text{ м}^3$   $R_g - 4,0$  м; другие значения определяются по интерполяции).

## Радиус резания грунта экскаватором с обратной лопатой

Глубина котлована, м	Максимальный радиус копания, м						
	4	5	6	7	8	9	10
1,5	3,04	4,27	5,57	6,50	7,57	8,62	9,66
2,0	2,53	3,92	5,14	6,28	7,37	8,45	9,51
2,5	1,74	3,47	4,80	6,0	7,14	8,25	9,33
3,0	-	2,86	4,38	5,67	6,87	8,01	9,12
3,5	-	1,96	3,85	5,28	6,55	7,74	8,88
4,0	-	-	3,16	4,79	6,16	7,42	8,60

Ширину боковой проходки по верху определяют:

$$B_{\sigma} = (R_{\sigma} - 0,5b_a - 1) + \sqrt{R_p^2 - I_n^2} - m \cdot h_p$$

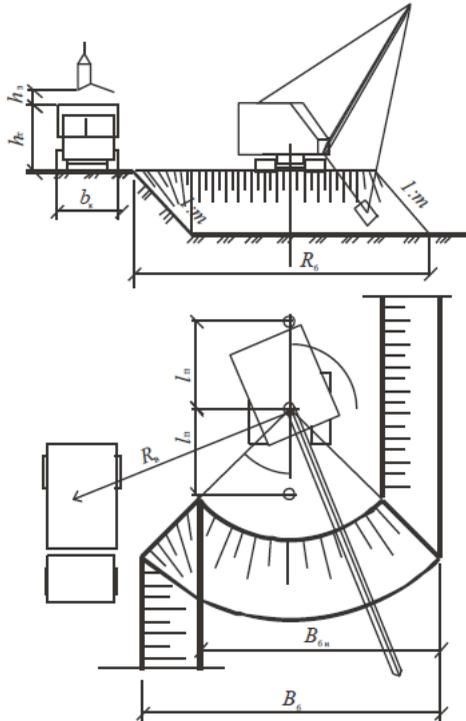


Рис. 1.50. Боковой забой экскаватора драглайн

*Пример.* Подобрать тип экскаватора и спроектировать разработку котлована при следующих исходных данных: ширина котлована по верху – 11,2 м; ширина котлована по дну 3,2 м; глубина котлована 4,0 м; грунт – песок (крутизна откосов 1:1 табл. 1.25). Погрузка грунта производится в транспортное средство, имеющего ширину 2,5 м.

### *Решение*

- Принимаем экскаватор отечественного производства с обратной лопатой. Технические характеристики выбираем по справочной литературе или табл. 1.38. Для нашего случая подходят экскаваторы с близкими характеристиками:

	ЭО 3221	ЭО 4321Б
Объем ковша, м <sup>3</sup>	0,63	0,8
$R_{\max}$ – радиус копания, м	7,9	8,9
$H_{\max}$ – глубина копания, м	4,9	5,5
$h_p$ – высота выгрузки, м	5,1	5,5

- Так как ширина котлована по верху составляет 11,2 м ( $B_e \leq 1,5R$ ), то экскаватор перемещается по оси забоя, т.е. разработка котлована должна вестись лобовой проходкой по прямой (рис. 1.48).

- Определяем ширину лобовой проходки для ЭО 3221 при выгрузке грунта в обе стороны от оси движения экскаватора:

$$B_n = 2(R_e - 0,5b_a - 1) = 2(0,8 \cdot R - 0,5 \cdot 2,5 - 1) = \\ = 2(0,8 \cdot 7,9 - 0,5 \cdot 2,5 - 1) = 12,14 \text{ м}$$

Для экскаватора ЭО 4321Б эта величина соответственно составит – 13,74 м что больше требуемой ширины котлована.

При выгрузке грунта в одну сторону ось движения экскаватора смещают в сторону стоянки автосамосвала, ширину торцевой (лобовой) проходки по верху определяют:

$$B_n = \sqrt{R_p^2 - l_n^2} + (R_e - 0,5b_a - 1)$$

-  $l_n = 1,55$  м - величину перемещения экскаватора определим как разницу между максимальными и минимальными радиусами копания или по табличным данным (табл. 1.49);

- ширина проходки по низу, для экскаватора ЭО 3221 составит:

$$b = 12,14 - 2 \cdot 1 \cdot 4 = 4,12 \text{ м};$$

а для экскаватора ЭО 4321Б -  $b = 13,74 - 2 \cdot 1 \cdot 4 = 5,74$  м;

Очевидно, что экскаватором ЭО 4321Б будет разработан котлован большего объема, следовательно, принимаем ЭО 3221.

### 1.7.5. Выбор землеройно-транспортных машин

К землеройно-транспортным машинам относятся автогрейдеры, бульдозеры, скреперы и погрузчики. Область применения указанных машин разнообразна, но имеются ряд ограничений по применению тех или иных машин, обусловленных геометрическим размерами и пространственной формой земляного сооружения, дальностью транспортировки грунта, принятой схемой разработки грунта и другими факторами.

*Грейдеры и автогрейдеры* используются для профилирования грунтовых дорог с устройством канав, планировки земляного полотна, откосов, возведения дорожных насыпей, дамб, оснований дорог и других планировочных работ. Грейдеры бывают прицепные и полуприцепные (в практике современного строительства достаточно большая редкость). Автогрейдеры – самоходные планировочные машины на пневматическом ходу, подразделяются на легкие, средние и тяжелые.

Грейдеры-элеваторы предназначены для послойного резания и перемещения грунта при возведении дорожных насыпей и дамб с использованием грунта из боковых резервов, разработке выемок, отрывке котлованов и каналов. Грейдер-элеватор представляет собой землеройную машину непрерывного действия с транспортным устройством в виде метателя или ленточного транспортера, они могут перемещать грунт в отвал или транспортное средство.

*Бульдозеры* применяются для перемещения грунта из выемки в насыпь на расстояние до 100 м (иногда до 200 и более м). Область применения бульдозеров достаточно широка: снятие растительного слоя, зачистка дна котлована, разравнивание и планировка грунта, разработка небольших котлованов и траншей, обратная засыпка пазух. Перемещение грунта производится отвалом, а возврат к месту набора грунта осуществляется обычно задним ходом.

*Скреперы* – землеройно-транспортные машины циклического действия. Эксплуатационные характеристики скреперов позволяют использовать их для разработки котлованов и планировки поверхностей. Оптимальная дальность перемещения грунта зависит от емкости ковша и типа ходового устройства и может составлять от 300 до 5000 м. Скреперы бывают прицепные, полуприцепные и самоходные. Наибольшее распространение в настоящее время получили автоскреперы. Легкие грунты разрабатываются сразу, а грунты плотного сложения предварительно разрыхляют.

Заполнение емкости ковша при разработке несвязных грунтов происходит не полностью, обычно 60-70 %. Для более полного и быстрого заполнения емкости ковша для скреперов стандартной конструкции широко применяются тракторы-толкачи (предпочтительнее с тросовым управлением рабочего органа). Для повышения производительности разработаны скреперы с принудительной загрузкой ковша, двухмоторные скреперы, скреперные поезда. Они могут работать без толкачей, что существенно снижает стоимость разработки грунта.

В зависимости от конкретных условий – протяженности транспортировки грунта, объемов перемещаемых земляных масс, взаимного расположения выемок и насыпей, уклона планируемой территории – применяются различные схемы движения скреперов.

*Одноковшовые погрузчики* позволяют механизировать широкий спектр работ: снятие и перемещение растительного грунта; подготовка забоя; зачистка дна выемок; погрузка грунта; перемещение грунта до 200 м; послойное разравнивание грунта; планировка и обратная засыпка выемок и пазух.

В зависимости от трудности разработки и вида используемых машин грунты подразделяются на группы.

При разработке грунта бульдозерами грунты делятся на три группы (I, II, III). Грунты III группы предварительно рыхлят рыхлителями (сменное оборудование к бульдозерам).

При разработке грунта скреперами грунты делятся на четыре группы (I, II, III, IV). Грунты IV группы – тяжелые глинистые грунты, содержащие валуны и камни размером до 300 мм. Грунты, разработка которых затруднена, предварительно рыхлят на всю толщину разрабатываемого слоя рыхлителями.

Т а б л и ц а 1.51

Количество скреперов, обслуживаемых одним толкачом

Расстояние перемещения грунта, м	Емкость ковша, м <sup>3</sup>			
	прицепных		самоходных	
	До 6	6-8	8-10	15
100	2	2	-	-
250	4	3	2	-
500	5	4	3	4...5
700	-	6	4	7...8
1000 и более	-	-	6	9...12

Т а б л и ц а 1.52

Показатели разрыхления грунтов

Наименование грунтов	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
Глина ломовая и сланцевая	28-32	6-9
Глина мягкая и жирная	24-30	4-7
Грунт гравийно-галечный	16-20	5-8
Грунт растительный	20-25	3-4
Грунт скальный	45-50	20-30
Лесс мягкий	18-34	3-6
Лесс отвердевший	24-30	4-7
Песок	10-15	2-5
Суглинок легкий и лессовидный	18-24	3-6
Суглинок тяжелый	24-30	5-8
Супесь	12-17	3-5
Чернозем и каштановый грунт	22-28	5-7

Т а б л и ц а 1.53

Распределение не мерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Наименование грунта	Средняя плотность грунта, кг/м <sup>3</sup>	Группа грунта при разработке его	
		экскаватором	бульдозером
Грунт растительного слоя	1200	I	I
Песок	1600	I	II
Супесь легкая	1650	I	II
Суглинок легкий	1700	I	I
Суглинок тяжелый	1750	II	II
Глина жирная, мягкая и мягкая без примесей	1800	II	II

Выбор скреперного или бульдозерного комплекта начинают с выбора ведущей машины, т.е. скрепера или бульдозера.

Затем для выбранной машины определяется общая трудоемкость работ:

$$T_{\text{маш.см}} = \frac{H_{\text{вр}} \cdot V}{8 \cdot E_{\text{изм}}}$$

Где  $V$  – объем работ в м<sup>3</sup>;  $H_{\text{вр}}$  – норма времени, маш-час, и  $E_{\text{изм}}$  – 1000 м<sup>3</sup> единица измерения, принимаемая по ГЭСН (или ЕниР).

Сменная производительность машины  $\Pi_{\text{см.выр}}$  рассчитывается:

$$\Pi_{\text{см.выр}} = \frac{V}{T_{\text{маш.см}}}$$

Где  $V$  – объем работ в выемке м<sup>3</sup>;  $T_{\text{маш.см}}$  – число машино-смен, или

$$\Pi_{\text{см.выр}} = \frac{8 \cdot E_{\text{изм}}}{H_{\text{вр}}}$$

Количество машин на объем работ рассчитывается:

$$N = \frac{T_{\text{маш.см}}}{t \cdot n}$$

Где  $t$  – продолжительность работы (8 час);  $n$  – количество смен.

Т а б л и ц а 1.54

Справочные данные по бульдозерам

Марка бульдозера	Базовый трактор	Тяговое усилие, кН	Ширина отвала, м
Российского производства			
ДЗ-42	ДТ-75	67,9	2,56
ДЗ-104	Т-4АП-1	98,8	3,28
ДЗ-101А	Т-4АП-1	98,8	2,86
ДЗ-53	Т-100	100	4,12
ДЗ-110А	Т-130.1.Г.1	121,4	3,22
ДЗ-116В	Т-170	125	3,2
ДЗ-117А	Т170	125	4,12
ДЗ-35С	Т-180	150	3,64
ДЗ-118	ДЭТ-250	250	4,31
ДЗ-250М	ДЭТ-250М	243	4,3
ДЗ-1268-1/2	ДЭТ-250М2	246	4,6
Зарубежного производства			
Фирма производитель CASE CORPORATION			
550G	-	99	2,3-2,5
650С	-	122	2,5
850G	-	145,5	30
1150С	-	217,9	2,6-3,0

Фирма производитель CATERPILLAR. S.A.R.L			
D3C	-	148	1,26
D4C	-	180	1,68
D5C	-	162	1,92
D5M-XL	-	218	2,59
Фирма производитель DRESTA Co.Ltd			
TD12C	-	30	2,06-3,52
TD15H	-	45	3,54-5,4
TD20H	-	60	3,88-6,19
TD25H	-	90	5,35-11,47

*Пример 1:* Подобрать комплект машин для вертикальной планировки территории, если: объем земляных работ 38,4 тыс. м<sup>3</sup>; средняя дальность перемещения грунта 230 м; грунт II группы; директивный срок выполнения работ 10 дней в две смены.

#### *Решение*

Учитывая среднюю дальность перемещения грунта можно принять как бульдозерный, так и скреперный комплекты. Рассмотрим оба варианта.

1. *Бульдозерный комплект.* По ГЭСН 01-01-032-2 примем бульдозер мощностью 132 кВт (180 л.с) – ДЗ-35С. Перевод мощности двигателя в л.с. в кВт производится делением на коэффициент, равный 1,35962.

$$- H_{вр} = 3,85 + 23 \cdot 3,13 = 75,84 \text{ маш.час на } 1000 \text{ м}^3.$$

Единица измерения 1000 м<sup>3</sup>.

- Общую трудоемкость работ определим по формуле:

$$T_{\text{маш.см}} = \frac{H_{вр} \cdot V}{8 \cdot E_{\text{изм}}} = \frac{75,84 \cdot 3,84}{8 \cdot 1} = 36,4 \text{ маш.см}$$

- Сменную производительность бульдозера определим:

$$P_{\text{см.выр}} = \frac{V}{T_{\text{маш.см}}} = \frac{38400}{36,4} = 1055 \text{ м}^3 / \text{см}$$

- Потребное количество бульдозеров определим как:

$$N = \frac{V}{n \cdot t} = \frac{36,4}{2 \cdot 10} = 1,8 \text{шт}$$

Согласно произведенному расчету принимаем 2 бульдозера ДЗ-35С. Кроме того, для уплотнения грунта после разработки его бульдозерами необходимо принять самоходный каток. Т.о. бульдозерный комплект будет составлять 3 ед. техники: два бульдозера и один каток.

*Пример 2:* Подобрать комплект машин для вертикальной планировки площадки по следующим исходным данным: объем планировочных работ – 15,1 тыс. м<sup>3</sup>; средняя дальность перемещения грунта 100 м; грунт супесь легкая со средней плотностью в естественном залегании 1650 кг/ м<sup>3</sup>; работы выполняются в две смены; директивный срок работ – 20 дней.

*Решение*

- Ведущей машиной принимаем бульдозер ДЗ-116В, т.к. среднее расстояние перемещения грунта составляет 100 м., марка трактора Т-170 мощностью 121 кВт (165 л.с.), тип отвала – поворотный, управление гидравлическое, ширина отвала – 3,2 м.

По табл. 1.35 или по ГЭСН 2001-01 Сборник 1 разрабатываемый грунт относится ко II группе. Единица измерения -1000 м<sup>3</sup>. Норма времени определяется по табл. 01-01-031-6 и 01-01-031-14 и составляет:

$$H_{вр} = 4,51 + 9 \cdot 3,63 = 37,18 \text{ маш.час}$$

- Определяем общую трудоемкость работ:

$$T_{\text{маш.см}} = \frac{H_{вр} \cdot V}{8 \cdot E_{\text{изм}}} = \frac{37,18 \cdot 15,1}{8 \cdot 1} = 70,2 \text{ маш.см}$$

- Для одного бульдозера продолжительность работ в две смены составит  $70,2 / 2 = 35,1$  дней.

Принимаем два бульдозера, в результате объем планировочных земляных работ будет выполнена за 17,5 дней.

- В бульдозерный комплект кроме ведущей машины входит каток для уплотнения грунта в насыпи. Для глинистых слабо связных грунтов наиболее эффективным уплотняющим комплектом являются машины вибрационного или динамического воздействия, например, типа ДУ-14 или ДУ-10А. Эффективно могут использоваться прицепные и самоходные катки на пневматическом ходу с насыпным балластом типа ДУ-30.

Рыхление грунта не производится.

Окончательно получаем бульдозерный комплект:

- бульдозер ДЗ -116В – 2 шт;

- каток ДУ – 30 – 1 шт.

Итого 3 машины.

### 1.7.6. Выбор схемы работы землеройно-транспортных машин

*Разработка и перемещение грунта бульдозером.* При разработке и перемещении грунта бульдозером выбирается схема разработки и профиль стружки. При выборе схемы работы бульдозера во внимание должно приниматься средняя дальность перемещения грунта, глубина срезки и очертание площадки.

Существует два основных способа производства работ: траншейный и послойный.

При траншейном способе выемку разделяют на ярусы высотой 0,4-0,5 м. Каждый участок разрабатывают на ширину отвала бульдозера за 2-3 прохода. Между смежными участками остается полоса неразработанного грунта шириной 0,4-0,6 м. Эти полосы служат для более полного наполнения отвала и разрабатываются в последнюю очередь. При данном способе организации работ исключаются большие потери грунта при перемещении.

Послойный способ применяется при незначительной величине резки или при сложных очертаниях площадки. Выемки разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей площади выемки.

Если дальность перемещения грунта превышает 40 м, применяется разработка грунта с промежуточными валами. При этом применяется спаренная работа бульдозеров или используется отвал с окрылками. Промежуточные валы устраивают через 20-30 м. Отсыпку грунта в насыпь рекомендуется осуществлять с наиболее удаленных участков. Работы ведутся послойно с одновременным уплотнением. Возвращение в забой обычно производится задним ходом без разворота с опущенным отвалом, что позволяет частично планировать поверхность. При резании грунта могут применяться следующие виды стружки: тонкая, гребенчатая и клиновидная.

*Пример.* Определить возможную схему работы и профиль стружки основной землеройно-транспортной машины при снятии растительного грунта со строительной площадки с погрузкой в транспортные средства. Дальности перемещения грунта 40 м, толщина растительного слоя 0,3 м.

#### *Решение*

- Согласно средней дальности перемещения грунта принимаем ведущую машину бульдозер ДЗ-116В, марка трактора Т-170 мощностью 121 кВт (165 л.с.), тип отвала – поворотный, управление гидравлическое, ширина отвала – 3,2 м.

- Для исключения потерь грунта при его перемещении принимаем траншейный способ разработки грунта с промежуточными валами через 30 м.
- Схему резания грунта принимаем тонкой стружкой при постоянной глубине 0,15 м.

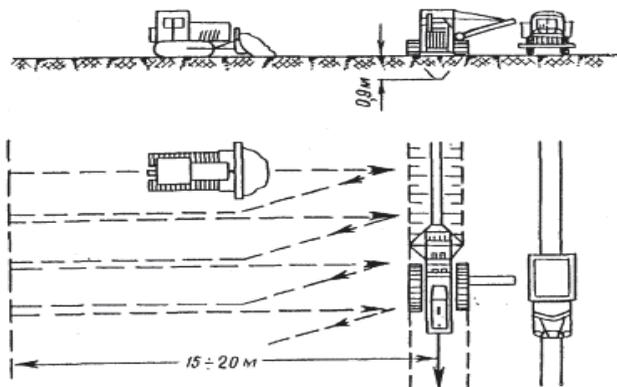


Рис. 1.51. Схема организации работ по снятию растительного слоя с погрузкой в транспортные средства

*Разработка и перемещение грунта скрепером.* При разработке и перемещении грунта скрепером выбирается схема разработки и профиль стружки. В зависимости от расположения мест разработки и укладки грунта, условий производства работ применяются схемы: эллиптическая, восьмерка, кольцевая (спиральная), зигзаг, челночно-поперечная и челночно-продольная.

Эллиптическая схема эффективна при разработке выемок глубиной 4 – 6 м и возведении насыпей высотой до 6 м на линейно-протяженных участках до 100 м.

Схема восьмерка является разновидностью эллиптической схемы и применяется при большом объеме работ, возведении насыпей высотой до 6 м из боковых резервов, разработке протяженных выемок глубиной до 6 м и планировке площадок. Такая схема достаточно эффективна на площадках со сложным рельефом при наличии нескольких зон выемки грунта или насыпи и длине участков работ до 200 м.

Кольцевая (спиральная) схема также является разновидностью эллиптической схемы. Она применяется при возведении широких насыпей высотой до 3 м из двухсторонних резервов или выемок.

Ширина насыпи должна быть не меньше длины пути разгрузки скрепера, при этом основное движение применяется перпендикулярно оси возводимого сооружения, что уменьшает дальность транспортировки грунта.

Схема зигзаг применяется при возведении протяженных насыпей высотой до 6 м из одно – двухсторонних резервов, а также при разработке выемок глубиной до 6 м. Длина участков работ должна быть не менее 200 м. При использовании данной схемы уменьшается число поворотов, сокращается продолжительность цикла.

Челночно-поперечная схема применяется при возведении насыпей до 2 м из двухсторонних выемок. Данная схема может использоваться при разработке выемок глубиной до 6 м с перемещением грунта в отвалы. Набор грунта производится перпендикулярно оси выемок при движении скрепера как в одну, так и в другую сторону. Применение такой схемы позволяет сокращать число поворотов скрепера, пути груженого и порожнего хода.

Челночно-продольная схема применяется при возведении насыпей высотой до 6 м с откосами не более 45° с транспортировкой грунта из двухсторонних резервов, разработке выемок глубиной до 6 м с укладкой грунта в двухсторонние отвалы. Применение данной схемы позволяет сократить до минимума длину порожнего хода, число поворотов и произвести за один цикл две отсыпки грунта.

При вертикальной планировке строительных площадок наиболее употребительны эллиптическая и спиральная схемы, в ряде случаев возможно использование челночно-поперечной схемы. В общем случае скрепер срезает стружку грунта толщиной до 0,3 м шириной до 3 м. Наибольшая толщина отсыпаемого слоя не должна быть больше 0,5 м. Разгрузка скрепера производится в движении для равномерности отсыпаемого слоя. Длина набора ковша скрепера составляет в среднем около 20 м, длина пути разгрузки находится в пределах 10-15 м. Длина пути набора и разгрузки определяются расчетом, и зависит от вида грунта и марки скрепера.

Т а б л и ц а 1.55

Наибольшая длина пути набора грунта скрепером

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	3	4,5	6	7	8	10	15
Длина пути набора грунта, м	12	15	18	20	22	26	35

### 1.7.7. Выбор свайного оборудования

По способу погружения в грунт, сваи могут быть забивными, погружаемые вибрированием, вдавливаемые и ввинчиваемые. Для забивки свай используются свайные молоты, для погружения вибрированием применяются вибропогружатели и вибромолоты. Способ вдавливания свай применяется тогда, когда нельзя использовать динамическое воздействие. Ввинчиваемые сваи применяются для устройства фундаментов, работающих на выдергивание и при возведении легких построек.

Расположение свай в плане здания может быть различным: одиночные сваи, свайные кусты, в виде ленты и сплошное свайное поле. По материалу сваи могут быть: железобетонные, металлические, деревянные и комбинированные.

*Свайные молоты* могут быть механическими, гидравлическими и дизельными. Паровоздушные свайные молоты практически уже не применяются. Необходимая энергия удара молота, обеспечивающая погружение свай до проектной отметки определяется по формуле:

$$E_h = \frac{\sum F_i \cdot H_i}{B_i} \left( n + \frac{m_2}{m_4} \right);$$

Где  $F_i$  - несущая способность сваи в пределах  $i$ -го слоя грунта, кН;  $H_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, м;  $B_i$  - число ударов молота, необходимое для погружения сваи (обычно принимается не более 500 ударов);  $n$  - параметр для определения необходимой энергии молота (принимается по табл. 1.56);  $m_2$  - масса сваи, т;  $m_4$  - масса ударной части молота, т.

Т а б л и ц а 1.56

Значение параметра  $n$  для определения необходимой энергии удара молота

Тип молота	Паровоздушный механический	Штанговый дизель-молот	Трубчатый дизель-молот
$n$	4,5	4,5	5,5

Максимальная энергия удара молота определяется по формуле:

$$E_h = 0,045N$$

Где  $N$  - расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН.

В случае забивки наклонных свай расчетная энергия удара молота определяется с учетом повышающего коэффициента.

Т а б л и ц а 1.57

Значение повышающего коэффициента

Наклон свай	5:1	4:1	3:1	2:1
Значение повышающего коэффициента	1,1	1,15	1,25	1,4

Принимаемый тип молота с энергией удара  $E_d \geq E_h$  должен удовлетворять следующему условию:

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} \leq K$$

Где  $K$  – коэффициент применимости молота;  $m_1$  – масса молота, т;  $m_2$  – масса свай с наголовником, т;  $m_3$  – масса подбабка, т.

Т а б л и ц а 1.58

Значение коэффициента применимости молота

Тип молота	Материал свай		
	Железобетон	Сталь	Дерево
Двойного действия и трубчатый дизель-молот	0,6	0,55	0,5
Одиночного действия и штанговый дизель-молот	0,5	0,4	0,35
Подвесной	0,3	0,25	0,2

*Примечание:* При погружении свай любого типа с подмывом, а также свай из труб с открытым нижним концом указанные значения коэффициентов увеличиваются в 1,5 раза.

Выбранный молот для забивки свай должен быть проверен на минимально допустимый отказ  $S_{\min}$ , который принимается равным минимально допустимому отказу для данного типа молота, указанному в его техническом паспорте, но не менее 2 мм.

При забивке свай длиной свыше 25 м или с расчетной нагрузкой на сваю более 2000 кН выбор молота производится расчетом, который основан на волновой теории удара.

Значение контрольного остаточного отказа при забивке свай длиной до 25 м зависит от энергии удара выбранного молота и несущей способности свай. При этом должно соблюдаться условие

$$S_a \leq \frac{\eta \cdot A \cdot E_d}{F_d(F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Где  $F_d$  - несущая способность сваи;  $E_d$  - энергия удара выбранного молота, кДж;  $A$  - площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;  $\eta$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи;  $\varepsilon$  - коэффициент восстановления удара (при забивке железобетонных свай молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем  $\varepsilon^2 = 0,2$ );  $m_1$  - масса молота, т;  $m_2$  - масса сваи с наголовником, т;  $m_3$  - масса подбабка, т.

Если фактический остаточный отказ  $S_a \leq 2\text{мм}$ , то необходимо предусмотреть применение молота с большей энергией удара.

Т а б л и ц а 1.59

Значение коэффициента  $\eta$

Виды свай	$\eta$
Железобетонные с наголовником	1500
Деревянные без подбабака	1000
Деревянные с подбабком	800

Т а б л и ц а 1.60

Определение расчетной энергии удара  $E_d$

Тип молота	$E_d$ , кДж
Подвесной или одиночного действия	GH
Трубчатый дизель-молот	0,9 GH
Штанговый дизель-молот	0,4 GH

*Примечание:* G – вес ударной части молота, кН; H – фактическая высота падения молота, м.

При устройстве ограждений котлованов часто используются шпунты. При необходимости забивки шпунта для выбора молота и назначения режима его работы по высоте падения ударной части необходимо выполнение условия:

$$\frac{G}{A} \leq K_f K_m$$

Где  $G$  – вес ударной части молота, МН;  $A$  – площадь поперечного сечения шпунта, м<sup>2</sup>;  $K_f$  и  $K_m$  коэффициенты.

Т а б л и ц а 1.61

Значения коэффициента  $K_f$ 

Тип стального шпунта	Расчетное сопротивление шпунтовой стали по пределу текучести, МПа					
	210	250	290	330	370	410
Плоский	0,7	0,83	0,96	1,1	1,23	1,36
Зетовый	0,8	0,98	1,16	1,37	1,57	1,78
Корытный	0,9	1,15	1,4	1,7	2,0	2,3

Т а б л и ц а 1.62

Значения коэффициента  $K_m$ 

Тип молота	Высота падения ударной части, м	$K_m$
Паровоздушный одиночного действия или подвесной	0,4	7,5
	0,8	4,5
	1,2	3,0
Паровоздушный двойного действия	-	2,0
Дизельный трубчатый	2,0	4,5
	2,5	3,0
	3,0	2,0
Дизельный штанговый	-	5,0

При проверке контрольных отказов в случаях, когда в проекте дана только расчетная нагрузка на сваю  $N$  (кН), несущая способность сваи равна

$$F_d = \gamma_f N$$

Где  $\gamma_f$  – 1,4- коэффициент надежности, принимаемый для всех зданий и сооружений, кроме мостов.

*Примечание. Технические характеристики молотов для забивки свай приведены в Приложении 2 табл.2.1-2.5.*

*Пример 1.* Подобрать тип молота, определить величину отказа сваи при забивке. Сваи длиной 6,0 м, сечением 300×300 мм. Масса одной сваи 1,35 т, расчетная нагрузка на сваю  $N=250$  кН.

*Решение*

- определяем требуемую минимальную энергию удара молота для забивки свай

$$E_n = 0,045N = 0,045 \cdot 250 = 11,25 \text{ кДж}$$

- выбираем молот с расчетной энергией удара  $E_d \geq E_h$ . По приложению 3 принимаем трубчатый дизель-молот С-995А: максимальная энергия удара молота  $E_d = 22 \text{кДж}$ ; масса ударной части молота 1250 кг; масса молота  $m_1 = 2,7 \text{м}$ ; молот работает с частотой 42 удара в минуту; наибольшая высота подъема ударной части 3,0 м;

- проверяем, удовлетворяет ли выбранный тип молота условию

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} \leq K = \frac{2,7 + (1,35 + 0,5) + 0}{22} = 0,21 \leq 0,6$$

Где  $m_2 = 1,35 + 0,5$  – масса сваи с наголовником;  $m_3 = 0$  – масса подбабка;  $K = 0,6$  – коэффициент применимости молота (табл.1.58).

- определяем контрольный отказ железобетонной сваи по формуле:

$$S_a \leq \frac{\eta \cdot A \cdot E_d}{F_d (F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Где  $\eta = 1500$  – значение коэффициента в зависимости от материала сваи (табл.1.59), для железобетонной сваи с наголовником;  $\varepsilon^2 = 0,2$  – значение коэффициента восстановления удара при забивке свай;  $A = 0,3 \times 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$  – площадь поперечного сечения сваи; значение несущей способности сваи определим по формуле:

$$F_d = \gamma_f N = 1,4 \cdot 250 = 350 \text{кН}$$

Где  $\gamma_f = 1,4$  – коэффициент надежности, тогда контрольный отказ сваи будет равен:

$$S_a = \frac{1500 \cdot 0,09 \cdot 22}{350(350 + 1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{2,7 + 0,2 \cdot 1,85}{2,7 + 1,85} = 0,012 \text{м} = 1,2 \text{см}$$

- определим ориентировочную глубину погружения сваи за единицу времени (одну минуту) работы дизель молота с частотой в 42 удара в минуту:

$$\Delta_a = S_a \cdot 42 = 1,2 \cdot 42 = 50,4 \text{см} / \text{мин} = 0,54 \text{м} / \text{мин}$$

- с некоторым приближением можно определить время забивки одной сваи:

$$S_a = \frac{6,0 - 0,5}{0,54} = 10,9 \text{мин} \approx 11,0 \text{мин}$$

*Выбор типа вибропогружателя.* К способам безударного погружения свай относятся: вибропогружение, вдавливание и завинчивание.

Вибропогружатель представляет собой возбудитель направленных колебаний вдоль оси сваи. Соединяясь со сваем посредством наголовника, он сообщает ей возмущающее периодическое усилие, с помощью которого преодолевается сопротивление погружению сваи в грунт. Величину побуждающей силы вибропогружателя определяют по формуле:

$$F_0 = \frac{\gamma_g N - 2,8G_n}{k_s}$$

Где  $\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту ( $\gamma_g = 1,4$ );  $N$  – расчетная нагрузка на сваю по проекту, а в случае погружения сваи до расчетной глубины – соответствующее этой глубине сопротивление углублению в грунт, кН;  $G_n$  – суммарный вес вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, кН;  $k_s$  – коэффициент снижения бокового сопротивления грунта во время вибропогружения (табл. 1.63).

Величина минимально вынуждающей силы вибропогружателя  $F_0$  для свай–оболочек и полых свай принимается:

- при погружении свай-оболочек (с извлечением грунта из внутренней полости в ходе погружения) – не ниже 1,3G;
- при погружении полых свай (без извлечения грунта) – не ниже 2,5G.

Т а б л и ц а 1.63

Коэффициент бокового сопротивления грунта

Грунты	$k_s$	Грунты	$k_s$
Песчаные влажные средней плотности:		Глинистые, показатель текучести $I_L$	
- гравелистые	2,6	0,0	1,3
- крупные	3,2	0,1	1,4
- средние	4,9	0,2	1,5
- пылеватые	5,6	0,3	1,7
- мелкие	6,2	0,4	2,0
		0,5	2,5
		0,6	3,0
		0,7	3,3

*Примечания:* 1. Для водонасыщенных крупных песков  $k_s$  увеличивают в 1,2 раза; средних песков – в 1,3 раза; мелких и пылеватых песков – в 1,5 раза.

1. Для заиленных песков значения  $k_s$  понижают в 1,2 раза.
2. Для плотных песков значения  $k_s$  понижают в 1,2 раза; для рыхлых песков увеличивают в 1,1 раза.
3. Для промежуточных значений показателя текучести глинистых грунтов значения  $k_s$  определяют интерполяцией.
4. При слоистом напластовании грунтов коэффициент  $k_s$  определяют как средневзвешенный по глубине.

При величине вынуждающей силы подбирается такой вибропогружатель наименьшей мощности, у которого статический момент массы дебалансов  $K_m$  удовлетворяет условию:

$$K_m \geq M_c \cdot \frac{A_0}{100}$$

Где  $M_c$  – суммарная масса вибропогружателя, сваи и наголовника, кг;  $A_0$  – необходимая амплитуда колебаний при отсутствии сопротивлений грунта, см (табл. 1.64).

Т а б л и ц а 1.64

Необходимая амплитуда колебаний  $A_0$   
при отсутствии сопротивлений грунта, см

Грунты	Глубина погружения, м	
	До 20	Свыше 20
Водонасыщенные пески и супеси, илы, мягко-и текучепластичные, пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \geq 0,5$	0,7	0,9
Влажные пески, супеси, тугопластичные, пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \geq 0,3$	1,0	1,2
Полутвердые и твердые, пылевато-глинистые грунты, гравелистые маловлажные плотные пески	1,4	1,6

*Примечание:* При выборе типа вибропогружателя для заглубления полых свай и свай-оболочек с извлечением грунта из внутренней полости указанные значения  $A_0$  понижаются в 1,2 раза.

При окончательном выборе типа вибропогружателя необходимо учитывать:

- при равной вынуждающей силе большей погружающей способностью обладает вибропогружатель с большим статическим моментом массы дебалансов  $K_m$ ;

- при прочих равных условиях выбирается вибропогружатель с параметрами, которые регулируются в процессе работы.

При необходимости погружения тяжелых свай-оболочек возможно использование спаренных вибропогружателей, в данном случае моменты дебалансов вибропогружателей суммируются.

В конце вибропогружения всяческого свайного элемента при скорости вибропогружения  $v$  в последнем залого не менее 2 см/мин должно соблюдаться условие:

$$N \leq \left[ \frac{6 \cdot 10^3 \omega - 2nF_s(2A_r - v/n) + F_s(k_s - 1) + G_n}{v} \right] \frac{f_r}{\gamma_g}$$

Где  $N$  – расчетная нагрузка на сваю, кН;  $\omega$  – мощность, расходуемая на движение вибросистемы, кВт;  $n$  – фактическая частота колебаний вибросистемы, мин<sup>-1</sup>;  $F_s$  – боковое сопротивление грунта при вибропогружении, кН;  $A_r$  – фактическая амплитуда колебаний, см (принимается равной половине полного размаха колебаний свайного элемента на последней минуте погружения);  $f_r$  – коэффициент влияния инерционных и вязких сопротивлений на несущую способность сваи (табл. 1.65);  $\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту ( $\gamma_g = 1,4$ ).

Т а б л и ц а 1.65

Коэффициент влияния  $f_r$

Грунты	$f_r$
Пески и супеси твердые	1,0
Супеси пластичные, суглинки и глины твердые	0,95
Суглинки и глины:	
- полутвердые	0,9
- тугопластичные	0,85
- мягкопластичные	0,8

*Примечание:* При прорезании сваей слоистых грунтов коэффициент  $f_r$  определяется как средневзвешенный.

Мощность  $\omega$ , расходуемая на движение вибросистемы, определяется по формуле:

$$\omega = \eta \omega_h - \omega_0$$

Где  $\eta$  – КПД электродвигателя (принимается по паспортным данным в диапазоне от 0,83 до 0,9 в зависимости от нагрузки);  $\omega_h$  – потребляемая от сети активная мощность в последнем залоге, кВт;  $\omega_0$  – мощность холостого хода, кВт (при отсутствии паспортных данных принимается равной 25% от номинальной мощности вибропогружателя).

Боковое сопротивление грунта при вибропогружении определяется:

$$F_s = \frac{1,5 \cdot 10^3 \omega}{A_r \left( n + \frac{\nu + 2}{2A_0} \right)}$$

Где  $A_0$  - расчетная амплитуда колебаний вибросистемы без сопротивлений в см., в данном случае определяется по формуле:

$$A_0 = \frac{100K_m}{M_c}$$

Контроль за погружением свай методом вдавливания производится по двум параметрам: глубине погружения и усилению вдавливания  $N_B$ . В конце погружения, когда нижний конец сваи достиг отметок, близких к проектным, погружение сваи останавливается при условии:

$$N_B \geq k_g \frac{F_d}{m}$$

Где  $N_B$  - усилие вдавливания, кН;  $k_g = 1,2$  коэффициент надежности;  $F_d$  - несущая способность сваи, указанная в проекте, кН;  $m$  – коэффициент условий работы (при отсутствии опытных данных принимается равным 0,9).

*Технические характеристики некоторых вибропогружателей приведены в Приложении 2 табл. 2.6 - 2.8.*

*Пример 2.* Подобрать тип вибропогружателя для погружения полых свай диаметром 0,6 м длиной 6,0м; масса сваи 2,35 т; расчетная нагрузка на сваю 1600 кН; грунт – песок пылеватый, рыхлый, влажный.

*Решение*

- выбираем марку вибропогружателя ВРП-15/60 (табл. 2.6 Приложение 2) и по техническим характеристикам определяем его массу 5,0 т. Массу наголовника принимаем равной 0,5 т. Тогда суммарная масса вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, составит:

$$G_n = 5,0 + 2,35 + 0,5 = 7,85 \text{ т} = 78,5 \text{ кН}$$

- по табл.1.63 определяем значение коэффициента снижения бокового сопротивления грунта  $k_s$  :

$$k_s = 1,1 \cdot 5,6 = 6,16$$

- определяем значение необходимой вынуждающей силы вибропогружателя:

$$F_0 = \frac{\gamma_g N - 2,8 G_n}{k_s} = \frac{1,4 \cdot 1600 - 2,8 \cdot 78,5}{6,16} = 328 \text{ кН}$$

А поскольку максимальная вынуждающая сила вибропогружателя ВРП-15/60 составляет 348 кН (табл.2.6 Приложение 2), что больше необходимой вынуждающей силы (328 кН), следовательно, марка вибропогружателя выбрана верно.

- минимальное значение вынуждающей силы вибропогружателя при погружении полых свай без извлечения грунта должно удовлетворять условию:

$$F_0 \geq 2,5 G = 2,5 \cdot 78,5 = 196,25 \text{ кН}$$

- определяем требуемый статический момент массы дебалансов по формуле:

$$K_m \geq M_c \cdot \frac{A_0}{100} = \frac{7850 \cdot 1,0}{100} = 78,5 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Для вибропогружателя ВРП-15/60  $K_m = 15 \text{ т} \cdot \text{см} = 150 \text{ кг} \cdot \text{м}$  (табл. 2.6 Приложение 2), что больше расчетного значения (78,5), следовательно, марка вибропогружателя выбрана правильно.

### 1.7.8. Выбор оборудования для водопонижения

При устройстве выемок, расположенных ниже уровня грунтовых вод, необходимо осушать водонасыщенный грунт и обеспечить его разработку в нормальных условиях, а также предотвращать попадание грунтовой воды в котлованы, ямы, траншеи в период производства работ.

В практике работ по водопонижению применяются открытый водоотлив, легкие иглофильтровальные установки, энжекторные иглофильтры, водопонижающие скважины, вакуумные установки, электроосмотическое водопонижение.

*Открытый водоотлив* – это самый простой и экономичный способ. Он применяется в различных грунтах, но особенно эффективен в хорошо дренирующих грунтах. В систему открытого водоотлива входят водосборная канава, приямок, насосы и трубопровод. Обычно приямок для сбора воды и водосборную канаву располагают у откоса. Удаление воды из приямков осуществляется откачкой насосами. В насосных установках открытого водоотлива необходимо предусматривать резервные насосы. Несмотря на простоту и доступность способа, открытый водоотлив имеет ограниченное применение в связи с тем, что в выемке почти всегда присутствует вода.

Т а б л и ц а 1.66

Технические характеристики насосов

Марка насоса	Производительность, $M^3 / ч$	Наибольшая высота всасывания, м
С-205А	12	6
С-203	24	9
С-374	24	6
С-247	35	6

При значительном притоке грунтовых вод рекомендуется использовать метод *искусственного понижения с помощью иглофильтровых установок*. В практике искусственного водопонижения уровня грунтовых вод используются легкие иглофильтровальные установки (ЛИУ) и энжекторные иглофильтровальные установки (ЭИУ).

Т а б л и ц а 1.67

Технические характеристики насосов

Показатель	Марка насоса			
	ЛИУ-2	ЛИУ-3	ЛИУ-5	ЛИУ-6
Глубина погружения, м	5	5	5	5

Производительность, $M^3/ч$	30	60	120	140
Число звеньев коллектора, шт	12	18	18	2×18
Длина звена, м	2,5	5,25	5,25	5,25
Расстояние между штуцерами, м	0,75			
Диаметр фильтрового звена, м	0,05			

Водопонижение осуществляется по различным схемам расположения водопонизительных установок. Наиболее распространена контурная схема расположения установок.

Легкие иглофильтровальные установки отличаются мобильностью установки и перестановки, быстротой погружения в грунт, надежностью в эксплуатации. Комплект ЛИУ состоит из иглофильтров, водосборного коллектора, рабочего и резервного насосов. Для легких иглофильтровальных установок величина требуемого уровня понижения грунтовых вод  $S$  определяется при соблюдении условия:

$$h + l + 0,5 \leq S \leq 1,5h$$

Где  $h$  – заглубление котлована ниже уровня грунтовых вод, м;  $l$  – высота капиллярного поднятия грунтовых вод, м:

$$l = \frac{1}{\sqrt{K_\phi}}$$

Где  $K_\phi$  - коэффициент фильтрации грунта водоносного слоя, м/сут.

Приведенный радиус водопонизительной системы определяется:

$$A = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

Где  $F$  – площадь, которая ограничена водопонизительными установками,  $m^2$ .

Радиус влияния (депрессии) системы вычисляется по формуле:

$$R = A + 2S\sqrt{K_\phi H}$$

Где  $H$  - мощность водоносного слоя, м.

При этом напор в расчетной точке находится из условия:

$$y = H - S$$

Ожидаемый приток воды в системе  $Q$  ( $M^3/сут$ ) находится по формуле:

$$Q = \frac{2\pi m K_\phi (H - y)}{\ln \frac{R}{A}}$$

Где  $m$  – толщина водоносного слоя при напорной фильтрации или средняя толщина потока при безнапорной, м:

$$m = \frac{H + y}{2}$$

Ожидаемый приток воды к системе рассчитывается как:

$$Q' = Q / 24$$

Для определения требуемого числа установок и длины коллекторов, сначала необходимо определить проектируемую длину коллектора на одну установку:

$$l_k = \frac{P_k}{N}$$

Где  $P_k$  - общая длина коллектора системы, м;  $N$  - количество установок в системе, шт.:

$$N = \frac{P_k}{L_k}$$

Где  $L_k$  - предельная длина коллектора на одну установку, м. Предельная длина коллектора на одну установку определяется по справочной литературе.

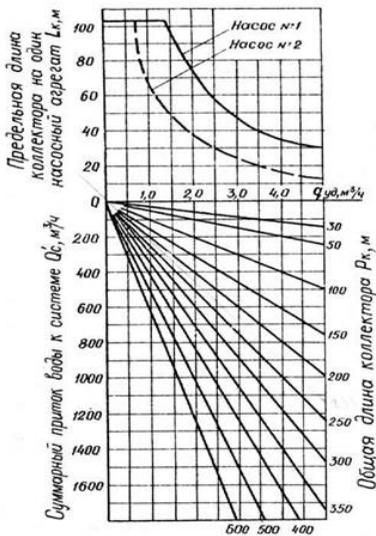


Рис. 1.52. График предельной длины всасывающего коллектора на один насосный агрегат ЛИУ-6

Приток воды  $q$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) к каждому иглофильтру при различном их шаге определяется по формуле:

$$q = \frac{Q'_y}{n_k}$$

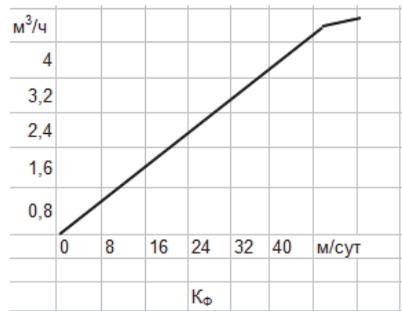


Рис. 1.53. Предельно допустимый дебит в зависимости от коэффициента фильтрации грунта водоносного слоя

Где  $n$  – число иглофильтров в установке;  $Q'_y = Q'_c / N$  – приток воды к установке,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

*Пример.* Рассчитать водопонизительную систему из легких иглофильтровых установок по следующим данным: размеры котлована по контуру иглофильтров  $20 \times 104$  м; размеры по контуру всасывающего коллектора  $21 \times 105$  м; глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли  $h_2 = 2,0$  м; мощность водоносного слоя  $H = 12,0$  м; заглубление котлована ниже уровня грунтовых вод  $h = 2,3$  м; коэффициент фильтрации грунта  $K_\phi = 32 \text{ м/сут}$ ; иглофильтры без обсыпки; высота оси насоса от поверхности земли  $h_n = 0,5$  м.

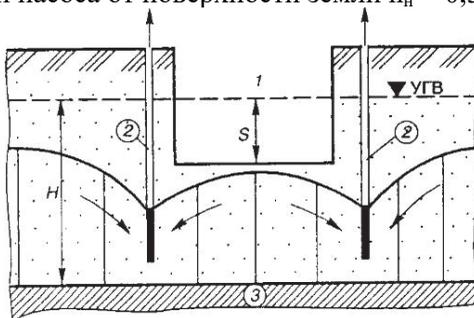


Рис. 1.53. Схема установки иглофильтров

Где, 1 – уровень грунтовых вод; 2 – иглофильтры; 3 – глубина залегания водоносного слоя.

*Решение*

- высоту поднятия грунтовых вод определим по формуле:

$$l = \frac{1}{\sqrt{K_\phi}} = \frac{1}{\sqrt{32}} = 0,2 \text{ м}$$

- требуемый уровень понижения грунтовых вод составит:

$$S = h + l + 0,5 = 2,3 + 0,2 + 0,5 = 3,0 \text{ м}$$

- далее определим приведенный радиус водопонизительной системы с учетом того, что площадь, ограниченная водопонизительными устройствами:  $F = 20 \times 104 = 2080 \text{ м}^2$ .

$$A = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{2080}{3,14}} = 25,7 \text{ м}$$

- радиус влияния (депрессии) системы вычисляем по формуле:

$$R = A + 2S\sqrt{K_\phi H} = 25,7 + 2 \cdot 3 \sqrt{32 \cdot 12} = 143,3 \text{ м}$$

При этом напор в расчетной точке составит:

$$y = H - S = 12 - 3 = 9,0 \text{ м}$$

Средняя толщина потока  $m$  при безнапорной фильтрации равна:

$$m = \frac{H + y}{2} = \frac{12 + 9}{2} = 10,5 \text{ м.}$$

- ожидаемый приток воды к системе в сутки составит:

$$Q = \frac{2\pi m K_{\phi} (H - y)}{\ln \frac{R}{A}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10,5 \cdot 32(12 - 9)}{\ln \frac{143,3}{25,7}} = 3680 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

- ожидаемый приток воды к системе за один час будет равен:

$$Q' = Q / 24 = 3680 / 24 = 153,3 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

- при общей длине коллектора  $P_{\kappa} = 2 \cdot 21 + 2 \cdot 105 = 252 \text{ м}$  и притоку воды в  $153,3 \text{ м}^3 / \text{ч}$  по рис. 1.52 определяем, что предельная длина коллектора на один насос ЛИУ-6 составит  $105 \text{ м}$  (табл.1.67).

- требуемое число установок определим по формуле:

$$N = \frac{P_{\kappa}}{L_{\kappa}} = \frac{252}{105} = 2,4 \text{ шт.}$$

Принимаем 3 установки в системе.

- проектируемая длина коллектора на одну установку составит:

$$l_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{N} = \frac{252}{3} = 84 \text{ м.}$$

Приток воды к установке определим по формулам:

- в сутки:  $Q'_y = Q'_c / N = 3680 / 3 = 1226,7 \text{ м}^3 / \text{сут}$

- в час:  $Q' = Q / N = 153,3 / 3 = 51,1 \text{ м}^3 / \text{ч.}$

Приток воды к одной установке меньше производительности любого насосного агрегата ЛИУ-6, каждую установку может обслуживать два насосных агрегата (один рабочий, другой резервный). Следовательно, для всей системы требуется 6 насосных агрегатов (комплекта).

- по заданному коэффициенту фильтрации грунта  $K_{\phi}$  находим предельный дебит одного иглофильтра, равный  $2,8 \text{ м}^3 / \text{ч}$  (рис.1.53). Определим число иглофильтров  $n$  и приток воды  $q$  к каждому из них при различном шаге иглофильтров  $2\sigma$  по формуле:

$$q = \frac{Q'_y}{n_{\kappa}}$$

Шаг иглофильтров увеличивается до значения, при котором приток воды не превышает предельно допустимого дебита иглофильтров. В расчетном случае на одну установку необходимо 19 иглофильтров, коллектор длиной  $84 \text{ м}$  и два насоса (один резервный).

### 1.7.9. Варианты заданий

Подобрать экскаватор для разработки котлована, по данным, приведенным в табл. 1.68.

Т а б л и ц а 1.68

#### Варианты заданий

№ варианта	Объем выемки, м <sup>3</sup>	Вид грунта	Время производства работ	Вид разгрузки
1	4300	Песок	Летнее	В транспорт
2	3890	Супесь	Зимнее	В транспорт
3	2560	Суглинок	Летнее	В транспорт
4	3680	Глина	Зимнее	В транспорт
5	6200	Песок	Летнее	В транспорт
6	2100	Супесь	Зимнее	В транспорт
7	3400	Суглинок	Летнее	В транспорт
8	7350	Глина	Зимнее	В транспорт
9	2980	Песок	Летнее	В транспорт
10	580	Супесь	Зимнее	В отвал
11	1020	Суглинок	Летнее	В транспорт
12	2390	Глина	Зимнее	В транспорт
13	3670	Песок	Летнее	В транспорт
14	5870	Супесь	Зимнее	В транспорт
15	2920	Суглинок	Летнее	В транспорт
16	8020	Глина	Зимнее	В транспорт
17	3420	Песок	Летнее	В транспорт
18	1850	Супесь	Зимнее	В транспорт
19	560	Суглинок	Летнее	В отвал
20	3490	Глина	Зимнее	В транспорт
21	3260	Песок	Летнее	В транспорт
22	6390	Супесь	Зимнее	В транспорт
23	2370	Суглинок	Летнее	В транспорт
24	2980	Глина	Зимнее	В транспорт
25	4100	Песок	Летнее	В транспорт
26	5300	Супесь	Зимнее	В транспорт
27	2480	Суглинок	Летнее	В транспорт
28	3800	Глина	Зимнее	В транспорт
29	5200	Песок	Летнее	В транспорт
30	620	Супесь	Зимнее	В отвал

Выбрать тип экскаватора для разработки выемки, схему разработки, количество и тип автотранспортных средств для вывоза грунта на расстояние до 5 км, по условиям, указанных в табл. 1.69.

Т а б л и ц а 1.69

Варианты заданий

№ варианта	Размеры выемки по дну, м	Вид грунта	Глубина выемки, м	Вид разгрузки
1	20×60	Песок	2,2	В транспорт
2	30×80	Супесь	3,0	В транспорт
3	20×80	Суглинок	2,4	В транспорт
4	25×120	Глина	2,1	В транспорт
5	20×80	Песок	2,8	В транспорт
6	24×68	Супесь	3,0	В транспорт
7	40×60	Суглинок	2,2	В транспорт
8	30×60	Глина	2,8	В транспорт
9	20×50	Песок	3,2	В транспорт
10	23×50	Супесь	2,4	В транспорт
11	30×50	Суглинок	2,8	В транспорт
12	36×80	Глина	3,0	В транспорт
13	40×80	Песок	3,6	В транспорт
14	40×60	Супесь	3,2	В транспорт
15	40×110	Суглинок	2,6	В транспорт
16	24×68	Глина	2,4	В транспорт
17	30×100	Песок	2,1	В транспорт
18	36×90	Супесь	3,2	В транспорт
19	40×100	Суглинок	3,2	В транспорт
20	24×100	Глина	3,4	В транспорт
21	28×60	Песок	2,2	В транспорт
22	24×80	Супесь	2,6	В транспорт
23	20×90	Суглинок	2,4	В транспорт
24	30×60	Глина	2,8	В транспорт
25	30×94	Песок	3,2	В транспорт
26	26×68	Супесь	3,6	В транспорт
27	42×84	Суглинок	3,0	В транспорт
28	52×104	Глина	3,2	В транспорт
29	50×96	Песок	3,4	В транспорт
30	40×84	Супесь	2,8	В транспорт

Подобрать комплект землеройно-транспортных машин для планировки площадки по условиям, указанным в табл. 1.70.

Т а б л и ц а 1.70

Варианты заданий

№ варианта	Объем планировки, м <sup>3</sup>	Среднее расстояние перемещения, м	Группа грунта
1	6500	100	I
2	12400	120	II
3	9400	250	III
4	11250	250	I
5	8600	180	II
6	7450	280	III
7	13100	300	I
8	7200	240	II
9	16300	340	III
10	12680	280	I
11	8900	125	II
12	6800	100	III
13	4800	120	I
14	10300	150	II
15	12800	200	III
16	14200	180	I
17	7900	160	II
18	6480	130	III
19	8580	160	I
20	8600	150	II
21	4800	120	III
22	6560	140	I
23	6500	180	II
24	6800	140	III
25	8800	200	I
26	5600	180	II
27	6800	120	III
28	8860	250	I
29	10460	280	II
30	12400	340	III

Рассчитать водопонижительную систему из легких иглофильтровых установок по исходным данным (табл. 1.71).

Т а б л и ц а 1.71

Варианты заданий

№	Размеры выемки поверху, м	Глубина выемки, м	Уровень грунтовых вод, м	Мощность водоносного слоя, м	$K_{\phi}$
1	20×60	2,2	2,0	10	26
2	30×80	3,0	2,2	14	30
3	20×80	2,4	1,5	12	32
4	25×120	2,1	1,8	16	28
5	20×80	2,8	1,2	12	34
6	24×68	3,0	1,5	16	40
7	40×60	2,2	2,1	18	28
8	30×60	2,8	2,2	12	26
9	20×50	3,2	2,4	10	24
10	23×50	2,4	2,0	10	30
11	30×50	2,8	1,3	8	32
12	36×80	3,0	1,8	10	26
13	40×80	3,6	1,6	12	38
14	40×60	3,2	2,6	14	40
15	40×110	2,6	2,4	11	26
16	24×68	2,4	2,0	12	32
17	30×100	2,1	1,2	10	38
18	36×90	3,2	2,8	15	36
19	40×100	3,2	1,0	12	40
20	24×100	3,4	1,4	10	24
21	28×60	2,2	1,8	12	28
22	24×80	2,6	2,2	14	29
23	20×90	2,4	2,8	12	40
24	30×60	2,8	1,4	10	32
25	30×94	3,2	1,9	10	36
26	26×68	3,6	2,2	12	34
27	42×84	3,0	2,0	14	28
28	52×104	3,2	1,5	15	34
29	50×96	3,4	1,8	12	28
30	40×84	2,8	1,6	10	26

## 1.8. Организация труда в строительстве

### 1.8.1. Нормирование труда в строительстве

Производительность труда в строительстве – один из основных показателей эффективной деятельности рабочих, которая определяется:

- выработкой – количеством строительной продукции, выработанной в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{смен}$ ,  $\text{м}^2/\text{смен}$ , и т.д.);
- трудоемкостью – затратами рабочего времени (чел-ч, чел-дн и т.дд) на единицу строительной продукции ( $\text{м}^3$ ,  $1000 \text{ м}^2$  и т.д).

Чем меньше затраты труда на единицу времени, тем выше производительность труда, которая количественно регламентируется техническим нормированием.

Техническое нормирование – это разработка технически и экономически обоснованных норм затрат труда рабочего или машинного времени и расхода материалов на единицу строительной продукции при детальной проработке строительных операций. В настоящее время в строительстве в равной степени применяются ГЭСН (государственные элементные строительные нормы), ЕНиР (единые нормы и расценки), ВНиР (ведомственные нормы и расценки) и нормы, применяемые предприятиями строительной индустрии при использовании новых и уникальных технологий, нормирование которых другими документами не установлено.

*Норма времени* – количество рабочего времени, необходимое для изготовления единицы доброкачественной продукции рабочим соответствующей профессии и квалификации (чел-ч, чел-дн). В том случае, если норма времени приводится на звено или бригад, то фактическое время работы определяется делением нормы времени на число исполнителей.

*Норма машинного времени* – количество рабочего времени машины ( маш-ч, маш-см), необходимое для производства единицы доброкачественной продукции.

*Норма выработки* – количество доброкачественной продукции, произведенной рабочим за единицу времени (м, т,  $\text{м}^3$ ,  $\text{м}^2$ , шт. и т.д.).

Нормы времени и нормы выработки взаимосвязаны, по ним можно определить производительность труда рабочих и состав звена. Нормы времени бывают нескольких типов:

- элементарные – устанавливают нормы времени только на одну производственную операцию;

- укрупненные – объединяют ряд производственных операций;
- комплексные – охватывают комплекс процессов.

Затраты труда (машинного времени) на объем работ определяются по формуле:

$$Q = H_{ep} V \text{ чел-ч (маш-ч)}$$

Где  $H_{ep}$  – норма времени на единицу объема, принимаемая по ЕНиР или ГЭСН-2001,  $V$  – объем работ строительного процесса.

Затраты труда (трудоемкость) на объем работ в чел-дн (маш-смен) определяются делением трудоемкости, рассчитанной в чел-ч (маш-ч) на продолжительность рабочей смены 8 ч (7 ч).

Продолжительность строительного процесса определяется как:

$$t = \frac{Q}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{H_{ep} V}{8 \cdot n \cdot R} \text{ (дней)}$$

Где  $n$  – число смен в сутки;  $R$  – число работающих в звене (бригаде) в смену.

*Примечание:* При подсчете трудоемкости для разработки технологических карт целесообразно пользоваться нормами времени по ЕНиР. При разработке календарных (сетевых) графиков и циклограмм предпочтительнее пользоваться укрупненными нормами времени (ГЭСН-2001).

При определении общей трудоемкости работ по объекту необходимо отдельно учитывать транспортные работы по доставке материалов в рабочую зону, так как в нормах на производство основных работ транспортные расходы учтены лишь в пределах рабочей зоны. Расчет трудоемкости по транспортировке производится по размещению на стройгенплане мест складирования строительных материалов и конструкций, механизированных установок по приготовлению бетона и раствора, других материалов, а так же мест по укрупненной сборке конструкций.

В общее количество трудовых затрат по объекту включаются так же затраты, связанные с выполнением работ по обеспечению техники безопасности. При подсчете затрат на эти цели предусматривается увеличение объемов работ, например, устройство откосов при разработке котлована или выполнение ограждения лифтовых шахт, балконов и лоджий в процессе их возведения. Несмотря на всю тщательность составления номенклатуры работ, полностью учесть их при определении общей трудоемкости обычно невозможно. Поэтому рекомендуется увеличение общей трудоемкости по объекту на 3-5%.

Определение принятой трудоемкости работ должно производиться с учетом достигнутой производительности отдельных бригад и звеньев, но не более чем на 5-15%, чтобы избежать срыва выполнения графика работ и удорожания.

При составлении календарного графика производства целесообразно пользоваться калькуляциями для комплекса работ с подсчетом трудовых и финансовых затрат на единицу измерения основного вида работ. В данном случае сокращается номенклатура работ, а нормативные затраты определяются с большей точностью. Такие калькуляции способствуют внедрению прогрессивных форм организации и оплаты труда.

Одним из эффективных условий возведения зданий и сооружений является правильное составление калькуляций затрат труда и заработной платы на объем работ, поручаемых бригаде. При этом важно отметить на необходимость многократного использования калькуляций. Так как это способствует улучшению нормирования и оплаты труда в бригадах, сокращает затраты труда на подсчеты объемов выполненных работ.

Основными этапами составления калькуляций является:

а) *Определение исходных данных* и условий производства работ. К таким условиям могут быть отнесены природно-климатические условия возведения здания или сооружения; способы доставки, складирования строительных конструкций и материалов; принятая технология возведения здания или сооружения; применяемые машины и механизмы и т.п.

б) *Подсчет объемов работ* производится по каждому виду основных и вспомогательных работ с конечным измерителем (этаж, квартира, здание и т.п.). Результаты подсчетов объема работ заносятся в специальные ведомости, в которых указывают перечень, состав, единицы измерения и объемы работ, соответствующие указаниям, приведенных в ГЭСН или ЕНиР. Ведомости подсчетов объемов работ в обязательном порядке прикладываются к калькуляциям.

в) *Составление калькуляций* трудовых затрат и суммы заработной платы также производится раздельно по каждому виду работ или по конкретному элементу с конечным измерителем (этаж, квартира, здание и т.п.). Калькуляции отражают объемы работ, нормы времени и расценки на единицу работ, затраты труда и заработной платы по видам работ. Для оперативного контроля в некоторых случаях устанавливаются укрупненные нормативы.

*Пример 1.* Определить норму выработки звена рабочих за смену при бетонировании фундаментов под колонны. Объем фундамента 9,0 м<sup>3</sup>, способ уплотнения бетонной смеси – глубинный вибратор.

*Решение*

- По ЕНиР 4-1-49 Укладка бетонной смеси в конструкции, раздел А. Массивы и отдельные фундаменты, определяем состав звена: бетонщик 4 разряда – 1, бетонщик 2 разряда – 1.

- Определяем состав работы: прием бетонной смеси; укладка бетонной смеси непосредственно на место укладки или по лоткам (хоботам); разравнивание бетонной смеси с частичной ее перекидкой; уплотнение бетонной смеси вибраторами; заглаживание открытой поверхности бетона; перестановка вибраторов, лотков или хоботов с прочисткой их.

- По табл. 1.72 (табл. 1 по ЕНиР) определяем норму времени  $H_{вр}$  – 0,33 чел – ч на 1,0 м<sup>3</sup> бетона при подаче бетонной смеси краном в бадьях, транспортерами, бетононасосом в конструкцию объемом до 10,0 м<sup>3</sup>.

Т а б л и ц а 1.72

Нормы времени и расценки на 1,0 м<sup>3</sup> бетона  
или железобетона в деле

Способ подачи бетонной смеси	$H_{вр}$ , чел-ч	Расц.
Краном в бадьях в конструкцию объемом м <sup>3</sup> , до 3	0,42	0-30
Краном в бадьях в конструкцию объемом м <sup>3</sup> , до 5	0,34	0-24,3
Краном в бадьях, транспортерами, бетононасосами в конструкцию объемом м <sup>3</sup> , до 10	<b>0,33</b>	0-23,6

- Норма выработки звена рабочих в смену составит:

$$H_{выр} = \frac{8 \cdot 2}{0,33} = 48,5 \text{ м}^3 / \text{см}$$

Т.е. дневная выработка при бетонировании пяти фундаментов составит 92,8% от нормы. Следовательно, дневная норма должна составлять бетонирование шести фундаментов 6×9,0 = 54,0 м<sup>3</sup> с перевыполнением плана на 11,3%.

*Пример 2.* Определить состав звена монтажников, если трудоемкость работ по установке конструкции составляет 4,8 чел-ч, а затраты работы машины (крана) – 1,2 маш-ч.

*Решение*

Состав звена монтажников составит:

$$N = \frac{H_{\text{вр чел-ч}}}{H_{\text{вр маш-ч}}} = \frac{4,8}{1,2} = 4 \text{ чел}$$

*Пример 3.* Определить трудоемкость и продолжительность работ по установке 10 металлических стропильных ферм пролетом 24,0 м массой до 3,0 т, работы ведутся одним звеном в одну смену.

*Решение*

- По таблице ГЭСН 09-03-012-1 норма времени на монтаж стропильных ферм составит:

монтажников  $H_{\text{вр}} - 25,53 \text{ чел-ч}$ ;

работа крана  $H_{\text{вр}} - 4,92 \text{ маш-ч}$ .

- Трудоемкость монтажников на объем работ составит:

$$Q = H_{\text{вр}} V = 25,53 \cdot 10 = 255,3 \text{ чел-ч} = 31,9 \text{ чел-дн}$$

- Трудоемкость работы крана составит:

$$Q = H_{\text{вр}} V = 4,92 \cdot 10 = 49,2 \text{ маш-ч} = 6,15 \text{ маш-см}$$

- Состав звена монтажников

$$N = \frac{H_{\text{вр чел-ч}}}{H_{\text{вр маш-ч}}} = \frac{25,53}{4,92} = 5,2 \text{ чел}$$

Принимаем звено монтажников 5 чел, средний разряд рабочих – 3,4.

- Продолжительность монтажа ферм определяется как

$$t = \frac{Q}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{H_{\text{вр}} V}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{253,3}{8 \cdot 1 \cdot 5} = 6,36 \text{ дн}$$

Принимаем 6 дней, следовательно, звено монтажников должно работать с перевыполнением плана на 3,5%.

- Состав работ по монтажу стропильных ферм включает в себя: установку и крепление стропильных ферм; устройство подмостей; антикоррозионное покрытие сварных швов.

*Пример 4.* Определить продолжительность работ по монтажу фундаментных стеновых блоков. Объем работ составляет 150 шт блоков типа ФБС массой до 1,5 т., глубина - 3,0 м. Работы осуществляются в летнее время в две смены

*Решение*

- По ГЭСН 07-01-001-2 состав работ по монтажу фундаментов включает: подготовка основания; устройство опалубки; заделка стыков;

- Норма времени на монтаж фундаментных блоков составляет:

Для монтажников 91,58 чел-ч;

Машиниста крана 35,38 чел-ч;

Единица измерения – 100 шт.

- Трудоемкость монтажа на весь объем работ составит:

Для монтажников  $Q = H_{\text{вр}} V = 91,58 \cdot 1,5 = 137,37 \text{ чел} - \text{ч}$

Для машиниста крана  $Q = H_{\text{вр}} V = 35,38 \cdot 1,5 = 53,07 \text{ чел} - \text{ч}$

- Общая трудоемкость работ в днях составит:

$$Q = \frac{H_{\text{вр}} \cdot V}{8} = \frac{137,37}{8} = 17,17 \text{ чел} - \text{дн}$$

- Состав звена монтажников принимается по ЕНиР или рассчитывается:

$$N = \frac{H_{\text{вр}} \text{ чел} - \text{ч}}{H_{\text{вр}} \text{ маш} - \text{ч}} = \frac{137,37}{53,07} = 2,59 \text{ чел}$$

Принимаем звено монтажников из 3 чел.:

монтажник 4 разряд – 1 чел;

монтажник 3 разряд – 2 чел.

Средний разряд по ГЭСН -3,3.

- Расчетная продолжительность работ по монтажу составит:

$$t = \frac{Q}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{H_{\text{вр}} V}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{137,37}{8 \cdot 2 \cdot 3} = 2,86 \text{ дн}$$

*Пример 5.* Определить норму выработки звена рабочих за одну смену по разработке грунта вручную. Грунт суглинок, с удельным весом  $\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$ . Объем работ 0,8 тыс.  $\text{м}^3$ .

*Решение*

- По ГЭСН 01-01-049-1 Норма времени на разработку грунта вручную составляет 430,36 чел-ч. на  $1000 \text{ м}^3$ . Средний разряд рабочих 2,5. Состав звена принимаем 2 чел.

- Норма выработки звена рабочих в смену составит:

$$H_{\text{выр}} = \frac{8 \cdot 2}{0,43} = 37,2 \text{ м}^3 / \text{см}$$

Далее приведены некоторые нормы выработки на 1 чел/смену.

Т а б л и ц а 1.73

## Выработка на общестроительные и отделочные работы

Наименование работ	Единица измерения	Выработка на 1 чел/см
Общестроительные работы		
Устройство подстилающего слоя из песчано-гравийной смеси	м <sup>3</sup>	2,5
Устройство подстилающего бетонного слоя	м <sup>3</sup> м <sup>2</sup>	2,8 6,0
Погружение свай дизель-молотом	1 свая	2,0
Срубка оголовков свай	1 свая	8,3
Бетонирование монолитных конструкций поворотными бункерами, объемом до: 3 м <sup>3</sup> 5 м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	2,0 2,9
Бетонирование монолитных конструкций автобетононасосами объемом до: 10 м <sup>3</sup> 30 м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	10,9 12,7
Устройство монолитных стен и перегородок толщиной до: 100 мм 150 мм 200 мм 300 мм	м <sup>3</sup>	2,1 3,1 4,2 5,3
Оклеенная гидроизоляция рубероидом горизонтальных поверхностей	м <sup>2</sup>	73,0
Оклеенная гидроизоляция рубероидом вертикальных поверхностей	м <sup>2</sup>	24,0
Окрасочная гидроизоляция горячим битумом	м <sup>2</sup>	76,0
Цементная гидроизоляция с жидким стеклом	м <sup>2</sup>	21,0
Монтаж ж/бетонных фундаментов массой до: 2,5 т 5,0 т	1 элемент	6,2 4,0
Монтаж ж/бетонных колонн одноэтажных зданий массой до: 4,0 т 10,0 т	1 элемент	1,9 1,2
Укладка ж/бетонных прогонов, балок	1 элемент	7,0
Монтаж колонн многоэтажных зданий	1 элемент	1,3
Монтаж ж/бетонных ферм пролетом до 12 м	1 элемент	1,5
Монтаж ж/бетонных ферм пролетом до 18 м	1 элемент	0,97

Монтаж ж/бетонных ферм пролетом до 24 м	1 элемент	0,82
Монтаж ж/бетонных балок и ригелей массой до 3,0 т	1 элемент	1,7
10,0 т		1,1
Монтаж ж/бетонных плит покрытий и перекрытий площадью до: 10 м <sup>2</sup>	1 элемент	3,8
20 м <sup>2</sup>		3,2
Монтаж ж/бетонных стеновых панелей площадью до: 10 м <sup>2</sup>	1 элемент	1,4
15 м <sup>2</sup>		1,2
Монтаж стеновых панелей типа «Сэндвич»	1 элемент	4,7
Установка наружных стеновых панелей	шт	2,33
Устройство герметизации	1 м	61,2
Укладка ж/бетонных перемычек	1 элемент	12,1
Установка цокольных панелей	шт	2,0
Установка внутренних стеновых панелей	шт	2,2
Установка перегородок	шт	4,3
Установка вентиляционных блоков	шт	5,0
Устройство кровли из профнастила	м <sup>2</sup>	64,0
Установка лестничных маршей и площадок	1 элемент	4,7
Монтаж металлических ферм	1 эл/1т	2,7/8,0
Монтаж металлоконструкций укрупненными блоками	1 эл/1т	12,54/0,87
Монтаж металлических колонн	1 эл/1т	2,7/8,0
Монтаж металлических балок	1 эл/1т	5,7/8,7
Монтаж подкрановых балок	1 эл/1т	2,33/0,71
Монтаж прочих металлических конструкций	т	0,6
Кирпичная кладка наружных стен	м <sup>3</sup>	1,44
Кирпичная кладка с теплоизоляционными плитами	м <sup>3</sup>	1,12
Кирпичная кладка перегородок	м <sup>2</sup>	7,0
	м <sup>3</sup>	1,7
Устройство перегородок: -гипсокартонных	м <sup>2</sup>	9,0
-гипсобетонных		7,0
- из стеклоблоков		4,4
Установка стропил	м <sup>2</sup>	27,4
Устройство рабочего настила из досок (обрешетка)	м <sup>2</sup>	31,5
Обшивка обрешетки досками	м <sup>2</sup>	5,2
Устройство теплоизоляции	м <sup>2</sup>	16,6

Устройство рулонных кровель на битумных мастиках	м <sup>2</sup>	24,0
Устройство кровли наплавленным рубероидом	м <sup>2</sup>	23,0
Устройство кровли из асбоцементных листов	м <sup>2</sup>	12,3
Устройство кровли из профнастила	м <sup>2</sup>	22,5
Устройство кровли из листовой стали	м <sup>2</sup>	11,8
Устройство кровли из металлочерепицы	м <sup>2</sup>	7,3
Заполнение оконных проемов	м <sup>2</sup>	3,4
Заполнение дверных проемов	м <sup>2</sup>	7,1
Установка балконных блоков	м <sup>2</sup>	3,4
Установка плит лоджий	м <sup>2</sup>	8,2
Монтаж витражей	м <sup>2</sup>	10,2
Остекление оконных переплетов/дверей	м <sup>2</sup>	8,0/5,4
Утепление стен теплоизоляционными плитами δ = 150 мм	м <sup>2</sup>	7,7
Отделочные работы		
Окраска деревянных поверхностей масляными красками	м <sup>2</sup>	7,9
Окраска металлических конструкций	м <sup>2</sup>	3,0
Облицовка стен плиткой керамической плиткой	м <sup>2</sup>	5,0
Обшивка стен гипсокартоном	м <sup>2</sup>	35,0
Оклейка стен обоями	м <sup>2</sup>	30,0
Устройство подвесного потолка типа «Амстронг»	м <sup>2</sup>	14,3
Устройство бетонной подготовки под полы	м <sup>2</sup>	4,5
Установка плинтусов	м	104,6
Устройство полов дощатых	м <sup>2</sup>	9,5
Устройство полов паркетных	м <sup>2</sup>	4,2
Устройство полов из ДСП (ОСП)	м <sup>2</sup>	43,3
Устройство полов из линолеума	м <sup>2</sup>	25,8
Устройство полов из керамических плиток	м <sup>2</sup>	7,4
Устройство полов цементных (стяжек)	м <sup>2</sup>	12,0
Устройство полов из мозаичных плиток	м <sup>2</sup>	8,5
Устройство мозаичных	м <sup>2</sup>	4,6
Устройство полов из чугунных плиток	м <sup>2</sup>	17,0
Устройство полов мозаично-бетонных	м <sup>2</sup>	30,0
Устройство полов асфальтобетонных	м <sup>2</sup>	24,2
Устройство полов полимерных	м <sup>2</sup>	24,6
Облицовка фасадов керамической плиткой	м <sup>2</sup>	3,6
Окраска фасадов водоземлюсионными составами	м <sup>2</sup>	16,0
Облицовка стен сайдингом	м <sup>2</sup>	7,0
Штукатурка фасада	м <sup>2</sup>	7,0

## 1.8.2. Калькуляция трудовых затрат

Одним из важнейших и обязательных условий эффективного возведения зданий и сооружений является правильное составление калькуляций трудовых затрат на объем работы, поручаемой бригаде.

Калькуляция трудовых затрат составляется на основании подсчета объемов работ и по различным процессам должна соответствовать единицам измерений, принятых в ГЭСН и ЕНиР. Затраты труда подсчитываются в чел-ч (маш-ч) и чел-дн (маш-см). Состав звена – профессия, разряд и количество рабочих определяется по соответствующим таблицам ЕНиР или рассчитывается в порядке, указанном в 1.8.1. Результаты расчетов сводятся в таблицы, форма которой приведена ниже.

Т а б л и ц а 1.74

Рекомендуемая форма калькуляции трудовых затрат

№ п/п	Наименование работ	Ед. измерения	Объем работ	Трудовые затраты чел-ч		Трудовые затраты чел-дн	Состав звена, бригады	Затраты машинного времени			Затраты маш-см на объем работ	Обоснование: ЕНиР, ГЭСН
				На ед. измерения	На объем работы			Наименование машин	На ед. измерения, маш-ч	На объем работ в маш-ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

*Пример.* Составить калькуляцию трудовых затрат на разработку котлована в зимнее время при следующих данных: объем мерзлого грунта – 5712 м<sup>3</sup>, объем разработки не мерзлого грунта – 346 м<sup>3</sup>, грунт II группы.

*Решение*

Ход решения задачи представлен в табл. 1.75.

Таблица 1.75

## Калькуляция грудовых затрат на разработку котлована в зимнее время

№ п/п	Наименование работ	Ед. измерения	Объем работ	Трудовые затраты, чел-ч		Трудовые затраты чел-дн	Состав звена, бригады	Затраты машинного времени			Затраты маш-см на объем работ	Обоснование: ЕНиР
				На ед. измерения	На объем работ			Наименование машин	На ед. измерения, маш-ч	На объем работ в маш-ч		
1	Предварительное разрыхление мерзлого грунта экскаватором, оборудованного клином-молотом	100 м <sup>3</sup>	57,12	-	-	-	1	ЭО-3323А	7,3	417,0	52,1	Е2-1-3
2	Разработка не мерзлого грунта экскаватором емкостью 0,63 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>	3,46	-	-	-	1	ЭО-3323А	3,0	10,4	1,3	Е2-1-10
3	Разработка мерзлого грунта экскаватором емкостью 0,63 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>	57,12	-	-	-	1	ЭО-3323А	3,7	211,3	26,4	Е2-1-10

### 1.8.3. Бригадная форма организации труда

*Бригада (производственная бригада)* – представляет собой постоянный или временный коллектив рабочих, выполняющих общее производственное задание и несущих совместную ответственность за результаты своего труда. Члены бригады могут иметь как одинаковую, так и различные профессии. В зависимости от этого различают специализированные или комплексные бригады.

- *Специализированные бригады* выполняют однородные строительные процессы. Недостатком специализированных бригад является сложность координации их работы в условиях, когда на строительной площадке должна быть обеспечена тесная взаимосвязь многих одновременно работающих бригад различных специальностей.

- *Комплексные бригады* выполняют разнородные работы, как правило, смежные или близкие по технологии. Например, при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона бригада, как правило, выполняет опалубочные, арматурные, бетонные работы, осуществляет уход за твердеющим бетоном и распалубку. При этом внутри комплексных бригад могут быть организованы специализированные *звенья* по выполнению отдельных технологических процессов.

Комплексные бригады состоят из рабочих нескольких специальностей, необходимых для выполнения порученного бригаде комплекса производственных процессов. Во многих случаях в состав комплексных бригад включаются машинисты башенных кранов и других строительных и дорожных машин.

Профессиональный, квалификационный и численный состав рабочих бригад определяют исходя из характера и объема работ, поручаемых бригаде, и имеющихся в действующих нормах и расценках (ЕНиР) рекомендаций по составу звеньев с учетом достигнутого устойчивого перевыполнения норм выработки и плановых заданий по росту производительности труда. Бригады выполняют как однородные работы, так и комплексы технологически взаимосвязанных работ.

Бригада может разделяться на смены. Если она работает во всех сменах в течение суток, такая бригада называется сквозной. Оплата труда бригады начисляется, как правило, по сдельной форме оплаты за выполненный объем работ, по наряду. Наряд содержит описание задания и его объем, условия выполнения работы и расчет причитающейся суммы заработной платы. Между членами бригады

заработная плата распределяется в соответствии с фактически отработанным временем (которое определяется по табелю) и индивидуальной квалификацией (разрядом). Может также применяться коэффициент трудового участия, выставляемый за определенный период времени советом бригады или общим собранием бригады.

В современной российской практике применение бригад не препятствует индивидуальной оплате труда рабочих, которая обычно сочетает сдельную оплату с системой премий и штрафов.

В то же время, в комплексных бригадах больше возможностей для применения наиболее рациональной аккордной системы оплаты труда. Эти бригады за счет лучшей маневренности рабочими внутри бригад сокращают внутрисменные простои, способствуют повышению рабочими своей квалификации и освоению ими дополнительных профессий.

Кроме того, комплексные бригады облегчают руководство строительным производством, значительно сокращают время, затрачиваемое инженерно-техническим персоналом на выписку нарядов и на расчеты с рабочими. В комплексных бригадах, по сравнению с обычными бригадами, производительность труда, как правило, выше на 15–20%, а заработная плата выше на 10–15%, при меньшем расходе фонда заработной платы на объем выполненных строительно-монтажных работ. Комплексными бригадами охвачено около 30% рабочих в строительстве. Как показывает практика, в большинстве случаев лучшие результаты работы имеют комплексные бригады численностью 25–35 чел. При такой численности обеспечивается необходимая маневренность, хорошее руководство со стороны бригадира и, как следствие, наиболее высокая производительность труда.

Бригадир назначается администрацией предприятия с учетом мнения членов бригады. Как правило, он также является рабочим и получает доплату за выполнение управленческих обязанностей. В то же время в крупных бригадах бригадир может быть освобожденным, то есть не заниматься непосредственно физическим трудом. Бригадир осуществляет распределение заданий между звеньями и отдельными рабочими и контролирует их выполнение, отвечает за своевременное выполнение бригадного задания, за качество работы, за сохранность оборудования и инструментов, за соблюдение рабочими правил охраны труда, техники безопасности и трудовой дисциплины.

Большое значение для комплексных бригад имеет овладение рабочими смежными профессиями, упрощающее распределение ра-

бот внутри бригады и позволяющее значительно сократить потери рабочего времени из-за неподготовленности фронта работ.

В жилищном строительстве создаются комплексные бригады, получившие название «*бригады конечной продукции*». Достаточно часто при возведении жилых и общественных зданий организуется одна такая бригада, выполняющая своими силами все общестроительные работы, начиная с нулевого цикла.

Бригады, как форма организации труда, применяются повсеместно в тех случаях, когда выдача индивидуальных заданий рабочим невозможна или нецелесообразна.

Традиции коллективной самоорганизации рабочих в России берут начало от артелей, которые, в отличие от бригад, являлись полностью самостоятельными производственными единицами.

Трудовым кодексом Российской Федерации, ст. 245, предусмотрена возможность бригадной (коллективной) ответственности за ущерб, причинённый работодателю.

В настоящее время создание и функционирование бригад подчинено общим целям фирмы и является одним из методов рациональной организации производства.

Положительными факторами бригадной организации труда являются использование возможностей самоорганизации трудового коллектива, совмещение смежных профессий, взаимная помощь и обучение молодежи. С точки зрения организации производства бригадная форма организации труда позволяет повысить ритмичность и производительность труда, сократить внутрисменные простои и прогулы.

В качестве отрицательных факторов может выступать снижение индивидуальной ответственности рабочих бригады, преувеличенная или пониженная роль бригадира, усиление напряженности между рабочими и администрацией из-за методов управления и форм оплаты труда.

Применение научно-обоснованных методов управления персоналом позволяет снизить риск появления негативных факторов бригадной организации труда.

#### 1.8.4. Расчет комплексной бригады

При проектировании состава комплексной бригады необходимо учитывать следующие условия:

- поручаемые бригаде работы должны представлять собой по возможности наиболее полный комплекс технологически взаимосвязанных между собой процессов по созданию завершеного цикла работ по возведению зданий или сооружений;

- профессионально-квалификационный состав рабочих бригад должен соответствовать структуре поручаемого ей комплекса работ, а количество рабочих каждой профессии – объемам и срокам выполнения работ входящих в этот комплекс;

- проектируемый состав бригады, работающий с ведущей машиной (монтажным краном, экскаватором и т.п.) должен обеспечить наиболее полное ее использование;

- в бригаде должно быть обеспечено равномерное распределение затрат труда между ее рабочими в соответствии с их профессией и квалификацией;

- рабочие бригады должны владеть смежными профессиями, обеспечивающими бесперебойное выполнение всего комплекса работ бригады, полную и непрерывную загрузку всех ее рабочих.

Исходными данными для проектирования комплексной бригады являются:

- перечень комплекса работ и их объемы;
- суточный режим работы машин и рабочих (в сменах);
- продолжительность рабочей смены (в часах);
- уровень выполнения норм выработки, достигнутый рабочими строительной организации;

- коэффициент, учитывающий планируемое выполнение норм выработки ведущей машиной;

- число ведущих машин.

Строительные процессы обычно состоят из нескольких операций, выполняемых исполнителями различного профиля и квалификации (например, монтажниками, сварщиками, плотниками, бетонщиками, изоляторами и т.д.). Работу исполнителей можно организовать отдельными звеньями и совместить ее во времени и пространстве, используя теорию организации строительных потоков с составлением календарного плана. Однако в строительстве за наименьшую единицу времени планирования принята смена, и не всегда возможно по технологическим и другим причинам выделить

рабочее место для отдельного звена на смену. Могут составляться почасовые графики, но соблюсти их на практике также достаточно сложно, поэтому чаще всего организуются комплексные бригады из исполнителей различного профиля.

Поэтому, основными правилами формирования комплексных бригад могут быть следующие:

- все рабочие в бригаде работают одинаковое или кратное количество смен;
- время работы бригады определяется по времени работы ведущего звена (ведущее звено определяется в каждом строительном процессе по-разному);
- в бригаде предусматривается совмещение специальностей (например, плотник-бетонщик, монтажник-сварщик и т.п.).

В монтажном процессе ведущим звеном являются монтажники, и по времени их работы (количеству машино-смен) устанавливается время работы сварщиков, бетонщиков и др.

Для процессов, выполняемых не с помощью ведущей машины, а с применением средств малой механизации или вручную, за нормативное время выполнения работ принимается время из проекта производства работ.

Подбор состава комплексной бригады осуществляют в следующем порядке:

- из калькуляции затрат труда выбираются работы, выполняемые с помощью ведущей машины, с последующим определением на основе ЕНиР (ГЭСН) нормы времени в маш.-час;
- определяется продолжительность выполнения комплекса работ с применением ведущей машины;
- анализируются трудозатраты по отдельным видам работ и производится совмещение профессий;
- выделяются целые единицы всех специальностей и включаются в состав бригады;
- из оставшихся не целых частей необходимо по возможности получить целые единицы путем совмещения специальностей;
- при отсутствии такой возможности производят расчет дополнительного объема работы, который определяется исходя из необходимости «загрузить» не целую единицу рабочего до полной на время работы ведущего звена.

После совмещения специальностей и округления до целого числа получают состав комплексной бригады.

*Пример 1 (Расчет по ГЭСН).* Подобрать состав звена для монтажа плит перекрытий в 9-ти этажном, 2-х подъездном жилом здании по несущим стенам. Монтаж осуществляется башенным краном, объем работы по монтажу плит – 576 шт, масса плит – до 5,0 т. Работы организованы в две смены.

*Решение*

- по ГЭСН 07-01-029-2 определяем состав работ, единицу измерения – 100 шт. и нормы времени: строителей (монтажников) – 449,58 чел-ч; крана – 59,74 маш-ч; установки для ручной сварки – 93,17 маш-ч.,

- в качестве захватки принимаем этаж одного подъезда;

- т.к. ведущей машиной является кран, определяем его затраты на монтаж плит перекрытия одного этажа (захватка):

$$Q = H_{кр} \cdot V = 59,74 \cdot 0,32 = 19,12 \text{ маш-ч}$$

Или  $19,12 / 8 = 2,39$  маш-см.

- общая трудоемкость рабочих на объем работ составит:

$$Q = H_{вр} \cdot V = 449,58 \cdot 0,32 = 143,87 \text{ чел-ч}$$

Или  $143,87 / 8 = 17,98$  чел-дн.

- так как ведущей машиной является работа крана, состав звена монтажников увязываем с работой крана на захватке:

$$N = \frac{H_{вр} \text{ чел-ч}}{H_{кр} \text{ маш-ч}} = \frac{143,87}{19,12} = 7,5 \text{ чел}$$

Принимаем общее количество рабочих – 8 чел.

Средний разряд рабочих по ГЭСН – 4,1. Принимаем звено монтажников 5 чел: 5 разряда – 1; 4 разряда – 3; 3 разряда – 1. Что близко к требуемым показателям.

- затраты труда на выполнение сварочных работ составят:

$$Q = H_{вр} \cdot V = 93,17 \cdot 0,32 = 29,81 \text{ маш-ч}$$

Или  $29,81/8 = 3,73$  маш.-см. Принимаем состав звена 3 чел. сварщик 5 разряда – 2; рабочий 2 разряда – 1.

- Устанавливаем сменную производительность для монтажных работ 112%, тогда общая расчетная продолжительность работ на захватке составит:

$$t = \frac{Q}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{H_{вр} \cdot V}{8 \cdot n \cdot R} = \frac{449,58 \cdot 0,32}{1,12 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 8} = 1,0 \text{ дн}$$

- окончательный состав комплексного звена принимаем 8 чел:

монтажников 5 чел (5 разряда - 1, 4 разряда – 3, 3 разряда -1), сварщиков 5 разряда - 2 чел; рабочий 2 разряда – 1.

*Пример 2 (Расчет по ЕНиР).* Подобрать состав комплексной бригады и выполнить расчет организации работ при возведении стен и устройству перекрытий по следующим условиям. Здание 5-ти этажное, 4-х секционное, жилое, стены кирпичные, перекрытия сборные железобетонные, высота этажа 3,0 м; кирпичная кладка средней сложности под облицовку плитами утепления, каменные работы ведутся в одну смену. Основная машина – башенный кран грузоподъемностью до 3,0 т.

При решении задачи такого типа необходимо:

- определить состав комплексной бригады и состав специализированных звеньев;
- составить график производства работ;
- определить количество захваток и делянков.

*Решение*

1. Определяем объем работ при возведении стен из кирпича для одного этажа (рис. 1.54):

- объем кладки наружных стен толщиной в 2 кирпича за вычетом проемов будет равен

$$V_1 = \{(19,93 \cdot 2 + 20,0 \cdot 2) \cdot 2 + 11,41 \cdot 2\} \cdot 3,0 - 1,5 \cdot 1,7 \cdot 3,2 - 1,0 \cdot 1,7 \cdot 8\} \cdot 0,51 = 230,73 \text{ м}^3$$

- объем кладки внутренних стен толщиной в 1,5 кирпича за вычетом дверных проемов будет равен

$$V_2 = \{[(11,41 - 0,51) \cdot 7 + (6,9 + 0,38) \cdot 4 + (3,19 - 0,38) \cdot 4] \cdot 3,0 - 1,5 \cdot 2,0 \cdot 8\} \cdot 0,38 = 123,87 \text{ м}^3$$

- то же внутренних стен толщиной в 1 кирпич

$$V_3 = \{[(11,41 - 0,51) \cdot 8 + (1,2 - 0,25) \cdot 8] \cdot 3,0 - 1,0 \cdot 2 \cdot 1,6 - 1,5 \cdot 2 \cdot 8\} \cdot 0,25 = 57,1 \text{ м}^3$$

Общий объем кирпичной кладки на один этаж будет равен:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 230,73 + 123,87 + 57,1 = 411,7 \text{ м}^3$$

2. Определяем общую трудоемкость каменщиков на весь объем кирпичной кладки и потребность материалов (ЕНиР ЕЗ-3, табл.3):

$$Q = \sum H_{\text{сп}} V_i = 2,8 \cdot 230,73 + 3,2 \cdot 123,87 + 3,7 \cdot 57,1 = 1253,7 \text{ чел} \cdot \text{ч}$$

или – 156,7 чел – дн.

Рабочая смена принята 8 часов. На 1 м<sup>3</sup> кладки требуется кирпича 0,38 тыс. шт (рядового) и раствора – 0,25 м<sup>3</sup>. На этаж потребуется кирпича 0,38·411,7=156,45 тыс.шт. Потребность раствора – 0,25·411,7=102,93 м<sup>3</sup>.



3. После подсчетов объемов работ по монтажу плит перекрытий, лестничных маршей и оконных перемычек на одном этаже (ЕНиР 4-1-7) примем

- монтаж плит перекрытий, лестничных маршей:  
    работа крана- 10,2 маш-смен;  
    монтажников конструкций – 68,0 чел-дн
- монтаж оконных перемычек:  
    работа крана – 0,7 маш-смен;  
    монтажников конструкций – 4,6 чел-дн
- заливка швов между плитами перекрытий – 38 чел-смен.

Для подачи кирпича и раствора к месту работы необходимо рассчитать затраты машинного времени башенного крана. Подъем кирпича производится в поддонах емкостью 200 шт., за один подъем кран может поднять 2 поддона:

$$200 \cdot 2 \cdot 3,5 = 1400 \text{ кг}$$

Раствор подается в бункерах емкостью  $0,75 \text{ м}^3$ .

Для подъема кирпича и раствора на 5-й этаж потребуется:  
 $(0,25 + 0,034) \cdot 156,45 + (0,11 + 0,02) \cdot 102,93 = 57,81$  маш-ч  
или 7,23 маш-смен.

Для подъема других материалов, условно примем 10% от общих затрат машинного времени на подъем кирпича и раствора, тогда:

$$7,23 + 0,72 = 7,95 \text{ маш-смен.}$$

Так как монтаж оконных перемычек осуществляется одновременно с кирпичной кладкой (0,7 маш-смен), то всего кран должен отработать:

$$7,95 + 0,7 = 8,65 \text{ маш-смен.}$$

4. Производим разбивку здания в плане на 3 захватки, высоту яруса принимаем 1,0 м. Ритм потока принимаем 1 день. Тогда продолжительность работ по кирпичной кладке будет составлять:

$$3 \cdot 3 = 9 \text{ дней.}$$

5. Определяем состав комплексной бригады. В нее входят каменщики, плотники по установке и переустановке подмостей и монтажники, работающие на подъем кирпича и раствора. Трудоемкость работ по кирпичной кладке составляет 156,7 чел-дн (см.п.2), тогда численность рабочих каменщиков в бригаде будет составлять:

$$156,7 / 9 = 17,4 \text{ чел}$$

Примем 16 чел. Нормируемая производительность труда при этом должна составить 108,75%.

Состав звеньев, работающих на кирпичной кладке, принимаем:  
- на стенах толщиной в 2 и 1,5 кирпича – по три человека;

- на стенах в 1 кирпич – два человека.

Далее определим численность звена плотников по установке и переустановке подмостей (ЕНиР 3-20 табл. 3), ед. измерения  $10 \text{ м}^3$ .

$$Q = H_{\text{сп}} V_1 + H_{\text{сп}} V_2 + H_{\text{сп}} V_3 = 5,5 \cdot 23,073 + \\ + 7,3 \cdot (12,387 + 5,71 = 259,0 \text{ чел} - \text{ч}$$

С учетом переустановки на 2-й ярус – 518 чел-ч или 64,75 чел-дн.

Исходя из принятой организации, продолжительность работ по подмощиванию может быть принята 6 дней (3 захватки в 2 яруса), т.о. численность плотников в бригаде должна составить:

$$64,75 / 6 = 10,8 \text{ чел.}$$

Принимаем звено 10 чел., тогда плотники должны работать с нормируемой производительностью труда 108,0 % (близкой к производительности труда каменщиков (108,75 %).

Звено такелажников на подачу кирпича и раствора, согласно ЕНиР состоит из 3-х чел.

Таким образом, в состав комплексной бригады должно войти:

*каменщиков – 16 человек (4 разр. – 12; 3 разр. – 4);*

*плотников – 10 человек (4 разр. – 3; 3 разр. – 3; 2 разр. – 4);*

*такелажников 3 человека (3 разр. – 3).*

Окончательный состав комплексной бригады может быть значительно изменен с учетом освоения смежных специальностей. Далее, к этому вопросу мы еще вернемся.

6. Монтаж железобетонных конструкций (плиты перекрытий, лестничные площадки и марши) производится тем же краном во вторую смену. Так предварительно ритм работ принят в 9 дней – этаж. А затраты машинного времени крана составляют 10,2 маш-смены, тогда звено монтажников должно работать с перевыполнением норм на  $100(10,2 - 9) / 9 = 13,3\%$ .

Тогда на монтаже железобетонных конструкций должно работать звено монтажников из

$$68,0 \text{ чел-дн} / 10,2 \text{ маш-смен} = 6 \text{ чел.}$$

Заделку швов между плитами производят во время, когда на захватке не производятся каменные работы. На выполнение этих работ должно быть поставлено  $38,0 \text{ чел-смен} / 9 = 4 \text{ чел.}$

График производства работ приведен на рис. 1.55.

7. Определение количества захваток, делянок и их границ показано на рис. 1.57. Количество захваток принято – 3. Объем кирпичной кладки на захватках примерно одинаков.



8. Количество захваток принято - 3; их границы показаны на рис. 1.57. Объем кладки на всех захватках приблизительно одинаков. Длина делянки определяется из условия обеспеченности звена работой в одну смену (8 часов). Так как трудоемкость 1 м яруса глухой стены (первый ярус) и ярусов с проемами (второй и третий ярусы) приблизительно равны, то разбивку делянки производим по первому ярусу.

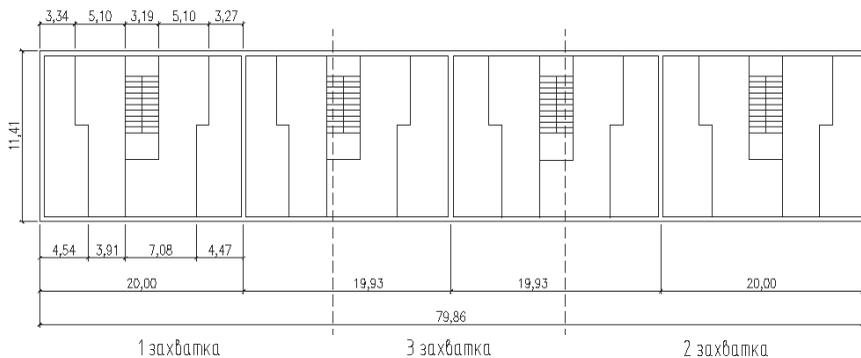


Рис. 1.57. Разбивка здания на захватки

Общая длина стен толщиной в два кирпича будет равна:  
 $(19,93 \cdot 2 + 20,0 \cdot 2) \cdot 2 + 11,41 \cdot 2 = 183,0 \text{ м}$

С трудоемкостью  $Q_1 = \sum H_{\text{пр}} V_i = 2,8 \cdot 230,73 = 646,04 \text{ чел} - \text{ч}$

Длина стен толщиной в 1,5 кирпича будет равна:

$$(11,41 - 0,51) \cdot 7 + (6,9 + 0,38) \cdot 4 + (3,19 - 0,38) \cdot 4 = 117,0 \text{ м}$$

С трудоемкостью  $Q_2 = \sum H_{\text{пр}} V_i = 3,2 \cdot 123,87 = 396,38 \text{ чел} - \text{ч}$

Длина стен толщиной в 1 кирпич будет равна:

$$(11,41 - 0,51) \cdot 8 + (1,2 - 0,25) \cdot 8 = 94,0 \text{ м}$$

С трудоемкостью  $Q_3 = \sum H_{\text{пр}} V_i = 3,7 \cdot 57,1 = 211,27 \text{ чел} - \text{ч}$

Оптимальная длина делянки на стенах толщиной в 2 кирпича при звене из 3 чел (при работе с перевыполнением на 8,75%) будет:

$$L_1 = 183,0 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 1,0875 / 646,04 = 22,0 \text{ м}$$

Длина делянки стен толщиной в 1,5 кирпича звена из 3-х человек:

$$L_2 = 117,0 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 1,0875 / 396,38 = 23,0 \text{ м}$$

И длина третьей делянки, стен толщиной в 1 кирпич, составит:

$$L_3 = 94,0 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1,0875 / 211,27 = 23,0 \text{ м}$$

### 1.8.5. Оплата труда в строительстве

Административно-командные положения тарифного нормирования сохранены Госстроем РФ в Методических положениях по определению размера средств на оплату труда (МДС 83-1.99). Рекомендуемая Госстроем РФ сметная система основана на привязке сметных тарифов оплаты труда к уровню прожиточного минимума (уровню бедности) и к единой для всех строительных рабочих тарифной сетке 1986 г. (постановление № 115 ЦК КПСС, СМ СССР, ВЦСПС от 17.09.86 № 1115 «О совершенствовании организации заработной платы и введении новых тарифных ставок и должностных окладов»). До сих пор советская тарифная система оплаты труда в строительстве осталась без изменения, сохранился диапазон тарифной сетки, тарифные коэффициенты и разрядная классификация.

Такое положение не только не отвечает задачам рыночного ценообразования, но и его применение на практике привело к серьезным негативным последствиям в развитии строительного комплекса страны, основным из которых являются значительные отклонения планируемой в сметах и фактической заработной платы рабочих в реальном строительстве.

Одним из основополагающих принципов организации оплаты труда является ее дифференциация, т.е. установление необходимых различий в заработной плате работников, определяемых посредством учета количества и качества затраченного труда, эффективности и результатов трудовой деятельности.

В систему дифференцирования оплаты труда на предприятиях входят различного рода доплаты и надбавки, в том числе компенсирующие дополнительные трудозатраты работников в условиях, отклоняющихся от нормальных, а также учитывающие повышенную интенсивность труда, доплаты за работу в ночное время, в выходные и праздничные дни, надбавки, связанные с особым характером выполняемой работы, за выслугу лет (непрерывный стаж работы), надбавки лицам, имеющим ученые степени, звания, особые заслуги, и др.

Тарифная часть заработной платы работника сегодня в строительстве составляет не более 60-70 % от номинальной (начисленной) заработной платы. При определении остальной суммы заработной платы на предприятиях (премиальные, компенсационные и прочие выплаты) методы тарифного нормирования применяются в незначительном объеме и рассчитываются по другим основаниям.

Вид, системы оплаты труда, размеры тарифных ставок, окладов, премий, иных поощрительных выплат, а также соотношение в их размерах между отдельными категориями персонала конкретных предприятий (подрядных строительных организаций) государством не регулируется, определяются ими самостоятельно и фиксируются в коллективных договорах.

На предприятиях тарифные системы устанавливаются в самой организации исходя из собственных интересов, мотиваций и возможностей. В сметном нормировании тарифные ставки оплаты труда определяются договором сторон, а методы определения договорного уровня ставок должны учитывать как возможности заказчика, так и потребности подрядчика, т.е. должны использоваться современная методика мониторинга регионального рынка рабочей силы.

В рыночных условиях строительство определяется как деятельность гражданско-правового характера, где единственно законным и легитимным основанием для определения стоимости будущего строительства является согласованные сторонами положения и правила, закрепленные в договоре. В системе рыночных отношений условием соглашения между заказчиком и подрядчиком о величине средней заработной платы для конкретного проекта (договорные тарифные ставки) являются необходимым и достаточным условием для решения основных сметных (плановых) и производственных проблем оплаты труда рабочих и служащих в строительстве данного объекта.

Градации заработной платы по рабочим специальностям, профессиям и должностям, в сегодняшних условиях, является наиболее всего подверженным рыночному влиянию. Оценить труд работников разных специальностей возможно только на основе сравнения необходимости и полезности их труда на рынке рабочей силы. Это обстоятельство предопределяет обязательное проведение полноценного рыночного мониторинга заработной платы по профессиям работников.

Традиционная модель тарифной системы, действующая до настоящего времени, устанавливает единую для всех профессий рабочих в строительстве разрядную сетку оплаты труда с диапазоном равным 1,8 (отношение максимальной и минимальной ставок). Кроме того в стране применяются тарифные сетки с большим количеством разрядов, например, 18-и разрядная Единая тарифно-квалификационная сетка для бюджетных организаций. Такие тарифные сетки объединяют в общую систему заработную плату рабочих,

служащих, специалистов и руководителей. Такая система пригодна для централизованного распределения и управления заработной платой, но не допустима и не возможна в рыночных отношениях гражданско-правового характера, для подрядной деятельности в строительстве, хотя Госстрой РФ в МДС 83-1.99 настойчиво рекомендует 18-и разрядную сетку для строительства.

Идея унификации тарифов оплаты труда для бюджетной сферы и для гражданско-правовых отношений на предприятиях свободного предпринимательства по стране в целом не нова и возвращает строительный комплекс к системе административно-командного управления, не соответствует рыночной экономики и прямо противоречит Конституции, Гражданскому и Трудовому законодательству.

Предприятия вправе самостоятельно устанавливать любые виды и системы оплаты труда, их дифференцирование по категориям работников и назначение поощрительных выплат в зависимости от целей производства, мотивации персонала и финансовых возможностей предприятия.

Проблема дифференцирования заработной платы на предприятии в значительной мере зависит от обоснованности применяемой тарифной системы и в первую очередь от тарифных коэффициентов.

Качество тарифных коэффициентов определяется задачами фирменной системы оплаты труда, мотивацией персонала и объективными условиями труда.

Количество разрядов в тарифной сетке определяет количество категорий (уровней) по оплате труда между максимальной и минимальной заработной платой на предприятии. Большое количество разрядов в производственной сетке (более 10) затрудняет продвижение специалиста по иерархии оплаты труда, причем ее рост по разрядам незначителен. Это снижает мотивацию работников в повышении квалификации и мастерства. Небольшое число разрядов (менее 4) также не стимулирует работника и затрудняет повышение квалификационного уровня.

Формы изменения коэффициентов в диапазоне зависят от задач, которые предприятие решает с помощью дифференцирования тарифных ставок и определяет типы тарифных сеток, различающиеся характером изменения тарифных коэффициентов от разряда к разряду.

Размер заработной платы рабочих определяет именно тарифная ставка (у рабочих повременщиков - при определении размера оплаты за отработанное время, у рабочих-сдельщиков - при определении сдельных расценок).

Соотношение заработной платы рабочих разных специальностей (по минимальной или средней ставке) устанавливаются только на самом предприятии. Порядок формирования тарифных ставок оплаты труда по специальностям и квалификации в обязательном порядке закрепляется в коллективном договоре. Тарифные ставки оплаты труда устанавливаются для всех категорий тарифной системы, принятой в организации: по специальностям - в профессиональной тарифной сетке и по квалификации - в разрядной тарифной сетке.

Формирование тарифных ставок заработной платы по специальностям, профессиям и должностям (вертикальное тарифное нормирование) является основным элементом дифференцирования оплаты труда работников в строительстве.

Размер тарифной ставки первого разряда не может быть ниже минимального размера оплаты труда, предусмотренного Федеральным законом.

Первый разряд фирменной 8-и разрядной сетки (для неквалифицированных рабочих) позволяет включить в систему тарифного регулирования заработной платы учеников, стажеров и, самое важное, наемных рабочих из других регионов и иностранных строительных рабочих, не имеющих строительных лицензий. Уровень ставки неквалифицированного рабочего предприятие устанавливает самостоятельно.

На предприятиях любых форм собственности величина тарифных ставок оплаты труда дифференцированных по профессиям и разрядам зависит, прежде всего, от финансового состояния предприятия и устанавливается индивидуально в соответствии с принятыми тарифами в коллективном договоре или в контрактах с работниками.

Средний уровень оплаты труда рабочих строителей в подрядных организациях устанавливается на уровне, достигнутом в предыдущем периоде с учетом текущих и будущих возможностей организации, в затратах на оплату труда, финансового состояния и положений, закрепленных в коллективном договоре.

### 1.8.6. Календарное планирование

Календарный план – это документ, устанавливающий состав, очередность, сроки выполнения работ при возведении зданий и сооружений, а также потребность в ресурсах.

Совокупность работ, определяющих формирование календарного плана, называется календарным планированием. Календарное планирование обычно включает в себя два основных этапа: предварительное планирование и детальное планирование.

Календарные планы, применяющиеся на практике, различаются по назначению и содержанию.

*Календарный план в составе инвестиционно-строительных проектов* представляет собой документ, в котором детально прописываются все стадии создания проекта, от идеи до его реализации (проектная и инвестиционная подготовка, бизнес-проектирование, торги, заключение контрактов и т.д.)

*Календарный план в составе проекта организации строительства (ПОС)* определяет сроки и очередность строительства объектов комплекса, распределение капитальных вложений, объемов строительно-монтажных работ по объекту, комплексу. Календарные планы в составе ПОС содержат графики выполнения работ, а не только распределение денежных средств.

*Календарный план в составе проекта производства работ (ППР)* разрабатывается на объект в целом или на выполнение отдельных циклов: подготовительного периода, возведение подземной и надземной частей здания, выполнения специальных или отделочных работ, благоустройства территории.

При разработке календарного плана необходимо учитывать:

- сроки выдачи заказчиком проектной документации и поставок технологического оборудования;
- сроки поставок строительных конструкций и материалов;
- директивные или нормативные сроки на возведение зданий или сооружений;
- возможности подрядных строительных организаций и их техническая оснащенность;
- сезонные и климатические условия района строительства.

В виду множества решений, которые могут возникнуть при календарном планировании, возникает задача выбора наилучшего варианта в соответствии с критериями оптимальности.

В календарном планировании обычно решаются следующие задачи минимизации: по продолжительности, стоимости строительства и потребности материально-технических ресурсов.

Исходными данными для разработки календарного плана в составе ППР являются:

- утвержденная проектная документация;
- типовые технологические карты на отдельные строительные процессы;
- сведения о наличии в строительной организации основных машин и механизмов, укомплектованности трудовыми ресурсами;
- сроки начала и окончания строительства;
- графики поставки оборудования, строительных конструкций и материалов.

Состав календарного плана:

- календарные графики производства работ подготовительного периода, отдельных комплексов работ и объекта в целом;
- графики движения основных машин и рабочих;
- графики поставки оборудования, конструкций и основных строительных материалов;
- пояснительная записка с необходимыми расчетами и обоснованиями, технико-экономические показатели.

При разработке календарных планов необходимо руководствоваться нормативными документами по производству работ, технике безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды, санитарно-бытовому обслуживанию работников и другими нормативными документами, и придерживаться следующей последовательности:

1. В результате изучения проектной документации, производят подсчет объемов работ и составляют номенклатуру основных монтируемых элементов и их массу. В описании природно-климатических условий строительства производят учет начала и окончания зимнего периода, количество осадков, направление преобладающих ветров со скоростью свыше 15 м/с, количество выпадающих осадков и дней с количеством осадков более 10 мм/сут. по месяцам года, гидрологические условия и др. данные. При необходимости определяют нормативную продолжительность возведения зданий или сооружений.

2. Обычно в качестве основных критериев принимают возведение объекта за минимально возможные сроки без ограничения используемых ресурсов или с их учетом, строительство по директив-

ным (договорным) срокам с заданным уровнем потребления ресурсов. Затраты и сроки являются основными критериями оценки эффективности календарного плана.

К ограничениям, используемым при проектировании календарных планов, могут относиться сроки выполнения работ, интенсивность потребления ресурсов в целом или в конкретном периоде времени.

Ресурсы, используемые для выполнения строительно-монтажных работ, подразделяются на два типа: складуемые и не складуемые. К складуемым ресурсам относят материалы, конструкции, изделия и оборудование, к не складуемым – трудовые ресурсы, машины и механизмы.

Ресурсные задачи возникают тогда, когда возникает необходимость учитывать ограничения на использование трудовых, материально-технических или финансовых ресурсов. Ресурсные задачи могут учитывать не только отдельные ограничения, но и целый ряд ограничений. При решении ресурсных задач может возникать ситуация не только равномерной потребности ресурсов, но и их не ритмичное потребление. Ресурсные задачи относятся к оптимизационным задачам и в виду своей сложности, чаще всего решаются с использованием программных комплексов.

3. Составляется калькуляция трудовых затрат по всем видам и циклам работ.

4. Производится выбор методов производства работ с определением количества, типов и марок строительных машин и механизмов, оборудования и инвентаря. Разрабатываются или принимаются технологические карты, подбирается состав звеньев, специализированных или комплексных бригад. Устанавливаются размеры захваток и участков.

5. Устанавливаются температурно-влажностные режимы по строительным процессам, а также величины технологических или организационных перерывов.

6. Устанавливается организационная и технологическая последовательность выполнения строительных процессов и их увязка по времени и в пространстве.

7. Производится построение графика производства работ при поточной организации возведения здания или сооружения с расчетом основных параметров.

8. Производится построение графиков движения рабочих, основных машин, потребности и поступления материалов.

При составлении перечня работ, последние заносятся в календарный план в их технологической последовательности и группируются по видам, соблюдая определенные правила. Работы по возможности следует укрупнять, чтобы график был компактным и удобным к использованию. Но, в то же время, нельзя:

- объединять работы, выполняемые разными исполнителями;
- в комплексе работ, выполняемых одним исполнителем, нельзя скрывать работы, выполняемые другим подразделением, например специализированным звеном. Такие работы следует выделять отдельной строкой.

Объемы работ определяются по рабочим чертежам и локальным сметам. Но так как в сметах отсутствует разбивка работ по частям здания и ярусам, при определении объемов работ следует пользоваться рабочими чертежами, контролируя правильность расчетов по сметам.

Трудоемкость работ и количество машино-смен строительных машин и оборудования определяется по действующим единым, ведомственным или местным нормам и расценкам. Планируемый рост производительности труда учитывается путем введения поправочного коэффициента на перевыполнение норм.

Продолжительность технологических циклов по календарному плану следует определять с учетом принятой схемы организации работ, сменности, интенсивности механизированных и ручных работ, продолжительности организационных и технологических перерывов. Продолжительность выполнения механизированных работ определяется по формуле:

$$T_{\text{маш}} = \frac{Q_{\text{маш}}}{n_{\text{маш}} m} = \frac{H_{\text{вр. маш}} V}{n_{\text{маш}} m}$$

Где  $Q_{\text{маш}}$  – затраты машинного времени в маш-ч;  $H_{\text{вр. маш}}$  – норма машинного времени на выполнение единицы измерения;  $V$  – объем работ;  $n_{\text{маш}}$  – количество принятых машин в шт;  $m$  – число смен.

Количество смен работы основных машин и механизмов (кранов, экскаваторов, бульдозеров и т.п.) принимается не менее двух.

При расчете продолжительности возведения здания или сооружения необходимо также учитывать простои бригад, вызванные климатическими условиями района строительства, которые приводятся в справочниках по климату, либо по справкам, выдаваемым местными подразделениям Гидрометцентра.

Т а б л и ц а 1.76

## Календарный график производства работ

№ п/п	Наименование работ	Ед. измерения	Объем работ	Трудовые затраты, чел-ч		Потребность в машинах		Трудовые затраты чел-дн	Количество смен	Состав звена, бригады	Продолжительность работы, дней	Месяц			
				На ед. измерения	На объем работ	Наименование машин	Количество					Неделя			Дни недели
												1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1															

*Примечание:* Продолжительность работ на графике обозначается линией – вектором, над которым обычно подписывают численность рабочих в смену. Продолжительность работ для механизированных процессов определяется количеством машино-смен, для остальных – из расчета количества рабочих в звене (бригаде), выполняющих данную работу. Число рабочих определяют в соответствии с принятой трудоемкостью. Нельзя допускать больших изменений количества рабочих, задействованных на строительстве объекта, так как график движения рабочих будет с большими перепадами. В идеале необходимо стремиться к постоянному количеству рабочих на объекте. Изменения в их количестве допускаются при наращивании строительного производства ступенями до 20%. Если график движения рабочих оказался неудовлетворительным, следует его оптимизировать не нарушая при этом технологическую последовательность и правила по технике безопасности, изменяя сроки начала или выполнения отдельных строительных процессов.

## ГЛАВА 2. СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 2.1. Сетевая модель и ее основные элементы

Сетевая модель представляет собой графическое изображение взаимосвязанных процессов в определенной технологической последовательности.

Технологическая последовательность работ, выполненная в форме сети, называется *сетевым графиком*. Основными элементами сетевой модели являются события и работы.

*Событие* обозначает начало или окончание одной или нескольких работ (технологических процессов). Событие считается свершившимся, когда предшествующие работы к данному событию завершены. Для всех непосредственно предшествующих работ событие является конечным, а для всех непосредственно следующих за ним – начальным. Среди событий различают исходные и *завершающие* события. *Исходное* событие не имеет предшествующих работ и событий, а завершающее событие не имеет последующих работ и событий. Каждому событию присваивается свой номер (код). Все работы ограничиваются двумя событиями и тоже имеют свой код, но уже состоящий из двух цифр – кодов начального и конечного событий. События на сетевом графике изображают кружочками, а работы – стрелками, указывающие на связь между работами.

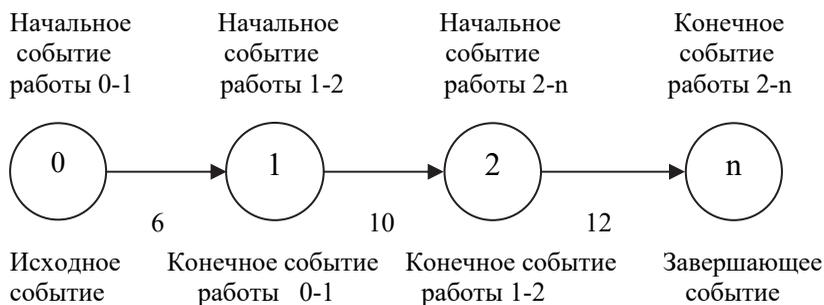


Рис. 2.1. Схема изображения событий и работ

*Работа* в сетевом графике означает производственный процесс, требующий затрат трудовых, материальных ресурсов и времени.

Работу на графике изображают стрелкой (рис.2.1) с начальным и конечным событием, а продолжительность - числом под стрелкой,

кроме того, может наноситься и другая необходимая информация, например, количество работающих в смену. Длина стрелок может быть произвольной или выполненной в масштабе времени. Последовательное и параллельное сочетание стрелок графически отображает реальный строительный процесс.

*Ожидание* – это организационный или технологический перерыв между работами, в течение которого не потребляются материальные и трудовые ресурсы. Например, ожидание по времени, связанное с набором необходимой прочности бетоном, испытание конструкций, приготовление или доставка бетонной смеси и т.д. Графическое обозначение ожидания такое же, как и действительной работы.

*Фиктивная работа* – отображает логическую связь между двумя или несколькими работами, не связанных с расходом материальных и трудовых ресурсов во времени. Фиктивная работа отображает зависимость одной работы от результата выполнения другой. Продолжительность такой работы принимается равной нулю и на графиках изображается пунктирными стрелками

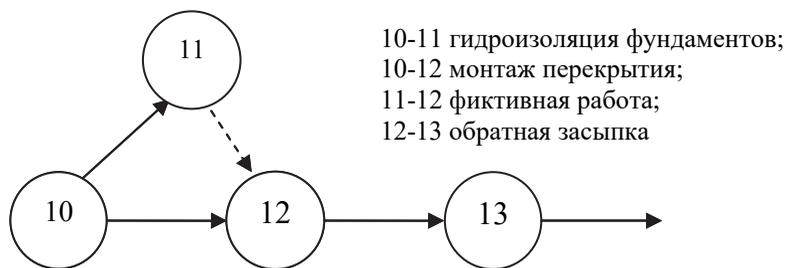


Рис. 2.2. Схема изображения фиктивной работы

*Путь* – непрерывная технологическая последовательность работ на сетевом графике. Полный путь ограничивается начальным и конечным событием, а его длина равна суммарной продолжительности составляющих работ. Под продолжительностью пути понимается время, затрачиваемое на выполнение работы в технологическом процессе. Полных путей на сетевом графике может быть несколько. При обозначении пути все коды образующих его событий записывают в порядке возрастания.

Рассмотрим названные элементы на примере сетевого графика (рис. 2.3). Составим все возможные пути, от исходного события до завершающего события, и подсчитаем их продолжительность. Продолжительность работы будем обозначать  $t$ .

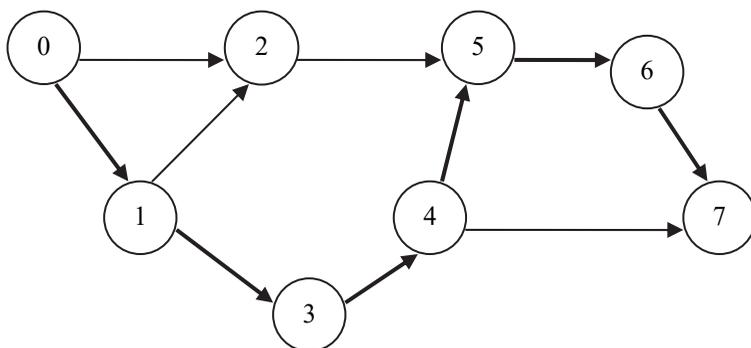


Рис. 2.3. Пример сетевого графика

Т а б л и ц а 2.1

Параметры сетевого графика

Код работы	Наименование работы	Продолжительность работы в днях
0-1		2
0-2		4
1-2		6
1-3		5
2-5		6
3-4		10
4-5		4
4-7		4
5-6		6
6-7		8

Возможные пути от исходного события к завершающему событию

$$t_{0-1-3-4-5-6-7} = 2 + 5 + 10 + 4 + 6 + 8 = 35 \text{ дней;}$$

$$t_{0-1-2-5-6-7} = 2 + 6 + 6 + 6 + 8 = 28 \text{ дней;}$$

$$t_{0-1-3-4-7} = 2 + 5 + 10 + 4 = 21 \text{ день;}$$

$$t_{0-2-5-6-7} = 4 + 6 + 6 + 8 = 24 \text{ дня.}$$

Таким образом, имеется четыре различных пути продолжительностью от 21 до 35 дней. Наибольший путь, от исходного события до завершающего события, называют *критическим путем*, на рисунке он выделен другим типом линии.

$$T_{кр} = 35 \text{ дням.}$$

Критический путь имеет важное значение, так как работы, его составляющие, определяют значимость технологического процесса. А чтобы управлять технологическим процессом и его выполнением в заданный срок, необходимо оказывать влияние на работы критического пути через работы вспомогательного цикла. Работа, не лежащая на критическом пути, является вспомогательной или не основной. Работы вспомогательного цикла подготавливают выполнение работ, составляющих критический путь.

На сетевом графике может быть несколько критических путей.

*Раннее начало работы* – это самый ранний срок, когда можно начинать данную работу. Раннее начало определяется как самый продолжительный путь от исходного события сетевого графика до начального события рассматриваемой работы.

*Раннее окончание работы* – это самый ранний срок, когда можно закончить данную работу. Раннее окончание определяется как сумма раннего начала и продолжительности рассматриваемой работы:

$$t_{i-j}^{p.o} = t_{i-j}^{p.n} + t_{i-j}$$

*Позднее начало работы* – это самый поздний срок, когда можно начать данную работу, при которой не изменяется критический путь сетевого графика. Позднее начало определяется как разность между поздним окончанием и продолжительностью рассматриваемой работы:

$$t_{i-j}^{n.n} = t_{i-j}^{n.o} - t_{i-j}$$

*Позднее окончание работы* – это самый поздний срок, когда можно закончить данную работу, не изменяя критического пути сетевого графика. Позднее окончание работы определяется как разность критического и максимального путей, от конечного события рассматриваемой работы до завершающего события сетевого графика.

*Общий резерв времени работы* – это такой резерв времени, на который можно перенести начало выполнения работы или увеличить ее продолжительность, не изменяя критического пути сетевого графика. Общий резерв времени определяется как разница между поздними и ранними сроками рассматриваемой работы:

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{n.n} - t_{i-j}^{p.n} = t_{i-j}^{n.o} - t_{i-j}^{p.o}$$

*Частный резерв времени работы* – это такой резерв времени, на который можно перенести начало выполнения работы или увеличить ее продолжительность, не изменяя раннего начала последую-

ших работ. Частный резерв времени определяется как разность раннего начала последующей работы и раннего окончания рассматриваемой работы:

$$r_{i-j} = t_{i-j}^{p.n} - t_{i-j}^{p.o}$$

Раннее начало работ, выходящих из исходного события сетевого графика, равно нулю. Если рассматриваемой работе предшествует несколько работ, то раннее начало данной работы равно максимальному значению из величин ранних окончаний предшествующих работ.

Если несколько работ имеют общее начальное событие, то раннее начало этих работ одинаково.

Наибольшее значение из ранних окончаний завершающих работ сетевого графика, конечное событие которых совпадает с завершающим событием, равно критическому пути.

Позднее окончание работ, конечным событием которых является завершающее событие сетевого графика, равно критическому пути.

Если ранние и поздние сроки совпадают, то такая работа находится на критическом пути, т.е. является критической. *Работы, лежащие на критическом пути, не имеют резерва времени.*

*Например.* Для выполнения работы 2-3 назначается срок 10 дней, а сама работа длится 8 дней. Это означает, что работа в данном периоде времени может занимать любое положение, от раннего начала до позднего окончания, важно, чтобы она не вышла за пределы ограничений слева или справа. Разность между поздним окончанием работы и ее ранним началом показывает наибольший период времени (10 дней), в течение которого данная работа может быть выполнена. Если длительность работы (8 дней) меньше этого периода, образуется резерв времени (2 дня).

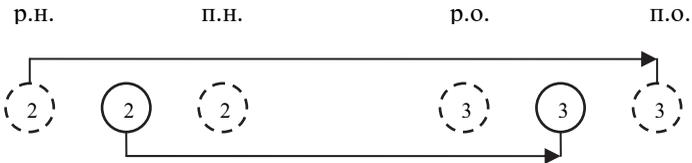


Рис. 2.4. Сроки начала и окончания работ

## 2.2. Правила построения сетевых графиков

Построение сетевого графика заключается в правильном соединении между собой стрелок – работ с помощью событий. *Исходными данными* для составления сетевого графика служат:

- техническая документация на строительство (проект, рабочие чертежи, типовые технологические карты);
- проект производства работ;
- данные о материально-технической базе строительства;
- проектные или фактические данные о технологических и организационных решениях аналогичных объектов;
- нормы и расценки на строительно-монтажные работы;
- нормативная и директивная продолжительность строительства.

*Этапы* составления сетевого графика.

Сетевые графики составляют на этапе планирования технологического процесса. Для этого весь технологический процесс разбивают на отдельные работы, составляют их перечень и оценивают продолжительность каждой работы. Далее продумывают их логические связи и последовательность выполнения. Рассчитывают критический путь и определяют резервы времени. Итог работы - составление вариативного сетевого графика.

Этап оптимизации сетевого графика. Если в результате расчета исходного сетевого графика окажется, что критический путь больше директивного срока строительства, график необходимо оптимизировать по времени в следующем порядке:

- проверяется правильность временных оценок критического пути, при необходимости принимают минимально допустимую продолжительность работ;
- анализируется возможность максимального совмещения работ критического пути;
- исследуется возможность сокращения сроков выполнения работ путем привлечения дополнительных ресурсов, в первую очередь работ, лежащих на критическом пути;
- определяется возможность сокращения сроков применением более передовых методов производства работ;
- при сокращении сроков продолжительности критического пути, необходимо следить за другими путями, так как они в свою очередь также могут стать критическими.

Оптимизация сетевых графиков может производиться также по ресурсам (наличию механизмов, материалов, рабочих).

Построение сетевых графиков должно проводиться по определенным правилам. Общими *правилами* построения сетевых графиков являются:

- направление стрелок в сетевом графике принимается слева направо. Код начального события должен быть меньше кода конечного события;

- форма графика должна быть простой, без лишних пересечений. Большинство работ следует изображать горизонтальными стрелками;

- каждая работа должна иметь отдельный код.

Кроме того, при построении сетевых графиков необходимо следить за тем, чтобы не было:

- а) тупиковых событий (2), т.е. событий, из которых не выходит ни одна работа, за исключением завершающего события;

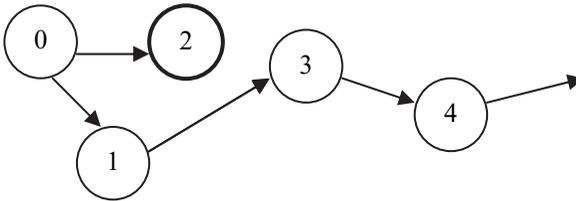


Рис. 2.5. Пример тупикового события

- б) в сетевом графике не должно быть «хвостовых» событий (2), т.е. событий, кроме исходного события, которым не предшествует хотя бы одна работа;

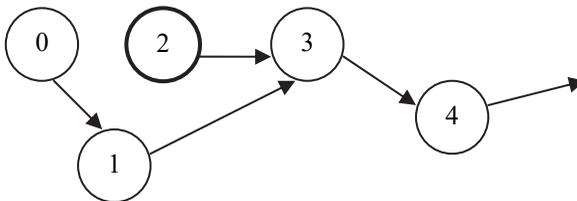


Рис. 2.6. Пример «хвостового» события

- в) любые два события должны быть непосредственно связаны между собой не более чем одной стрелкой (работой);

- г) в сети не должно быть замкнутых контуров;

д) сетевой график должен иметь только одно исходное и завершающее события;

е) если две или более работы начинаются одновременно, то в сетевой график вводят фиктивную работу и замыкают на фиктивное событие;

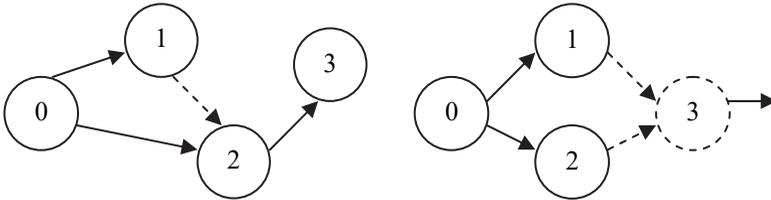


Рис. 2.7. Пример изображения фиктивной работы

ж) на сетевом графике не должно быть фиктивных работ, которые дублируют другие работы (5-6);

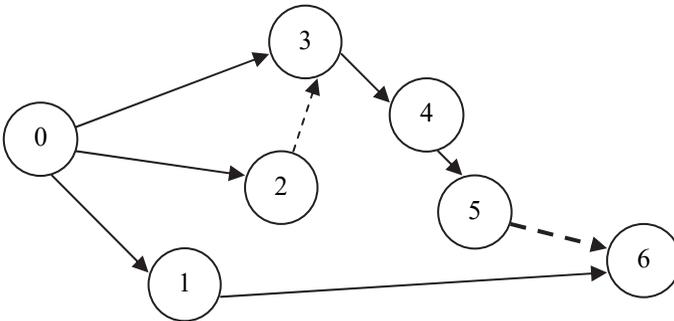


Рис. 2.8. Пример изображения дублирующей фиктивной работы

з) нумерация событий должна начинаться от исходного события (0) к завершающему событию. От исходного события вычерчивают все исходящие из него работы. Затем определяют событие, в которое не входит ни одна работа, ему и присваивается первый номер. Затем вычерчивают работы, которые выходят из первого события, и вновь определяют событие, в которое не входит ни одна работа. Этому событию присваивается второй номер, и т.д.

При построении сетевого графика в ручном режиме следует обращать внимание не на внешний вид сети, а на логическую последовательность выполнения работ и учитывать, что:

- достаточно сложно выявить ошибки в исходных данных;
- отсутствуют четкие критерии формулировки событий, и не всегда явным является необходимость введения фиктивной работы;
- до построения сетевого графика невозможно определить, сколько в нем будет событий и фиктивных работ, а следовательно, нельзя определить и его предварительные размеры;
- при первоначальной прорисовке стрелок достаточно сложно определить их длину и размещение событий;
- процесс формулировки и нумерации событий в значительной мере носит субъективный характер;
- при достаточно большом количестве работ построение сетевого графика представляет достаточно сложную задачу.

Существуют различные способы построения сетевых графиков, наиболее известными из них являются:

- аналитический;
- графический (секторный);
- в масштабе времени;
- матричный;
- табличный;
- и с использованием программных комплексов.

### 2.3. Аналитический способ построения сетевого графика

Аналитический способ построения сетевого графика основан на использовании известных формул для определения продолжительности строительства, резервов времени, времени начала и окончания работ. Все необходимые при этом вычисления сводятся в таблицу.

*Пример.* Построить сетевой график аналитическим способом, если известна номенклатура выполняемых работ и их продолжительность (табл. 2.2).

Т а б л и ц а 2.2  
Данные к построению сетевого графика

Коды работ $i-j$ и продолжительность работ $t_{i-j}$															
0-1	0-3	1-3	1-2	1-4	1-6	2-6	2-9	3-5	4-5	4-6	5-7	6-7	6-8	7-8	8-9
12	5	12	10	10	18	10	20	3	5	10	15	10	10	8	6

*Решение:*

Все необходимые расчеты будем заносить в таблицу

Т а б л и ц а 2.3

Расчет параметров сетевого графика

Код работы i-j	Продолж. работы $t_{i-j}$	Раннее начало $t_{i-j}^{p.n}$	Позднее окончание $t_{i-j}^{n.o}$	Частный резерв времени $r$	Общий резерв времени $R$
1	2	3	4	5	6
0-1	12	12	12	0	0
0-3	5	24	24	19	19
1-3	12	24	24	0	0
1-2	10	22	22	0	0
1-4	10	22	22	0	0
1-6	18	32	32	2	2
2-6	10	32	32	0	0
2-9	20	56	56	14	14
3-5	3	27	27	0	0
4-5	5	27	27	0	0
4-6	10	32	32	0	0
5-7	15	42	42	0	0
6-7	10	42	42	0	0
6-8	10	50	50	8	8
7-8	8	50	50	0	0
8-9	6	56	56	0	0

1. Определим *раннее начало работ* и запишем их значения в столбик 3. Раннее начало работ, выходящих из исходного события сетевого графика, равно нулю.

Проанализировав перечень работ, можно констатировать, что некоторым рассматриваемым событиям предшествует несколько работ. Так, событию 3 предшествуют работы 0-3 и 1-3. Событию 5 предшествуют работы 3-5 и 4-5. Событию 6 предшествуют работы 4-6, 1-6 и 2-6. Событию 8 предшествуют работы 7-8 и 6-8, и наконец, событию 9 предшествуют работы 8-9 и 2-9. Следовательно, раннее начало данного события равно максимальному значению из величин ранних окончаний предшествующих работ.

Если несколько работ имеют общее начальное событие (события 1, 2, 4, 6) то раннее начало этих работ одинаково.

Для лучшего восприятия и удобства вычислений, построим сетевой график и последовательно определим ранние начала событий 0-9.

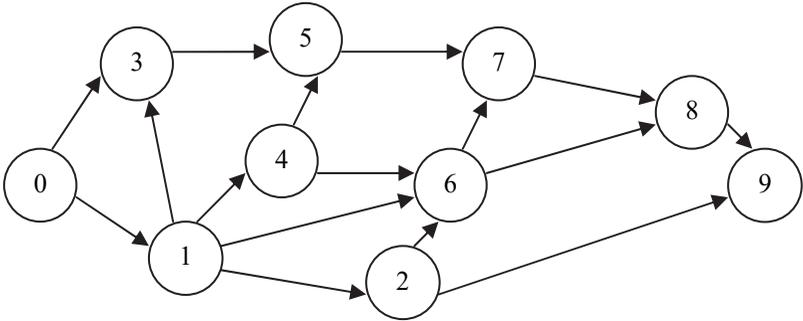


Рис. 2.9. Сетевой график

$$t_{i-j}^{p,n} = t_{i-j}^{p,n} + t_{i-j}$$

$$t_0^{p,n} = 0;$$

$$t_{0-1}^{p,n} = t_0^{p,n} + t_{0-1} = 0 + 12 = 12;$$

$$t_{1-3}^{p,n} = t_{1-3}^{p,n} + t_{1-3} = 12 + 12 = 24;$$

$$t_{0-3}^{p,n} = t_{0-3}^{p,n} + t_{0-3} = 0 + 5 = 5;$$

Следовательно, ранним началом работ события 3 станут работы через 24 ед. времени (т.е. максимальное значение из двух значений).

$$t_{1-4}^{p,n} = t_{0-1}^{p,n} + t_{1-4} = 12 + 10 = 22;$$

$$t_{1-2}^{p,n} = t_{0-1}^{p,n} + t_{1-2} = 12 + 10 = 22;$$

Событию 5 предшествуют работы 3-5 и 4-5.

$$t_{3-5}^{p,n} = t_{1-3}^{p,n} + t_{3-5} = 24 + 3 = 27;$$

$$t_{4-5}^{p,n} = t_{1-4}^{p,n} + t_{4-5} = 22 + 5 = 27.$$

Событию 6 предшествуют работы 4-6, 1-6 и 2-6.

$$t_{4-6}^{p,n} = t_{1-4}^{p,n} + t_{4-6} = 22 + 10 = 32;$$

$$t_{1-6}^{p,n} = t_{0-1}^{p,n} + t_{1-2} = 12 + 18 = 30;$$

$$t_{2-6}^{p,n} = t_{1-2}^{p,n} + t_{2-6} = 22 + 10 = 32.$$

Событию 7 предшествуют работы 5-7 и 6-7.

$$t_{5-7}^{p,n} = t_{4-5}^{p,n} + t_{5-7} = 27 + 15 = 42;$$

$$t_{6-7}^{p,n} = t_{2-6}^{p,n} + t_{6-7} = 32 + 10 = 42.$$

Событию 8 предшествуют работы 6-8 и 7-8.

$$t_{6-8}^{p,n} = t_{2-6}^{p,n} + t_{6-8} = 32 + 10 = 42;$$

$$t_{7-8}^{p.H} = t_{5-7}^{p.H} + t_{7-8} = 42 + 8 = 50.$$

Принимаем большее значение – 50.

И наконец, событию 9 предшествуют работы 2-9 и 8-9.

$$t_{8-9}^{p.H} = t_{7-8}^{p.H} + t_{8-9} = 50 + 6 = 56;$$

$$t_{2-9}^{p.H} = t_{1-2}^{p.H} + t_{2-9} = 22 + 20 = 42.$$

Из двух значений принимаем большее – 56.

Таким образом, раннее начало события 9 одновременно является и его поздним окончанием.

2. *Раннее окончание работы* – это самый ранний срок, когда можно окончить данную работу. Раннее окончание определяется как сумма раннего начала и продолжительности рассматриваемой работы:

$$t_{i-j}^{p.o} = t_{i-j}^{p.H} + t_{i-j}$$

и соответствует раннему началу работы последующего события. В принципе, данный показатель определять совсем не обязательно,

По этой же причине нет необходимости определять и такой показатель, как *позднее начало работы*. Позднее начало определяется как разность между поздним окончанием и продолжительностью рассматриваемой работы:

$$t_{i-j}^{n.H} = t_{i-j}^{n.o} - t_{i-j}$$

3. Определим *позднее окончание работы* от завершающего события к исходному событию, вычитая продолжительность работ. При этом, если из предыдущего события выходят несколько работ, то в итоге принимается  $\min$  из этих значений.

В нашем примере, событию 9 соответствует,  $t_{8-9}^{p.H} = t_{8-9}^{n.o} = 56$  и запишем полученные результаты в столбик 4.

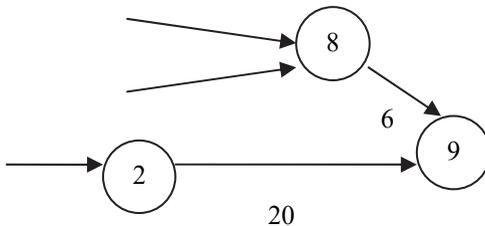


Рис. 2.9. Фрагмент сетевого графика

После события 8 следует работа 8-9.

$$t_{8-9}^{n.o} = t_9^{n.o} - t_{8-9} = 56 - 6 = 50.$$

После события 7 следует работа 7-8

$$t_{7-8}^{n.o} = t_{8-9}^{n.o} - t_{7-8} = 50 - 8 = 42.$$

После события 6 следуют работы 6-7 и 6-8, следовательно, из двух поздних окончаний примем то, которое имеет минимальное значение.

$$t_{6-7}^{n.o} = t_{7-8}^{n.o} - t_{6-7} = 42 - 10 = 32;$$

$$t_{6-8}^{n.o} = t_{8-9}^{n.o} - t_{6-8} = 50 - 10 = 40.$$

После события 5 следует работа 5-7

$$t_{5-7}^{n.o} = t_{7-8}^{n.o} - t_{5-7} = 42 - 15 = 27.$$

После события 4 следуют работы 4-5 и 4-6

$$t_{4-5}^{n.o} = t_{5-7}^{n.o} - t_{4-5} = 27 - 5 = 22;$$

$$t_{4-6}^{n.o} = t_{6-7}^{n.o} - t_{4-6} = 32 - 10 = 22.$$

После события 3, следует работа 3-5

$$t_{3-5}^{n.o} = t_{5-7}^{n.o} - t_{3-5} = 27 - 3 = 24$$

После события 2 следуют работы 2-6 и 2-9, следовательно, из двух поздних окончаний примем то, которое имеет минимальное значение, т.е. 22

$$t_{2-6}^{n.o} = t_{6-7}^{n.o} - t_{2-6} = 32 - 10 = 22;$$

$$t_{2-9}^{n.o} = t_9^{n.o} - t_{2-9} = 56 - 20 = 46.$$

После события 1 следуют работы 1-3, 1-4, 1-6 и 1-2

$$t_{1-3}^{n.o} = t_{3-5}^{n.o} - t_{1-3} = 24 - 12 = 12;$$

$$t_{1-4}^{n.o} = t_{4-6}^{n.o} - t_{1-2} = 22 - 10 = 12;$$

$$t_{1-6}^{n.o} = t_{6-7}^{n.o} - t_{1-6} = 32 - 18 = 14;$$

$$t_{1-2}^{n.o} = t_{2-6}^{n.o} - t_{1-2} = 22 - 10 = 12.$$

поздним окончанием будет значение 12.

И наконец, поздним окончанием события 0 будет значение – 0.

4. Далее следует определить частные и общие резервы, времени, по формулам, приведенным ниже и заполнить столбцы 5 и 6.

$$r_{i-j} = t_{i-j}^{p.H} - t_{i-j}^{p.o}$$

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{n.H} - t_{i-j}^{p.H} = t_{i-j}^{n.o} - t_{i-j}^{p.o}$$

Работы, у которых значения общего и частного резерва равны 0, свидетельствуют о том, что они находятся на критическом пути. В нашем случае таких критических путей - 4:

**0-1-2-6-7-8-9; 0-1-4-6-7-8-9; 0-1-4-5-7-8-9 и 0-1-3-5-7-8-9.**

В завершении, критические пути целесообразно выделить.

## 2.4. Графический способ построения сетевого графика

Графический (секторный) способ построения сетевого графика представляет собой усовершенствованную модель сети, разрабатываемую по аналогии с аналитическим методом. *С точки зрения простоты и удобства, графический способ построения сетевого графика рекомендуется к первоочередному ознакомлению и освоению в управлении строительством.*

Главным отличием является то, что все необходимые расчетные параметры выполняются непосредственно на графике. Для этого все кружки (события), делятся на четыре сектора, отсюда второе название – секторный способ построения сетевого графика.

Для расчета сетевого графика этим способом, вся исходная информация записывается в строго определенный сектор. Номер события сетевого графика записывается в верхний сектор. Ранние сроки начала работ записываются в левые сектора, а поздние окончания работ – в правые сектора. В нижнем секторе проставляется номер события, через который к данному сектору максимальный путь.

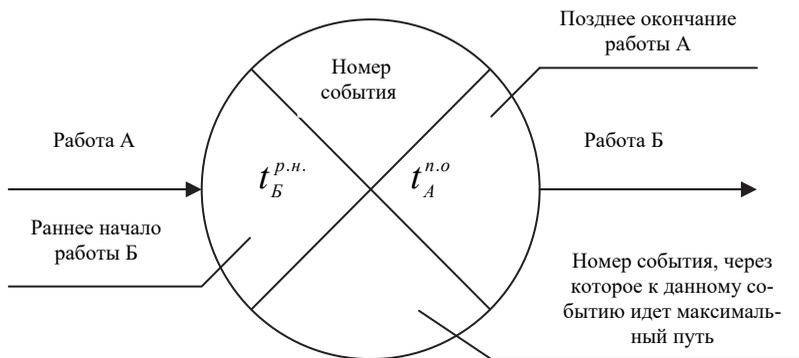


Рис. 2.10. Обозначения секторов

Графический способ расчета сетевого графика основан на правилах:

- раннее начало работ, выходящих из исходного события, равно нулю. Это значение записывают в левом секторе исходного события;
- в левый сектор каждого последующего события записывают число, равное сумме раннего начала входящей работы и ее продолжительности. Если в событие входит несколько работ, то в левом секторе записывают максимальное значение из полученных сумм;

- в последнем событии графика число в левом секторе означает длину критического пути. Это же значение записывают в правый сектор как позднее окончание работ;

- расчет поздних окончаний работ ведут от завершающего события к исходному событию. Из позднего окончания работы вычитают ее продолжительность и отмечают в правом секторе начального события этой работы. Если из события выходит несколько работ, в отличие от ранних начал, в правый сектор записывают минимальное значение;

- частный резерв времени определяется как разница между левыми секторами конечного и начального событий и продолжительности работы;

- при расчете общего резерва времени из правого сектора конечного события вычитают сумму значений левого значения начального события и продолжительности работы;

- работы, у которых значения общего и частного резерва равны нулю, свидетельствуют о том, что они находятся на критическом пути. Если возникло несколько критических путей, они обязательно должны сойтись в завершающем событии.

На рисунке 2.11 критический путь выделен утолщенной линией **0-1-2-4-6-8-10-11-14-15** и имеет продолжительность 54 единицы времени.

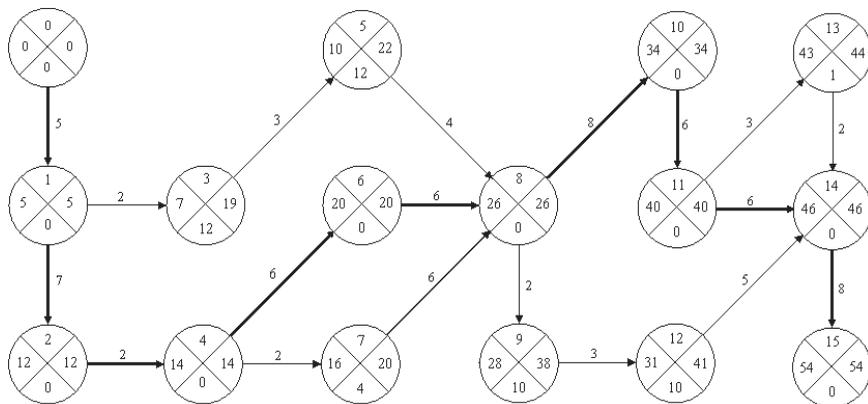


Рис. 2.11. Построение сетевого графика графическим способом

## 2.5. Построение сетевого графика в масштабе времени

Сетевой график в масштабе времени продолжительности работ может быть построен по ранним срокам их начала и окончания и соответственно по ранним срокам свершения событий или по поздним срокам начала и окончания работ и по поздним срокам свершения событий в зависимости от выбранного способа. Построение сетевого графика в масштабе времени производится на основе предварительно построенной сети по одному из известных способов и установлении сроков свершения событий.

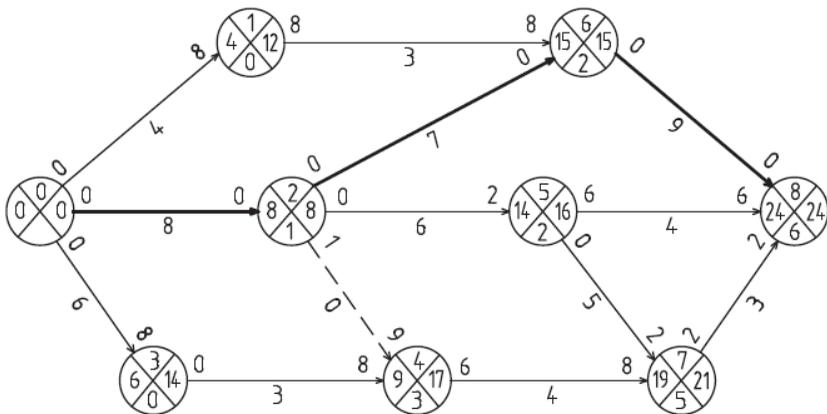


Рис. 2.12. Модель графического сетевого графика

На рис. 2.12. представлена модель сетевого графика, построенная графическим способом, на основе которой будет построен сетевой график в масштабе времени. Обозначения на сетевом графике соответствуют:

- надпись под стрелкой - продолжительность работы;
- надпись над стрелкой – частный и общий резервы времени;
- выделенная линия обозначает критический путь.

Построение сетевого графика в масштабе времени начинают с вычерчивания сетки (рис.2.13). Затем на горизонтальную линию наносят работы критического пути (0-1-6-8). Длина стрелок должна соответствовать продолжительности работ по времени. Все остальные работы размещают на сетке по выбранным параметрам, в рассматриваемом случае – по ранним началам. Эти работы по возможности должны быть параллельными и не пересекаться.

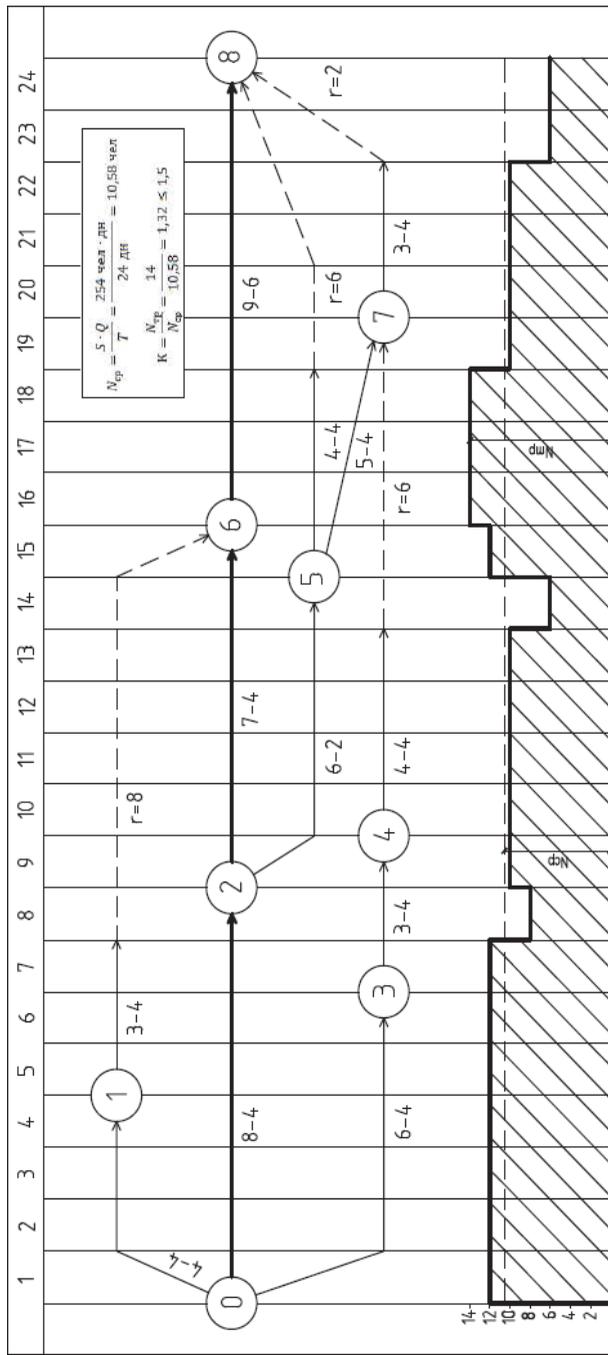


Рис. 2.13. Сетевой график в масштабе времени и диаграмма потребности в трудовых ресурсах

Пунктирное продолжение стрелок означает частный резерв времени и сопровождается надписью. Под стрелкой первая цифра означает продолжительность работы, а вторая цифра – число рабочих, занятых в данном производственном процессе. По сетевому графику, выполненному в масштабе времени, строят диаграммы потребности в ресурсах: рабочих кадрах, финансовых, строительных материалов.

Сетевые графики, построенные в масштабе времени, имеют более наглядную форму и могут использоваться на любом уровне управления строительным производством. Однако, изменение продолжительности работ, а также исключение или введение новых работ требует перестройки графика.

При построении сетевых графиков следует иметь в виду, что:

- если два специализированных потока выполняются одним и тем же краном или бригадой, то в график вводится зависимость, отражающая переход крана или бригады путь 9-0 (рис. 2.14);

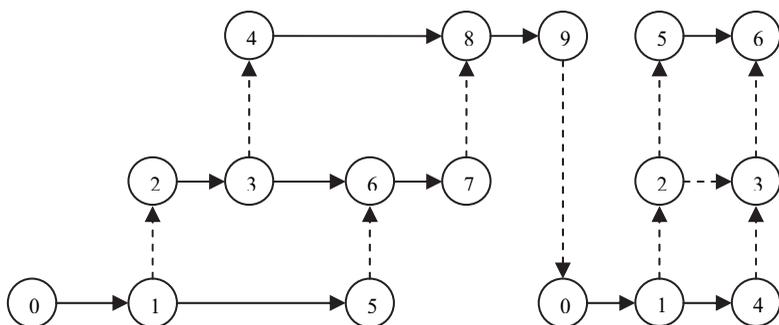


Рис. 2.14. Схема изображения работ выполняемых одним краном или бригадой с переходом

- если на выполнении специализированного потока на объекте работают несколько бригад, то на сетевом графике отсутствуют зависимости, отражающие переход бригад с участка на участок (рис. 2.15);

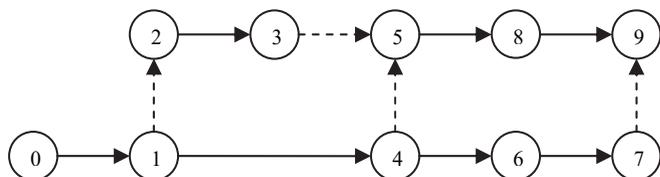


Рис. 2.15. Изображение работ, выполняемых двумя бригадами

- если согласно принятой технологии работы выполняются одновременно (параллельно), то на всех участках, кроме первого, после предшествующей работы на участке вводится столько зависимостей, сколько одновременно выполняется работ;

- при выполнении параллельных работ, начинающихся одним событием, последующая работа показывается с помощью зависимостей от предшествующих работ, иначе работы будут иметь одинаковый код;

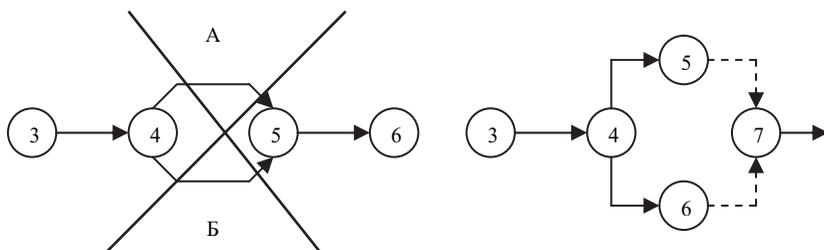


Рис. 2.16. Изображение работ, начинающихся одним событием, неправильное и правильное

Где А и Б - наименование работ. Например, событие 4 заканчивается устройством фундамента. Работа А означает устройство вводов, а работа Б – устройство гидроизоляции. Событие 5 означает устройство перекрытия. В таком случае коды работ А и Б будут одинаковыми, т.е. 4-5, что является неправильным изображением событий на графике.

Организация строительного производства на объектах комплекса должна обеспечить непрерывность работ всех участников строительного процесса при максимальном совмещении работ, т.е. организации поточного строительства.

В комплексный поток включают работы по возведению всех постоянных сооружений, входящих в состав комплекса, в том числе по тем зданиям и сооружениям, которые воздвигаются в подготовительный период строительства.

В состав комплексного потока, как правило, включают несколько объектных потоков. Объектные потоки группируются из одинаковых или технологически однородных сооружений, либо их частей при неоднородных объектах.

При формировании объектных потоков жилищного комплекса следует исходить из того, что самостоятельными объектными потоками следует считать:

- прокладку магистральных инженерных сетей;
- возведение жилых зданий конструктивно однотипных;

- возведение конструктивно однотипных зданий культурно-бытового назначения;
- прокладку инженерных сетей микрорайона;
- благоустройство проезжей части городских улиц;
- внешнее благоустройство и озеленение территории застраиваемого жилого комплекса.

При формировании объектных потоков строящегося *промышленного предприятия* самостоятельными объектными потоками принято считать:

- внутриплощадочные инженерные сети и дороги отдельно по каждой площадке;
- внутриплощадочные инженерные сети отдельно по видам основных коммуникаций;
- основные производственные здания и сооружения;
- объекты подсобного назначения;
- здания административно-технической застройки;
- специальные сооружения;
- благоустройство и озеленение территории.

Порядок и методика разработки комплексного сетевого графика в значительной степени зависит от степени однородности отдельных зданий и сооружений по объемно-планировочным и конструктивным решениям. При разработке комплексного сетевого графика необходимо соблюдать следующие принципы:

- каждое новое строительство необходимо начинать с прокладки подъездных путей к строительной площадке, а также выполнения всего комплекса подготовительных работ;
- основные строительные-монтажные работы начинают с инженерной подготовки территории, включая планировку территории, устройства водоотведения, прокладки подземных коммуникаций и создания сети временных дорог;
- строительство каждого отдельного здания или сооружения начинают после окончания подготовительных работ на участке;
- возведение надземных конструкций начинают после завершения работ по устройству подземной части, обратной засыпки и планировке площадки;
- необходимо предусматривать последовательную концентрацию трудовых и материально-технических ресурсов.

Комплексный сетевой график составляется укрупнено. За «работы» принимаются комплексы и виды работ, выполняемые субпод-

рядными организациями. Продолжительность работ определяется по действующим нормативам, а также по технологическим картам.

Комплексные сетевые графики обычно не «привязывают» к календарю, их расчет выполняется графическим (секторным) способом непосредственно на графике, или с помощью программных комплексов.

Если после расчета укрупненного комплексного сетевого графика величина критического пути превышает нормативную продолжительность строительства комплекса, то производится его корректировка за счет изменения топологии сети, увеличения численности рабочих на работах критического пути. Сокращение продолжительности критического пути возможно также за счет корректировки последовательности работ, сокращения продолжительности отдельных работ, входящих в критический путь, а также организации работ в две-три смены. Принятый сетевой график проверяется в части рационального использования ресурсов путем построения графиков потребности ресурсов. При создании новых сетевых графиков целесообразно пользоваться аналогами.

При проектировании сетевых графиков для объектов *реконструкции и капитального ремонта*, как правило, требуется большая детализация графика. Но это влечет за собой возникновение избыточной информации о поэтажном движении потока при управлении процессом на уровне главного инженера или руководителя ремонтно-строительной организации. Так как в данном случае, достаточно располагать сведениями о начале и окончании работ на многоэтажных захватках.

В таких случаях последующую работу целесообразно подключать к предыдущей при помощи ожиданий, выполняющих функции технологического или организационного перерыва между работами, продолжительность которой должна быть равна промежутку времени между началом (для первого ожидания) и окончанием (для второго ожидания) этих работ.

Координационные связи, отражающие зависимости между работами, обуславливающие технологическую последовательность отличаются устойчивостью и сравнительно небольшим количеством вариативных решений, поэтому они могут быть предусмотрены до разработки графика.

Для обеспечения вариативности сетевых графиков целесообразно разрабатывать типовые схемы сетевых моделей, легко привязываемых к конкретным условиям управления.

## 2.6. Матричный способ построения сетевого графика

Матричный способ построения сетевого графика отличается более системным подходом, в значительной степени устраняющий недостатки ранее рассмотренных способов, но в то же время, также не избавлен от недостатков. К числу наиболее значимых недостатков в построении сетевого графика является его громоздкость в создании исходных данных.

Построение сетевого графика матричным способом рекомендуется производить в четыре этапа.

*Первый этап. Проверка исходных данных.*

При проверке исходных данных в первую очередь необходимо установить наличие замкнутых циклов и дублирующих фиктивных работ.

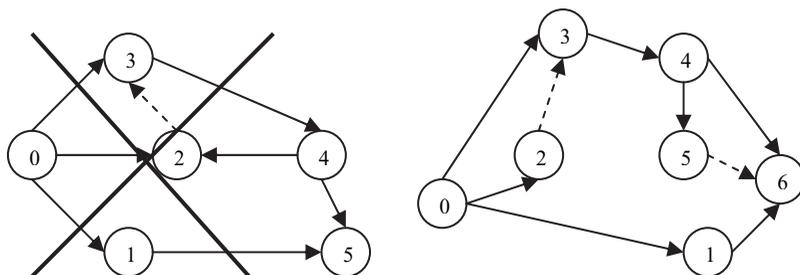


Рис. 2.17. Устранение цикла на сетевом графике

В сети не должно быть замкнутых контуров, состоящих из работ, создающих замкнутую цепь (работы 3-4 и 4-2). Подобная ситуация свидетельствует об ошибке при составлении перечня работ и определении их взаимосвязей. В данном случае необходимо проанализировать исходные данные либо перенаправить работу в другое событие (если работа является частью общего результата).

Для осуществления такой проверки необходимо составить перечень всех работ, предшествующих данному событию, от исходного события, до непосредственно предшествующему событию. Данный перечень работ необходимо выполнить на соблюдение следующих условий:

- в нем не должно быть самой проверяемой работы, т.к. это свидетельствует о наличии замкнутого цикла;

- работы, которые непосредственно предшествуют проверяемой работе, не должны встречаться в перечне предшествующих работ у других непосредственно предшествующих этой работе работ.

Несоблюдение данного условия свидетельствует о дублировании зависимостей. Проверку исходных данных удобно выполнять в табличной форме. Для простоты работы, коды работ будем обозначать не так, как мы это уже делали 0-1, 1-2, 2-4 и т.д., а прописными буквами русского алфавита: а, б, в, г, и т.д.

Заполнение таблицы производится с одновременного заполнения первых двух столбцов. Сначала в первом столбце записывается код работы, а затем в соответствующей строке второго столбца код предшествующей работы. Если у данного события несколько предшествующих работ, то каждая последующая работа записывается в строке ниже.

Т а б л и ц а 2.4

Проверка исходных данных

Код работы	Коды непосредственно предшествующих работ	Все коды работ, предшествующие работам из столбца № 2	Все коды работ, предшествующие работам из столбца № 1
1	2	3	4
а	-	-	а
б	-	-	б
в	а	а	а, в
г	а	а	а, г
д	б	б	а, б, г, д
	г	а, г	
е	в	а, в	а, в, г, е
	г	а, г	
	з	а, в, г, е, з	
<p><i>Примечание:</i> если в ходе заполнения таблицы вдруг обнаружится, что работа ссылается сама на себя, т.е. обозначение работы из столбца № 1 повторяется в соответствующей ячейке столбца № 3 (выделено курсивом). В данном случае работа з содержит работу е, т.е. можно предположить, что данная зависимость является ошибочной. Работу з надо просто исключить из списка работ, непосредственно предшествующих работе е.</p>			
ж	в	а, в	а, б, в, г, д, ж
	д	а, б, г, д	
з	е	а, в, г, е	а, в, г, е, з
и	е	а, в, г, е	а, в, г, е, и

к	з	а, <b>в</b> , Г, е, з	а, В, Г, е, з, К
	<b>в</b>	а, в	
<i>Примечание:</i> дублирующая зависимость обнаруживается у работы <b>к</b> . Предшествующая ей работа <b>в</b> (выделена курсивом в столбце № 2) встречается среди предшествующих работ – з. Аналогичная ситуация встречается у работ <b>л</b> , <b>м</b> и <b>н</b> . Обнаруженные дублирующие зависимости подлежат исключению. Очищенные от ошибок исходные данные представлены в табл. 2. 5 (столбцы № 1 и № 2).			
л	и	а, <b>в</b> , Г, е, и	а, в, Г, е, з, и, К, л
	к	а, <b>в</b> , Г, е, з, к	
	<b>в</b>	а, <b>в</b>	
м	и	а, <b>в</b> , Г, е, и	а, в, Г, е, з, и, К, м
	к	а, <b>в</b> , Г, е, з, к	
	<b>в</b>	а, <b>в</b>	
н	з	а, <b>в</b> , Г, е, з	а, в, Г, е, з, н
	<b>в</b>	а, <b>в</b>	
о	ж	а, б, в, Г, д, ж	а, б, в, Г, д, ж, о
п	м	а, в, Г, е, з, и, К, м	а, в, Г, е, з, и, К,
	н	а, в, Г, е, з, н	м, н, п
р	л	а, в, Г, е, з, и, К, л	а, в, Г, е, з, и, К, л, м, н, р
	м	а, в, Г, е, з, и, К, м	
	н	а, в, Г, е, з, н	

После заполнения первых двух столбцов производится одновременное заполнение соответствующих строк столбцов № 3 и 4. При этом сначала для рассматриваемой работы полностью заполняются ячейки непосредственно предшествующих работ столбца № 3 путем переписывания содержания ячеек из столбца № 2, соответствующих данным работам. Далее в ячейку столбца № 4, соответствующую рассматриваемой работе переписываются все работы, встречающиеся в ячейке столбца № 3 данной работы.

**Второй этап. Введение фиктивных работ.**

Фиктивные работы вводятся в том случае, когда невозможно правильно отобразить взаимные связи между действительными работами. При выполнении данного этапа составляется матрица взаимных связей между работами.

В этой матрице на пересечении строк и столбцов соответствующих работ, предшествующим данным работам, проставляется какой-либо условный знак, например, «1», «+» или другой знак.

Т а б л и ц а 2.5

Матрица взаимосвязей между работами

Коды работ	Предшествующие работы	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	р
		а															
б																	
в	а	+															
г	а	+															
д	б, г		+		+												
е	в, г			+	+												
ж	в, д			+		+											
з	е						+										
и	е						+										
к	з								+								
л	и, к									+	+						
м	и, к									+	+						
н	з								+								
о	ж							+									
п	м, н												+	+			
р	л, м, н											+	+	+			

Далее составленную матрицу необходимо упорядочить таким образом, чтобы все знаки «+» были максимально сконцентрированы возле центральной диагональной линии.

Сначала следует упорядочить строки матрицы. Для этого необходимо в первую очередь переписать строки, не содержащие «+». В рассматриваемом примере эти строки соответствуют работам *а* и *б*, затем строки, содержащие «+» в крайнем левом столбце (строки *в* и *д*). Затем строки, содержащие «+» в следующем крайнем левом столбце (строка *д*) и т.д. Если строк, содержащих «+» в следующем крайнем левом столбце несколько, то в первую очередь переписывают ту строку, в которой следующие «+» расположены ближе к первому знаку «+». В нашем примере необходимо переместить строку соответствующую работе *о* между строк *и* и *к*, строку работы *н* к строке *к* и строку *р* выше строки *п*. Упорядоченная матрица представлена в табл. 2.6.

Т а б л и ц а 2.6

Упорядоченная матрица взаимосвязей между работами по горизонтали

Коды работ	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	р
а																
б																
в	+															
г	+															
д		+		+												
е			+	+												
ж			+		+											
з						+										
и						+										
о							+									
к								+								
н								+								
л									+	+						
м									+	+						
р											+	+	+			
п												+	+			

Далее необходимо упорядочить столбцы матрицы. Упорядочивание столбцов производится аналогично.

Сначала переписываются столбцы, содержащие «+» в самой верхней строке, затем столбцы содержащие «+» в следующей верхней строке, затем опять в следующей строке и т.д. до конца. В рассматриваемом примере потребовалось переместить столбец *г* на одну позицию влево (табл. 2.7).

Т а б л и ц а 2.7

Упорядоченная матрица взаимосвязей между работами по вертикали

Коды работ	а	б	г	в	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	р
а																
б																
в	+															
г	+															
д		+	+													
е			+	+												
ж				+	+											
з						+										
и						+										
о							+									
к								+								
н								+								
л									+	+						
м									+	+						
п											+	+	+			
р												+	+			
п												+	+			

Для того, чтобы правильно сформулировать события сетевого графика необходимо матрицу преобразовать таким образом, чтобы все связи работ были «независимыми». «Независимыми» будем называть обособленные связки работ, расположенные в одной или нескольких строках, которые не пересекаются со связками работ из других строк. К таким обособленным «независимым» связкам работ относятся следующие (табл. 2.7):

- строки *в, г* столбец *а*;
- строки *з, и* столбец *е*;

- строка *о* столбец *жс*;
- строки *к, н* столбец *з*;
- строки *л, м* столбцы *и, к*.

К пересекающимся «зависимым» связкам работ относятся:

- строка *д* столбцы *б, г* пересекается со связкой работ по строке *е* и столбцам *г, в* (пересекаются по столбцу *г*);
- строка *е* столбцы *г, в* пересекается со связкой работ строки *жс* столбцы *в, д* (пересекаются по столбцу *в*);
- строка *р* по столбцам *л, м, н* пересекается со связкой работ по строке работ *и* и столбцам *м, н* (пересекаются по столбцам *м, н*).

Устранение пересечений между связками работ осуществляется путем перенесения знака «+», непосредственно расположенного на пересечении связей, в столбцы дополнительно добавленных фиктивных работ. Добавленным фиктивным работам присваивается соответствующее обозначение работ из столбцов, из которых переносится «+» с добавлением соответствующего индекса (1, 2, 3). Каждый добавленный столбец должен быть продублирован добавлением соответствующей строки.

В рассматриваемом примере в столбцы фиктивных работ необходимо перенести «+» из ячеек, соответствующих следующим связкам работ: *д - г*; *е - г*; *е - в*; *жс - в*; *р - м, н*. В таблице 2.7. эти шифры работ выделены жирным курсивом и заливкой.

Таким образом, в рассматриваемом примере установлена необходимость введения пяти фиктивных работ *г1, г2, в1, в2 и м,н1*.

Упорядоченная матрица с введением фиктивных работ представлена в таблице 2.8.

Т а б л и ц а 2.8

Упорядоченная матрица взаимосвязей между работами

Коды работ	а	б	в1	г	в	в2	г1	д	г2	е	жс	з	и	к	мн1	л	м	н	о	п	р
	а	б	в	г	в	г	д	е	жс	з	и	к	л	м	н	о	п	р			
а																					
б																					
в	+																				
г	+																				



В рассматриваемой таблице все связки являются «независимыми» (выделены сплошной заливкой), которые однозначно определяют все события сетевого графика. Так как у начального события сетевого графика предшествующие работы отсутствуют, то в первую строку первого столбца (табл. 2.9) записываем знак «-».

Далее в матрице (табл. 2.8) выбираем строки, у которых ни в одном из столбцов нет знака «+», к таким строкам относятся строки **a** и **б**. Указанные обозначения записываем в первую строку второго столбца матрицы. Затем в матрице выбираем первую связку, это связка **в, г – a**, которая означает, что работы **в** и **г** начинаются после работы **a**. Следовательно, у второго события входящей работой является **a**, а выходящими работами – **в** и **г**. Работа **a** записывается во вторую строку первого столбца, а **в** и **г** – соответственно во второй столбец.

Следующая связка работ **д – б, в1** – означающая, что работа **д** начинается после окончания работ **б** и **в1**. В третью строку первого столбца записываем **б, в1**, а во второй столбец записываем **д**.

Аналогичным образом формулируются все события, соответствующие связкам работ из матрицы взаимосвязей работ.

Т а б л и ц а 2.9

Формулировка событий

Коды входящих работ в событие	Коды исходящих работ из события
-	а, б
а	в, г
б, в1	д
г	г1, г2
в	в1, в2
в2, г1	е
д, г2	ж
е	з, и
ж	о
з	к, н
и, к	л, м
мн1, л	р
м, н	п, мн1
о, п, р	-

В рассматриваемом примере первой работой входящей в последнее событие является работа *о*, второй работой – *п*, третьей работой – *р* (последняя строка табл. 2.9).

Следовательно, во вторую строку таблицы необходимо переписать формулировку события *ж-о*, в третью – *м,н – п, мн1*, в четвертую строку – *мн1, л, - р* (табл. 2.10).

Т а б л и ц а 2.10

Сортировка событий

Коды входящих работ в событие	Коды исходящих работ из события
о, п, р	-
ж	о
м, н	п, мн1
мн1, л	р

После того, как записаны формулировки событий, обозначающих начало работ входящих в последнее событие, необходимо проверить очередность их появления. Так в табл. 2.10 такой порядок нарушен, работа *мн1* сначала появляется в столбце исходящих работ, а затем появляется в столбце входящих работ. Устранение данной ошибки производится следующим образом, строка с работами *м, н – п, мн1* зачеркивается и переписывается ниже строки *мн1, л – р*. Далее в нижнюю строку таблицы переписывается формулировка события, означающего начало первой работы, входящей в событие сформулированное во второй строке таблице *ж – о*, затем тоже самое делается для всех работ по порядку входящих в событие, записанное в третьей строке таблицы *мн1, л – р*, затем в четвертой, пятой и т.д., до тех пор, пока не будут переписаны все работы или не появится ошибка в порядке их очередности (табл. 2.11).

Т а б л и ц а 2.11

Окончательная сортировка событий

Номера событий	Коды входящих работ в событие	Коды исходящих работ из события
13	о, п, р	-
12	ж	о
11	мн1, л	р
10	м, н	п, мн1
9	д, г2	ж
8	и, к	л, м

7	з	к, н
6	б, в1	д
5	е	з, и
4	в2, г1	е
3	в	в1, в2
2	г	г1, г2
1	а	в, г
0	-	а, б

Так, в рассматриваемом примере ошибка в порядке появления работ возникла после записи события, означающего начало работы *з* (в данном случае работа *а* появляется сначала в столбце исходящих работ, а затем в столбце входящих работ)

Для устранения ошибки событие «-» - *а, б* было вычеркнуто и переписано в нижней строке. Аналогичным образом сортируются все события, а т.к. сортировка выполнена в обратном порядке, то нумерацию событий следует начать с последней строки к первой, т.е. от 0 к 13.

#### *Четвертый этап. Построение сетевого графика.*

Для построения сетевого графика необходимо знать хотя бы примерные расстояния, поэтому все события должны быть распределены по уровням удаленности от исходного события. Такое распределение выполнено в табл. 2.12.

В последнем столбце строки, соответствующей исходному событию (0 событие) проставляем цифру 1 (первый уровень). В ячейке последнего столбца, соответствующей строке первого события проставляем цифру 2 (второй уровень). Далее возможны варианты:

- Если среди входящих работ рассматриваемого события присутствуют исходящие работы какого-либо события, относящегося к уровню, к которому относится предыдущее событие, то рассматриваемое событие необходимо отнести к следующему уровню. Так в событие 2 входит работа *з*, эта же работа присутствует в списке исходящих работ 2-го уровня, к которому относится событие 1. Следовательно, событие 2 необходимо отнести к следующему, третьему уровню.

- Если среди входящих работ рассматриваемого события нет таких, которые являются исходящими для событий предыдущего уровня, то рассматриваемое событие необходимо отнести к этому же уровню. Так, для события 3, входящей работой является *в*, в списке исходящих работ 3-го уровня, к которому относится событие 2, этой

работы нет, следовательно, событие 3 необходимо отнести к третьему уровню.

Аналогично производится распределение всех событий по уровням отдаленности от исходного события.

Т а б л и ц а 2.12

Распределение событий по уровням отдаленности

Номера событий	Коды входящих работ в событие	Коды исходящих работ из события	Номер уровня
0	-	а, б	1
1	а	в, г	2
2	г	г1, г2	3
3	в	в1, в2	3
4	в2, г1	е	4
5	е	з, и	5
6	б, в1	д	5
7	з	к, н	6
8	и, к	л, м	7
9	д, г2	ж	7
10	м, н	п, мн1	8
11	мн1, л	р	9
12	ж	о	9
13	о, п, р	-	10

Для того, чтобы построить сетевой график, необходимо лист бумаги разделить на количество частей, равное числу уровней. Уровни выделены цветом и сверху подписаны. Построение начинается с разработки черновой модели графика. Для этого все события размещаются на соответствующих им уровнях произвольно, соблюдая шахматный порядок.

Работы строятся путем соединения событий с помощью сплошных или штрихпунктирных стрелок в соответствии с данными табл. 2.12. После того как все события нанесены и создана черновая модель сетевого графика, производится его упорядочение для минимизации количества пересечений между работами. Упорядочение производится путем перемещения событий вверх-вниз по границам соответствующих уровней.

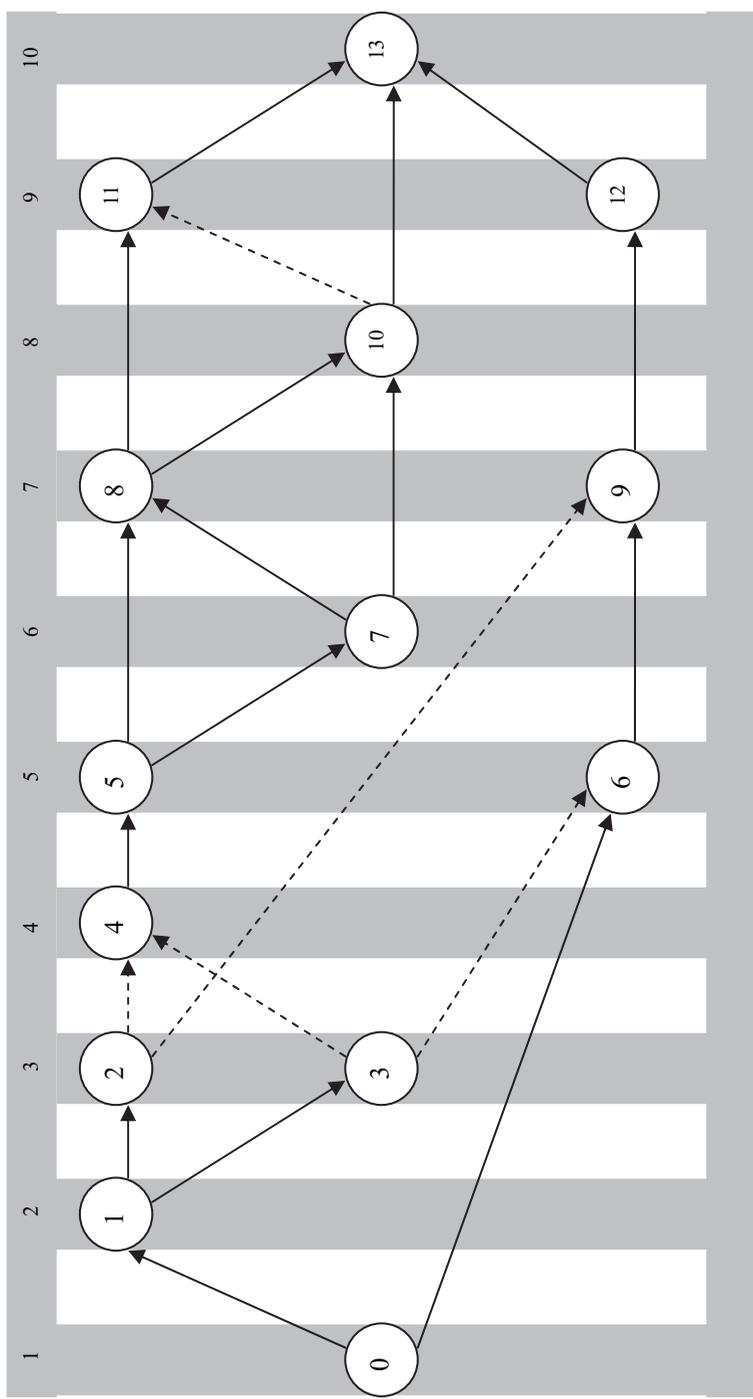


Рис. 2.18. Окончательный вариант сетевого графика

## 2.7. Табличный способ расчета сетевого графика

Табличный способ расчета сетевого графика в значительной степени напоминает аналитический способ, суть которого заключается в определении основных временных параметров работ и в последовательном заполнении граф таблицы, число строк в которой соответствует числу работ. Временные параметры, заносимые в таблицу, рассчитываются по известным формулам, приведенные ранее. Алгоритм табличного способа расчета сетевого графика включает в себя пять последовательных этапов.

*Первый этап. Определение индексов непосредственно следующих работ.* Непосредственно следующей работой называется та работа, для которой работа с индексом  $i$  является непосредственно предшествующей. Следовательно, индексы непосредственно следующих работ – это индексы тех работ, у которых содержится индекс работы (табл. 2.13).

*Второй этап. Определение раннего времени начала и раннего времени окончания работ.* Определение раннего времени начала и раннего окончания работ, т.е. заполнение соответствующих граф таблицы должно производиться одновременно, т.к. время начала одних работ зависит от времени окончания других. При заполнении таблицы необходимо соблюдать следующие правила:

- раннее время окончания рассматриваемой работы равно раннему времени ее начала плюс продолжительность работы;
- раннее время начала выполнения работы равно 0, если данной работе непосредственно не предшествует ни одна из работ сетевой модели, или равно максимальному раннему времени окончания среди всех непосредственно предшествующих работ.

*Третий этап. Определение позднего времени окончания и позднего времени начала работ.* Определение позднего времени окончания и позднего времени начала работ также должно осуществляться одновременно, т.к. время начала одних работ зависит от времени окончания других. Заполнение соответствующих граф таблицы производится от конца сетевой модели к ее началу, т.е. снизу вверх. При этом необходимо соблюдать следующие правила:

- позднее время начала рассматриваемой работы равно позднему времени ее окончания минус продолжительность работы;
- позднее время окончания работы равно продолжительности критического пути, если за данной работой нет ни одной непосред-

ственно следующей работы, или равно минимальному позднему времени начала всех непосредственно следующих работ.

*Четвертый этап. Определение общего (полного) резерва времени выполнения работы.* Общий резерв времени определяется как разность значений ее позднего и раннего времени окончания, либо как разность значений ее позднего и раннего начала.

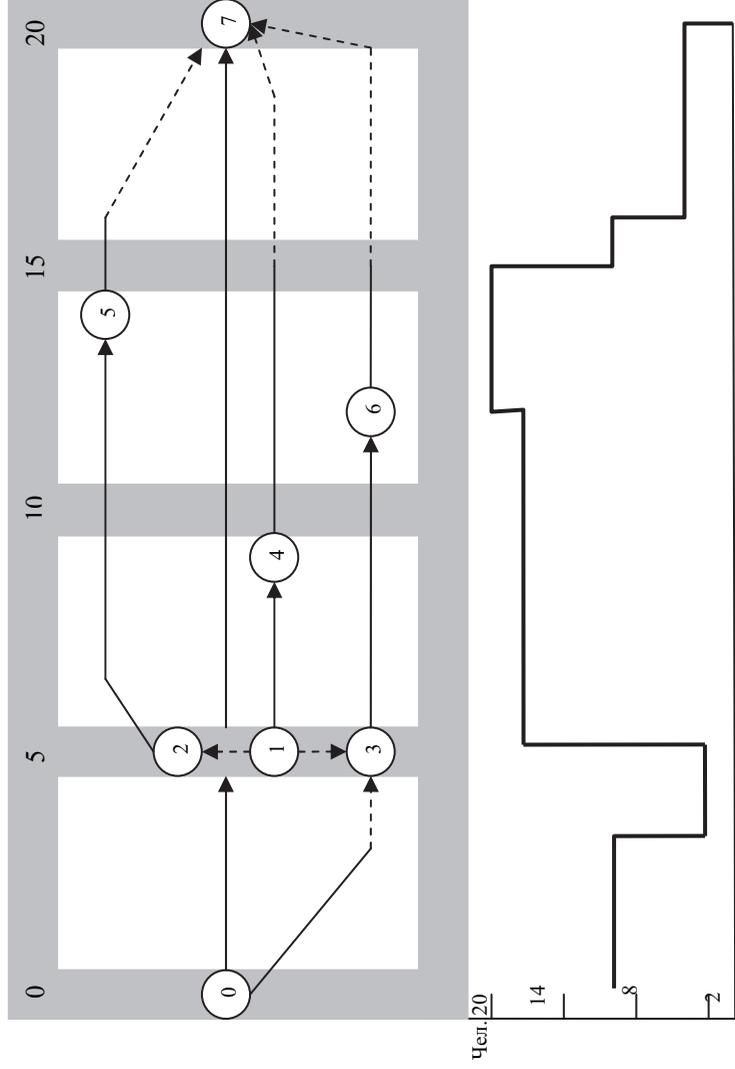
*Пятый этап. Определение частного (свободного) резерва времени выполнения работы.* Частный резерв времени определяется как разность между значением раннего времени начала любой из непосредственно следующих за ней работ и суммой раннего времени начала работы и ее продолжительности.

Т а б л и ц а 2.13

Расчет параметров сетевого графика табличным способом

Код работы i-j	Код непоср. предш. работы	Код непоср. след. работы	Продолжительность работы	Ранние		Поздние		Частный резерв времени г	Общий резерв времени R
				$t^{p.n}$	$t^{p.o}$	$t^{n.n}$	$t^{n.o}$		
0-1	-	1-4	5	0	5	0	5	0	0
0-2	-	2-5, 2-7	2	0	2	3	5	3	3
0-3	-	3-6	3	0	3	7	10	2	7
1-2	0-1	2-5, 2-7	0	5	5	5	5	0	0
1-3	0-1	0-1	0	5	5	10	10	0	5
1-4	0-1	4-7	4	5	9	10	14	0	5
2-5	0-2	5-7	9	5	14	9	18	0	4
2-7	0-2	-	15	5	20	5	20	0	0
3-6	0-3	6-7	7	5	12	10	17	0	5
4-7	1-4	-	6	9	15	14	20	5	5
5-7	2-5	-	2	14	16	18	20	4	4
6-7	3-6	-	3	12	15	17	20	5	5

Критический путь образуют работы **0 – 1 – 2 – 7** - общей продолжительностью работ 20 ед. времени. На подкритическом пути находятся работы **0 - 1 - 4 - 7** с продолжительностью работ 15 ед. времени. Далее строим сетевой график в масштабе времени.



2.19. Сетевой график в масштабе времени и диаграмма потребности в трудовых ресурсах

Примечание: численность рабочих в звеньях по каждому виду работ принято по 5 чел.

## 2.8. Расчет сетевого графика в MS Excel

Еще совсем недавно расчет сроков строительства, потребности в персонале и материалах, а затем их графическая визуализация осуществлялась обычно в ручном режиме. Для сравнительно небольших объемов работ, это несложная задача. В случае выполнения сложного проекта, насчитывающего несколько объектов, работы на которых выполняются одновременно или объектов, включающих в себя взаимную увязку десятков поставщиков и субподрядных организаций, а также проектов, насчитывающих значительный перечень работ (более пятидесяти) без применения специальных расчетных программ не обойтись.

Методология применения средств программного обеспечения для разработки сетевых графиков достаточно хорошо проработана и широко освещена в научной литературе. Но, в то же время, количество таких программных продуктов ограничено как самостоятельный продукт, т.к. они обычно являются частью корпоративных информационных систем крупных компаний. Наиболее доступными и универсальными программными комплексами, позволяющие эффективно решать задачи планирования и управления ресурсами, являются Microsoft Project и Spider Project. Однако данные программные продукты имеют достаточно высокую стоимость, требуют специальных навыков работы с ними и больше подходят для крупных организаций, осуществляющих значительные проекты.

Существует множество вспомогательных программ, призванных автоматически рассчитывать и строить график производства работ, например, календарный план, рассчитанный с помощью Microsoft Office Project 2010 Professional. Однако у каждой специализированной программы есть свои недостатки. Одна не учитывает возможности сменной работы, другая без написания макросов не согласуется с расчетом материалов и т. д.

При планировании комплекса работ в несколько десятков операций вполне можно ограничиться использованием средств широко распространенного редактора электронных таблиц MS Excel.

У этой программы есть масса преимуществ, она является частью стандартного пакета MS Office, она проста и наглядна.

Методику разработки сетевого графика в MS Excel рассмотрим на примере. Исходные данные представлены на рис. 2.20.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
№ п/п	Наименование работ	Ф.л. изм	Объем работ	Трудоёмкость на ед. изм., чел.ч	Трудоёмкость на объем работы, чел.ч	Трудозатраты чел.дн	Число исполнителей	Продолжит. дней	Принятая продолжит. дней
1									
2	1 Срезка растительного слоя	1000 м²	1,49	0,38	0,57	0,07	1	0,07	1
2	Разработка грунта в котлованах объемом до 500 м³ экскаватором с вместимостью ковша 0,4 м³. Грунт II группа II								
3		1000 м³	0,91	43,66	39,73	4,97	1	4,97	5
4	3 Разработка грунта вручную в котловане	100 м³	0,47	110,09	51,74	6,47	3	2,16	2
5	4 Устройство песчаного основания	1 м³	61,41	2,30	141,24	17,66	6	2,94	3
6	5 Монтаж фундаментных плит и блоков	100 шт.	2,76	134,31	370,70	46,34	4	11,58	12
7	Кладка наружных стен из силикатного кирпича	1 м³	283,00	5,40	1528,20	191,03	6	31,84	32
8	Кладка внутренних стен из силикатного кирпича	1 м³	108,00	5,21	562,68	70,34	3	23,45	24
9	Кладка перегородок из силикатного кирпича толщиной в 1/2 кирпича	100 м²	1,47	143,99	211,67	26,46	3	8,82	9
36	Наружная теплоизоляция из минераловатных плит с тонкой штукатуркой	100 м²	6,61	753,07	4977,79	622,22	12	51,85	52
11	37 Устройство обделок на фасаде	100 м²	8,40	4,90	41,16	5,15	2	2,57	3
12	38 Устройство желобов водосточных	100 п.м	0,70	84,75	59,33	7,42	2	3,71	4
13	39 Устройство отмости	100 м²	0,92	34,90	32,09	4,01	2	2,01	2
14	<b>Всего</b>			<b>1792,44</b>					
15	40 Работы по благоустройству	5%	0,05	1792,44	89,62	11,20	2	5,60	6
16									
4.7									

Рис. 2.20. Скриншот исходных данных (фрагмент) из таблицы Excel

Прежде всего, необходимо рассчитать сроки по ранним началам и ранним окончаниям работ, а также по поздним началам и поздним окончаниям работ.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	№	Ранние	Продолжит	Ранние	Номера работ																				
2		начала	работы в	окончания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
3					Ранние окончания работ / недели																				
4	работ	работ	неделях	работ	4	9	13	14	17	19	21	23	29	31	33	35	37	38	39	41	42	43	45	48	49
5	1	0	4	4																					
6	2	4	5	9	4																				
7	3	9	5	14		9																			
8	4	14	5	19				14																	
9	5	19	4	23						19															
10	6	23	6	29								23													
11	7	29	2	31									29												
12	8	31	2	33										31											
13	9	33	2	35											31										
14	10	35	3	38												33									
15	11	31	2	33													35								
16	12	33	2	35											31										
17	13	35	2	37												33									
18	14	37	2	39													35								
19	15	39	3	42														37							
--	--	--	--	--															--	39					

Рис. 2.22. Скриншот фрагмента ранних свершений работ

В ячейку B5 записывается значение «0» - начало отсчета, в ячейку C5 – продолжительность работы и в D5 – ранний срок окончания работы. Для того, чтобы определить максимальное значение возможных сроков начала работ, начиная с работы № 2 с учетом ранних сроков окончания работ E6-V6, в ячейку B6 вносится формула: =МАКС(E6:V6). Затем данная формула копируется до конца области, отображающей перечень работ (B20).

В ячейку D6 вносится формула =B6+C6, которая затем копируется во все ячейки области «Ранние окончания работ» (D6- D20). Полученные в этих ячейках значения необходимо продублировать в области ячеек E4 – V4. В ячейке D по окончании перечня работ будет получено значение срока окончания работ, которая и будет определять продолжительность строительства.

Расчет поздних сроков начала и окончания работ ведется с помощью матрицы поздних сроков свершения работ аналогичным способом. При этом следует помнить, что расчет ведется в обратном направлении. В последней ячейке столбца D записывается ссылка на срок свершения всех работ (продолжительности строительства).

Разность между поздним и ранним сроком начала или окончания работы определяет резерв времени, т.е. время, на которое можно задержать ее окончание не вызвав задержку срока выполнения всего комплекса работ.

Построение графика производства работ, рассчитанного с помощью MS Excel обычно сводится к построению ленточного графика или представляется в табличном варианте (Рис. 2.23)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	№	Шифр работы	Непосредств. предшеств. работа	Непосредств. следущ. работа	Продолжит. работы	Раннее начало	Раннее окончание	Позднее начало	Позднее окончание	Частный резерв времени	Общий резерв времени
1	п/п										
2	1	0-1		1-4	5	0	5	0	5	0	0
3	2	0-2		2-5	2	0	2	3	5	3	3
4	3	0-3		2-7	3	0	3	7	10	2	7
5	4	1-2	0-1	3-6	0	5	5	5	5	0	0
6	5	1-3	0-1	2-5; 2-7	0	5	5	10	10	0	5
7	6	1-4	0-1	1-4	4	5	9	10	14	0	5
8	7	2-5	0-2	5-7	9	5	14	9	18	0	4
9	8	2-7	0-2		15	5	20	5	20	0	0
10	9	3-6	0-3	6-7	7	5	12	10	17	0	5
11	10	4-7	1-4		6	9	15	14	20	5	5
12	11	5-7	2-5		2	14	16	18	20	4	4
13	12	6-7	3-6		3	12	15	17	20	5	5

Рис. 2.23. График работ, рассчитанный в MS Excel

Математической основой методов сетевого планирования и управления является отражение производственного процесса (т.е. последовательности выполнения работ) в виде сетевого графика, который представляет собой специфический вид взвешенного графа, а также определенной совокупности расчетных методов.

Мы уже отмечали, что исходным материалом для сетевого планирования служит список работ с указанием их взаимной последовательности, обусловленности возможного начала одних работ завершением других (опорой одних работ на другие) и продолжительностью выполнения каждой работы.

В случае трехпараметрической модели приводится предположительная продолжительность работы в наиболее благоприятных условиях (оптимистический вариант), в наименее благоприятных условиях (пессимистический вариант) и наиболее вероятная продолжительность работы (среднестатистический вариант, нормальный вариант).

Основными задачами сетевого планирования являются:

- построение сетевого графика и расчет его временных характеристик (метод критического пути);
- расчет вероятностных показателей для трехпараметрической или двухпараметрической сетевой модели;
- оптимизация стоимости выполнения проекта.

Практически первая задача нами рассмотрена, решение последующих задач рассмотрим на модельных примерах.

## 2.9. Задачи метода критического пути

К задачам метода критического пути относятся: построение сетевого графика; расчет ранних и более поздних сроков наступления событий; определение критического пути; нахождение резервов времени и коэффициента напряженности некритических дуг. Решение задачи рассмотрим по данным табл. 2.14.

Т а б л и ц а 2.14

Исходные данные к задаче

Код работы	Продолжительность работы	Предшествующие работы
0-1	3	-
0-3	4	-
0-4	5	-
1-2	3	0-1
2-5	4	1-2
5-7	6	2-5; 3-5
2-7	4	1-2
7-8	4	2-7; 5-7
3-5	4	0-3
5-8	7	3-5; 2-5
3-4	4	0-3
4-6	6	0-4; 3-4
5-6	3	2-5; 3-5
6-8	8	5-6; 4-6

В начале, определяются ранние сроки наступления событий, максимум принимается по всем событиям  $j$ , непосредственно предшествующим событию  $i$ . Начальному событию присваивается индекс  $T_p(0)=0$ . Расчет ранних событий выполняется аналитическим, графическим или табличным способом (в нашем случае – аналитическим и графическим способом).

$$T_p(1) = T_p(0) + t_{0-1} = 0 + 3 = 3;$$

$$T_p(2) = T_p(1) + t_{1-2} = 3 + 3 = 6;$$

$$T_p(3) = T_p(0) + t_{0-3} = 0 + 4 = 4;$$

$T_p(4) = T_p(0) + t_{0-4} = 0 + 5 = 5$  или  $T_p(4) = T_p(3) + t_{3-4} = 4 + 4 = 8$ ;  
принимаем  $T_p(4) = 8$ .

$T_p(5) = T_p(2) + t_{2-5} = 6 + 4 = 10$  или  $T_p(5) = T_p(3) + t_{3-5} = 4 + 4 = 8$ ;  
принимаем  $T_p(5) = 10$ .

$$T_p(6) = T_p(5) + t_{5-6} = 10 + 3 = 13 \text{ или } T_p(6) = T_p(4) + t_{4-6} = 8 + 6 = 14;$$

принимаем  $T_p(6) = 14$ .

$T_p(7) = T_p(2) + t_{2-7} = 6 + 4 = 10$  или  $T_p(7) = T_p(5) + t_{5-7} = 10 + 6 = 16$ ;  
принимаем  $T_p(7) = 16$ .

$T_p(8) = T_p(7) + t_{7-8} = 16 + 4 = 20$ ,  $T_p(8) = T_p(5) + t_{5-8} = 10 + 7 = 17$ ,

$T_p(8) = T_p(6) + t_{6-8} = 14 + 8 = 22$ .

Принимаем  $T_p(8) = 22$ . Таким образом, критическое время  $T_{кр} = 22$ .

Конечному событию присваивается наиболее поздний срок исполнения событий, принимаемый  $T_{п}(8) = T_{кр} = 22$ , за минимум принимается по всем событиям  $j$ , непосредственно следующим за событием  $i$ . Тогда:

$T_{п}(7) = T_{п}(8) - t_{7-8} = 22 - 4 = 18$ ;

$T_{п}(6) = T_{п}(8) - t_{6-8} = 22 - 8 = 14$ ;

$T_{п}(6) = T_{п}(8) - t_{6-8} = 22 - 8 = 14$ ;

$T_{п}(5) = T_{п}(8) - t_{5-8} = 22 - 7 = 15$ ;  $T_{п}(5) = T_{п}(6) - t_{5-6} = 14 - 3 = 11$ ; и

$T_{п}(5) = T_{п}(7) - t_{5-7} = 18 - 6 = 12$ ; принимаем  $T_{п}(5) = 11$ .

$T_{п}(4) = T_{п}(6) - t_{4-6} = 14 - 6 = 8$ ;

$T_{п}(3) = T_{п}(5) - t_{3-5} = 11 - 4 = 7$ ;  $T_{п}(3) = T_{п}(4) - t_{3-4} = 8 - 4 = 4$ ;

принимаем  $T_{п}(3) = 4$ .

$T_{п}(2) = T_{п}(7) - t_{2-7} = 18 - 4 = 14$ ;  $T_{п}(2) = T_{п}(5) - t_{2-5} = 11 - 4 = 7$ ;

принимаем  $T_{п}(2) = 7$ .

$T_{п}(1) = T_{п}(2) - t_{1-2} = 7 - 3 = 4$ ;

$T_{п}(0) = T_{п}(1) - t_{0-1} = 4 - 3 = 1$ ;  $T_{п}(0) = T_{п}(3) - t_{0-3} = 4 - 4 = 0$ ;

Следовательно,  $\min T_{п}(0) = 0$ . Далее, для наглядности строим сетевой график графическим способом.

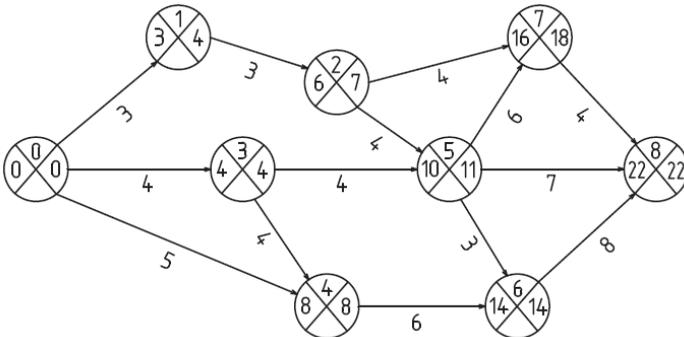


Рис. 2.24. Структурный сетевой график

Резервы времени событий найдены по формуле:  $R(i) = T_{п}(i) - T_p(i)$  (табл. 2.15). Результаты временных характеристик выполненных расчетов отражены в табл. 2.16.

Т а б л и ц а 2.15

## Резерв времени событий

Событие	Ранний срок $T_p(i)$	Поздний срок $T_n(i)$	Резерв времени $R(i)$
0*	0	0	0
1	3	4	1
2	6	7	1
3*	4	4	0
4*	8	8	0
5	10	11	1
6*	14	14	0
7	16	18	2
8*	22	22	0

Т а б л и ц а 2.16

## Временные характеристики сетевого графика

Код работы i-j	Продолж. работы $t_{i-j}$	Раннее начало $t_{i-j}^{p.n}$	Позднее окончание $t_{i-j}^{n.o}$	Частный резерв времени r	Общий резерв времени R
0-1	3	3	4	0	1
0-3	4	4	4	<b>0</b>	<b>0</b>
0-4	5	8	8	3	3
1-2	3	6	7	0	1
2-5	4	10	11	<b>0</b>	<b>0</b>
5-7	6	16	18	0	2
2-7	4	16	18	6	8
7-8	4	22	22	2	2
3-5	4	10	11	2	3
5-8	7	22	22	5	5
3-4	4	8	8	<b>0</b>	<b>0</b>
4-6	6	14	14	<b>0</b>	<b>0</b>
5-6	3	14	14	1	1
6-8	8	22	22	<b>0</b>	<b>0</b>

Резерв времени некритической дуги  $b$  находим как разность между длиной замыкающего критического участка  $a$  и длиной самой некритической дуги:

$$R(b) = a - b.$$

Коэффициент напряженности не критической дуги определим как

$$N(b) = \frac{b}{a} = 1 - \frac{R(b)}{a}$$

Дуги, коэффициент напряженности которых  $N(b) > 0,8$  составляют критическую зону, дуги с коэффициентом напряженности  $0,6 \leq N(b) \leq 0,8$  образуют подкритичную зону, а дуги с коэффициентом  $N(b) < 0,6$  создают резервную зону.

Критический путь проходит через события с нулевым резервом времени  $0 - 3 - 4 - 6 - 8 = 4 + 4 + 6 + 8 = 22$  ед. времени.

В нашем случае в критическую зону попадает критический путь, а также дуги  $0-1-2-5-6$ ;  $0-1-2-5-7-8$  и  $0-4-6$ . Они быстрее всего могут перейти на критический путь. В подкритической зоне находятся дуги  $0-1-2-7-8$ ;  $0-1-2-5-8$  и  $0-3-5-6$ . Дуга  $0-3-5-8$  образует резервную зону.

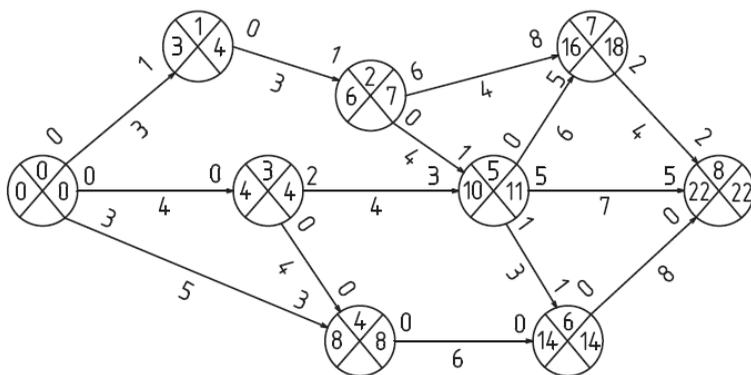


Рис. 2.25. Сетевой график

Т а б л и ц а 2.17

Резервы времени и коэффициенты напряженности не критических дуг

Некритические дуги	a	b	Резерв времени $R(b) = a - b$ .	$N(b)$
0-1-2-5-6	14	13	1	$\approx 0,93$
0-1-2-5-7-8	22	20	2	$\approx 0,91$
0-1-2-7-8	22	14	8	$\approx 0,64$
0-1-2-5-8	22	14	8	$\approx 0,64$
0-3-5-6	10	7	3	$\approx 0,70$
0-4-6	6	5	1	$\approx 0,83$
0-3-5-8	18	8	10	$\approx 0,44$

## 2.10. Вероятностные характеристики сетевых планов

Сетевое планирование и управление основано на построении графической модели определенного комплекса работ, отражающего их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность, с последующей оптимизацией разработанного графика и его параметров. Существуют различные классификации типов сетевых моделей. В зависимости от наличия вероятностных элементов сетевые модели могут иметь детерминированную, стохастическую (случайную) и смешанную структуру.

В *детерминированных моделях* все работы, их взаимосвязи, продолжительность и требования к ожидаемым конечным результатам работ строго определены. Продолжительность работ при этом устанавливается (принимается) по нормативным и другим регламентирующим документам (ГЭСН, ЕНиР и др.). Для детерминированных моделей целесообразно использовать аналитический, графический или табличный способы определения временных характеристик.

В том случае, если работы включены с некоторой вероятностью, то структура сетевой модели носит *случайный* (стохастический) характер. Оценка временных характеристик осуществляется методами теории вероятностей и математической статистики.

*Смешанные* модели содержат как детерминированные, так и случайные события (работы, процессы).

Сети бывают также одно-и многоцелевые. К одноцелевым моделям относят сети, планирование которых направлено на достижение одной цели. Для многоцелевых сетей характерно наличие нескольких целей достижения. Основным недостатком является определенная трудность их математического описания.

Известно, что наиболее распространенным законом распределения случайной величины является нормальный, для описания которого достаточно знание лишь двух его характеристик: математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение

Вероятность того, что время выполнения какой-либо работы находится внутри интервала  $[t_{\min}; t_{\max}]$ , равно 0,9973.

$t_{\min}$  - минимально необходимое время для выполнения работы при наиболее благоприятном стечении обстоятельств (оптимистическая оценка);

$t_{\max}$  - максимально необходимое время для выполнения работы при наиболее неблагоприятном стечении обстоятельств (пессимистическая оценка);

$t$  - наиболее вероятное время выполнения работы, при нормальных и часто встречающихся условиях.

При нормально распределенной случайной величине, абсолютная величина ее отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднеквадратического отклонения.

Другими словами, вероятность того, что абсолютная величина отклонения превысит утроенное среднеквадратическое отклонение, очень мала, и составляет 0,0027. Т.е. в 0,27% случаев так может произойти, поэтому их называют практически недостоверными.

Многочисленные исследования сетевого планирования отмечают наличие асимметрии в оценке ожидаемого времени выполнения работ, т.е. имеется его смещение при математической оценке. Для оценки такого смещения используют зависимости для математического ожидания и дисперсии.

Для трехпараметрической модели ожидаемую продолжительность работ ( $t_{оож}$ ) и дисперсию ( $\sigma$ ) определяют по формулам:

$$t_{оож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t + t_{\max}}{6}; \quad \sigma = \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{6}.$$

Для двухпараметрической модели, соответственно:

$$t_{оож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}; \quad \sigma = \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{5}$$

Для оценки разбросов между двумя видами оценок приравняем две дисперсии:

$$\left[ \frac{t_{\max} - t_{\min}}{5} \right]^2 - \left[ \frac{t_{\max} - t_{\min}}{6} \right]^2 = \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{25} - \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{36} = \frac{11}{900} \approx 0,012$$

То есть, расхождение не превышает 12%, в практических расчетах это не такая уж и существенная величина. А это означает что в практике возможно использование обеих оценок.

Анализ сетевого графика производится с целью сокращения критического пути, затрат ресурсов и уменьшения ненужных резервов времени. Анализ также позволяет оценить целесообразность структуры графика, определить степень сложности выполнения каждой работы, вероятность наступления событий в заданный (директивный) срок, загрузку исполнителей работ на всех этапах выполнения проекта.

Степень сложности работ можно определить с помощью коэффициента напряженности работ:

$$k_u = \frac{t_{\max} - t_{кр}^*}{T_{кр} - t_{кр}^*}$$

Где,  $t_{\max}$  продолжительность максимального пути, проходящего через данную работу;  $t_{кр}^*$  - продолжительность отрезка максимального пути, совпадающего с критическим путем;  $T_{кр}$  – продолжительность критического пути.

*Пример:* Для трехпараметрической модели найти ожидаемое время выполнения проекта, определить вероятность выполнения проекта не позднее заданного срока  $T=22$  ед.времени, найти интервал гарантированного времени выполнения проекта с вероятностью  $P=0,9973$ .

*Решение*

Сначала необходимо выполнить расчет графика по детерминированным временным оценкам одним из любых способов.

Т а б л и ц а 2.18

Расчет сетевого графика по детерминированным временным оценкам

Код работы i-j	Продолж. работы $t_{i-j}$	Раннее начало $t_{i-j}^{p.n}$	Позднее окончание $t_{i-j}^{n.o}$	Частный резерв времени r	Общий резерв времени R
0-1	3	3	4	0	1
0-3	4	4	4	<b>0</b>	<b>0</b>
0-4	5	8	8	3	3
1-2	3	6	7	0	1
2-5	4	10	11	<b>0</b>	<b>0</b>
5-7	6	16	18	0	2
2-7	4	16	18	6	8
7-8	4	22	22	2	2
3-5	4	10	11	2	3
5-8	7	22	22	5	5
3-4	4	8	8	<b>0</b>	<b>0</b>
4-6	6	14	14	<b>0</b>	<b>0</b>
5-6	3	14	14	1	1
6-8	8	22	22	<b>0</b>	<b>0</b>

Далее строим сетевую модель по детерминированным параметрам:

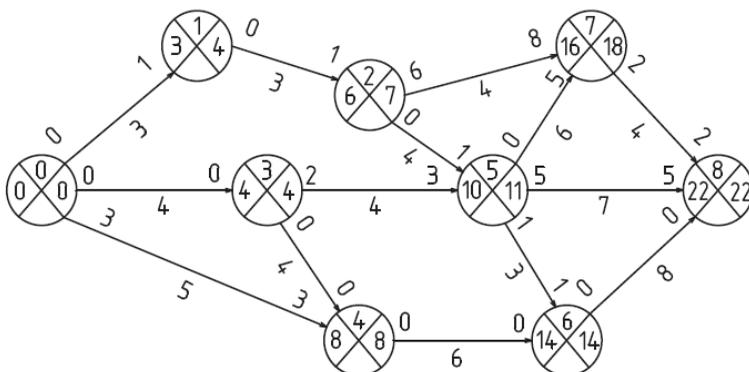


Рис. 2.26 Сетевая модель к примеру расчета

Для трехпараметрической модели ожидаемую продолжительность работ ( $t_{ож}$ ) и дисперсию ( $\sigma$ ) определяют по формулам:

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t + t_{\max}}{6}; \quad \sigma = \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{6}.$$

Значения  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  задаются. Исходные временные оценки и рассчитанные на их основе величины приведены в табл. 2.19.

Т а б л и ц а 2.19

Данные для расчета вероятностной сетевой модели

Код работы	$t$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{ож}$	$\sigma^2$
0-1	3	2	4	3	0,67
0-3	4	3	6	4,17	1,5
0-4	5	4	8	5,17	2,67
1-2	3	2	6	3,33	2,67
2-5	4	2	8	4,33	6
5-7	6	3	9	6	6
2-7	4	2	7	4,17	4,17
7-8	4	2	7	4,17	4,17
3-5	4	2	7	4,17	4,17
5-8	7	5	10	7,17	4,17
3-4	4	2	7	4,17	4,17
4-6	6	4	10	6,33	6
5-6	3	2	5	3,17	1,5
6-8	8	5	12	8,17	8,17

$$t_{ож}^{0-1} = \frac{2+4 \cdot 3+4}{6} = 3; \quad t_{ож}^{0-3} = \frac{3+4 \cdot 4+6}{6} = 4,17;$$

$$t_{ож}^{0-4} = \frac{3+4 \cdot 5+8}{6} = 5,17; \quad t_{ож}^{1-2} = \frac{2+4 \cdot 3+6}{6} = 3,33; \text{ и т.д.}$$

Аналогично выполняется расчет и для двухпараметрической модели, она несколько проще, но дает и менее точные оценки.

Далее необходимо выполнить расчет сетевого графика, используя оценки ожидаемой длительности работ  $t_{ож}$ .

Т а б л и ц а 2.20

Расчет сетевого графика по ожидаемым длительностям работ

Код работы i-j	$t_{ож}$	Раннее начало $t_{i-j}^{p,n}$	Позднее окончание $t_{i-j}^{n,o}$	Частный резерв времени r	Общий резерв времени R
0-1	3	3	3,84	0	0,84
0-3	4,17	4,17	4,17	<b>0</b>	<b>0</b>
0-4	5,17	8,34	8,34	3,17	3,17
1-2	3,33	6,33	7,17	0	0,84
2-5	4,33	10,66	11,5	0	0,84
5-7	6	16,66	18,67	0	2
2-7	4,17	16,66	18,67	6,16	8,17
7-8	4,17	22,84	22,84	2	2
3-5	4,17	10,66	11,5	2,32	3,16
5-8	7,17	22,84	22,84	5	5
3-4	4,17	8,34	8,34	<b>0</b>	<b>0</b>
4-6	6,33	14,67	14,67	<b>0</b>	<b>0</b>
5-6	3,17	14,67	14,67	0,84	0,84
6-8	8,17	22,84	22,84	<b>0</b>	<b>0</b>

На критическом пути лежат работы 0-3-4-6-8.

Дисперсия критического пути составит:

$$\sigma^2 = 1,5+4,17+6+8,17=19,84$$

Среднеквадратическое отклонение критического пути

$$\sigma_{кр} = \sqrt{19,84} = 4,45$$

Найдем вероятность того, что проект будет выполнен не позднее заданного срока  $t=22$  ед. времени (детерминированная продолжительность критического пути). В случае, если дисперсия  $> 0$ , вероятность наступления события в заданный (директивный) срок можно определить с помощью функции Лапласа по формуле:

$$P = 0,5 + \Phi\left(\frac{T_{\text{дир}} - T_{\text{кр}}}{\sigma}\right) = 0,5 + \Phi\left(\frac{22 - 22,84}{4,45}\right) = 0,5 + \Phi(-0,188) = 0,5 - 0,0753 \approx 0,42$$

Где  $T_{\text{дир}}$  - директивный срок наступления завершающего события;

$T_{\text{кр}}$  - срок наступления завершающего события при движении по критическому пути;  $\Phi(x)$  - значение функции Лапласа.

Определив 
$$x = \frac{T_{\text{дир}} - T_{\text{кр}}}{\sigma},$$

и найдя по таблице значение функции Лапласа (Приложение 3), определяем вероятность наступления завершающего события в заданный (директивный) срок. Если значение  $P$  находится в интервале от 0,35 до 0,65, то считается, что разработанная сетевая модель уложится в директивный срок. Таким образом, проведенный анализ надежности сетевой модели показывает, что выполнение рассматриваемого проекта за 22 ед. времени вполне вероятно.

Найдем интервал гарантированного времени выполнения проекта, для этого воспользуемся правилом «трех сигм»:

$$3 \cdot \sigma_{\text{кр}} = 3 \cdot 4,45 = 13,35$$

т.е. вероятность почти 0,9973, что проект будет выполнен  $22,84 \pm 13,35$  ед. времени.

$$P(9,49 \leq t_{\text{кр}} \leq 36,19) = P(t_{\text{кр}} - 22) \leq 13,35 \approx 0,9973$$

Более точное значение:

$$P(9,49 \leq t_{\text{кр}} \leq 36,19) = 2\Phi\left(\frac{13,35}{4,45}\right) = 2\Phi(3,0) = 2 \cdot 0,49865 = 0,9973$$

$$P(t_{\text{кр}} \leq 36,19) = 0,5 + \Phi\left(\frac{36,19 - 22,84}{4,45}\right) = 0,5 + \Phi(3,0) = 0,5 + 0,49865 = 0,99865$$

Следовательно, можно с большой долей уверенности гарантировать, что срок выполнения проекта не превысит 36 ед. времени.

Подсчитаем резервы времени и коэффициенты напряженности не критических дуг.

Дуги, коэффициент напряженности которых  $N(b) > 0,8$  составляют критическую зону, дуги с коэффициентом напряженности  $0,6 \leq N(b) \leq 0,8$  образуют подкритичную зону, а дуги с коэффициентом  $N(b) < 0,6$  создают резервную зону.

В нашем случае в критическую зону попадает критический путь, а также дуги 0-1-2-5-6; 0-1-2-5-7-8 и 0-4-6. Они быстрее всего могут перейти на критический путь. В подкритической зоне нахо-

дятся дуги 0-1-2-7-8; 0-1-2-5-8 и 0-3-5-6. Дуга 0-3-5-8 образует резервную зону (табл. 2.21).

Т а б л и ц а 2.21

Резервы времени и коэффициенты напряженности не критических дуг

Некритические дуги	a	b	Резерв времени $R(b) = a - b.$	$N(b)$
0-1-2-5-6	14,67	13,83	0,84	$\approx 0,94$
0-1-2-5-7-8	22,84	20,84	2	$\approx 0,91$
0-1-2-7-8	22,84	14,67	8,17	$\approx 0,64$
0-1-2-5-8	22,84	1,674	8,17	$\approx 0,64$
0-3-5-6	11,51	8,17	3,34	$\approx 0,71$
0-4-6	6,33	5,17	1,16	$\approx 0,82$
0-3-5-8	15,51	8,40	7,11	$\approx 0,54$

Рассмотрим самую напряженную некритическую дугу 0-1-2-5-6, ее коэффициент напряженности 0,94. Найдем ее среднеквадратическое отклонение (табл.2.19).

$$\sigma_{0-1-2-5-6}^2 = 0,67 + 2,67 + 6 + 1,5 = 10,84$$

$$\sigma_{0-1-2-5-6} = \sqrt{10,84} = 3,29$$

Среднеквадратическое отклонение данной дуги (3,29) меньше среднеквадратического отклонения критического пути (4,45). Значит ожидаемое значение этой дуги  $13,83 \pm 3,29$ . А это меньше чем ожидаемое значение критической дуги  $22,84 \pm 4,45$ , на которую эта некритическая дуга опирается.

Несмотря на высокий коэффициент напряженности (0,94) переход на критическую дугу маловероятен.

Если среднеквадратическое отклонение некритической дуги больше среднеквадратического отклонения критической дуги, на которую она опирается, и ожидаемое значение такой дуги с учетом этого отклонения может превысить ожидаемое значение опорной критической дуги, то следует найти вероятностные характеристики критического пути, проходящего через такую дугу. В качестве окончательного варианта выбирают наилучшие показатели альтернативных критических путей.

Если в сетевом графике имеются параллельные критические пути, то выбирают критический путь с наибольшим среднеквадратическим отклонением.

## 2.11. Оптимизация стоимости сетевых проектов

Оптимизацию сетевого проекта в стоимостном выражении рассмотрим на примере. Допустим, необходимо минимизировать стоимость проекта при минимально возможном сроке его исполнения. Стоимость одного дня проекта равна 20 денежным единицам:  $S=20$ . Принимая  $t_{\max}$  продолжительность работы с минимально допустимой интенсивностью, а продолжительность работы с возможно максимальной интенсивностью -  $t_{\min}$ , найти оптимальный по стоимости вариант выполнения проекта.

Т а б л и ц а 2.22

Исходные данные к задаче

Код работы	$t_{\min}$	$t_{\max}$	Стоимость сокращения работы на один день, $s_k$
0-1	2	3	6
0-3	3	4	8
0-4	4	5	10
1-2	2	3	6
2-5	2	4	8
5-7	3	6	6
2-7	2	4	8
7-8	2	4	8
3-5	2	4	8
5-8	5	7	14
3-4	2	4	8
4-6	4	6	12
5-6	2	3	6
6-8	5	8	16

*Решение:*

Графическим способом построим сетевой график для работ с максимальной продолжительностью (рис. 2.27).

Критический путь  $T_{\text{кр}} = 22$  ед. времени. Стоимость проекта  $S(t_{\max}) = 22 \cdot 20 = 440$  денежных единиц.

Рассмотрим возможность сокращения стоимости проекта за счет увеличения интенсивности работ на критическом пути. Найдем резервы некритических дуг.

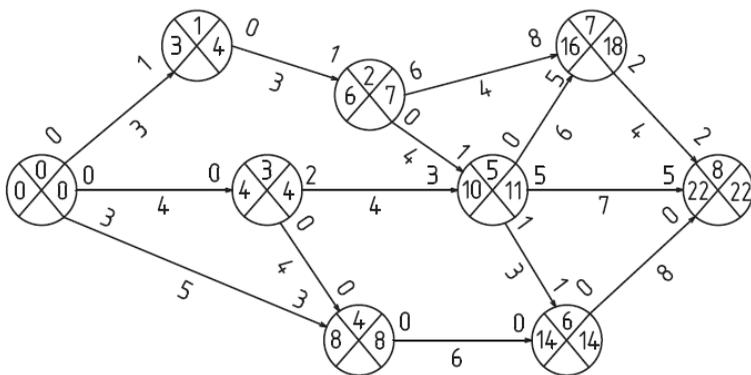


Рис. 2.27. Модель сетевого графика

$$R(3-5-8) = (4+6+8) - (4+7) = 7;$$

$$R(3-5-7-8) = (4+6+8) - (4+6+4) = 4;$$

$$R(0-1-2-5-8) = 22 - (3+3+4+7) = 5;$$

$$R(0-1-2-7-8) = 22 - (3+3+4+4) = 8;$$

$$R(0-1-2-5-7-8) = 22 - (3+3+4+6+4) = 2.$$

Наименьший резерв времени имеет дуга (0-1-2-5-7-8), которая опирается на весь критический путь.

Выполним сокращения работ на **критическом пути**. Обозначим через  $\Delta_k$  величину сокращения стоимости проекта при сокращении продолжительности работы на один день.

$t_k$  - количество дней, на которое можно сократить работу;  $\sum \Delta_k$  - суммарное сокращение стоимости проекта при сокращении продолжительности работы на  $n$  дней.  $\Delta_k = S - S_k$ , где  $S$  - стоимость одного дня проекта,  $S_k$  - стоимость сокращения продолжительности данной работы на один день. Если  $\Delta_k < 0$ , то стоимость проекта возрастает. В нашем примере  $S=20$  ден. единиц.

Т а б л и ц а 2.23

Подсчет параметров сокращения стоимости проекта

Код работы	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$S_k$	$\Delta_k = S - S_k$	Принимаем $t_{\max}$	$\sum \Delta_k = \Delta_k \cdot t_{\max}$
0-3	4	3	8	20-8=12	4-3=1	12·1=12
3-4	4	2	8	20-8=12	4-2=2	12·2=24
4-6	6	4	12	20-12=8	6-4=2	8·2=16
6-8	8	5	1	20-16=4	-	-

Выгоднее всего оптимизировать работу 3-4 и 0-3, т.к. каждый день сокращения ее продолжительности снижает стоимость проекта на 12 денежных единиц. Но продолжительность данных работ может быть сокращена до их минимума (2 и 3 ед. времени). Принимаем окончательно сокращение работы 3-4 на 2 ед. времени.

Общее сокращение стоимости проекта составит 24 денежных единиц. В результате новый критический путь уменьшится на одну единицу времени и составит  $0-3-4-6-8 = 21$  ед. времени. Продолжим рассмотрение резервов времени не критических дуг.

$$R(0-1-2-5-8) = 21 - (3+3+4+7) = 4;$$

$$R(0-1-2-7-8) = 21 - (3+3+4+6+4) = 1;$$

$$R(3-5-8) = 8 - (4+3) = 1;$$

Сократив работу 6-8 на две ед. времени, до 6 и проанализировав модель сетевого графика, можно прийти к выводу, что сокращение продолжительности работы входящей в критический путь, приведет к образованию нового критического пути  $0-1-2-5-7-8$ . Данное сокращение приведет к общему уменьшению продолжительности строительства объекта до 20 единиц времени, при общем сокращении затрат на 48 денежных единиц. Таким образом, получен оптимальный по стоимости вариант выполнения проекта  $440 - 48 = 392$  денежных единиц и минимальный срок его выполнения 20 единиц времени.

Т а б л и ц а 2.24

Подсчет параметров сокращения стоимости скорректированного проекта

Код работы	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$S_k$	$\Delta_k = S - S_k$	Принимаем $t_{\max}$	$\sum \Delta_k = \Delta_k \cdot t_{\max}$
0-1	3	2	6	$20-6=14$	2	$14 \cdot 2=28$
1-2	3	2	6	$20-6=14$	2	$14 \cdot 2=28$
2-5	4	2	8	$20-8=12$	2	$12 \cdot 2=24$
5-6	3	2	6	$20-6=14$	2	$12 \cdot 2=24$
6-8	8	5	16	$20-16=4$	$8-2=6$	$4 \cdot 6=24$

*Примечание: в том случае, если критических работ окажется две, то дальнейшее уменьшение стоимости проекта возможно при одновременном сокращении параллельных критических путей, т.е. при одновременном сокращении двух работ, одна из которых лежит на первом критическом пути, а другая на втором.*

Эту стоимость можно подсчитать и по-другому:

Из общей стоимости проекта 440 денежных единиц вычесть стоимость затраты на сокращение работ 3-4 на 2 ед. времени и 6-8 тоже на 2 ед. времени:

$$2 \cdot 16 + 2 \cdot 8 = 48 \text{ денежных единиц}$$

$$S(T_{\text{опт}}) = 440 - 48 = 392 \text{ денежных единиц.}$$

В оптимальном варианте резерв времени имеют работы 0-3, 3-4, 3-5, 5-6, 5-8, 2-7 и 0-4.

$$R(5-8) = 20 - 10 - 7 = 3; \quad R(6-8) = 20 - 13 - 6 = 1; \quad R(2-7) = 16 - 6 - 4 = 6;$$

$$R(4-6) = 14 - 6 - 6 = 2; \quad R(3-5) = 10 - 4 - 4 = 2; \quad R(3-4) = 8 - 4 - 2 = 2;$$

$$R(0-3) = 6 - 0 - 4 = 2; \quad R(0-4) = 8 - 0 - 5 = 3.$$

Остальные работы, т.е. лежащие на критическом пути, должны выполняться строго по графику.

*Что произойдет со стоимостью проекта, если все работы будут выполняться с максимальной интенсивностью (с минимальной продолжительностью)?*

Т а б л и ц а 2.25

Исходные данные к задаче

Код работы	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max} - t_{\min}$	$S_k$	$S$
0-1	3	2	1	6	6
0-3	4	3	1	8	8
0-4	5	4	1	10	10
1-2	3	2	1	6	6
2-5	4	2	1	8	8
5-7	6	3	3	6	18
2-7	4	2	2	8	16
7-8	4	2	2	8	16
3-5	4	2	2	8	16
5-8	7	5	2	14	28
3-4	4	2	2	8	16
4-6	6	4	2	12	24
5-6	3	2	2	6	12
6-8	8	5	3	16	48
Итого					232

Стоимость работ, вызванных сокращением сроков строительства, составит 232 денежных единиц. Продолжительность строительства составит 14 единиц времени. А стоимость строительства составит  $440 + 232 = 672$  денежных единиц ( $> 1,5$  раза).

Критический путь **0-3-4-6-8**.

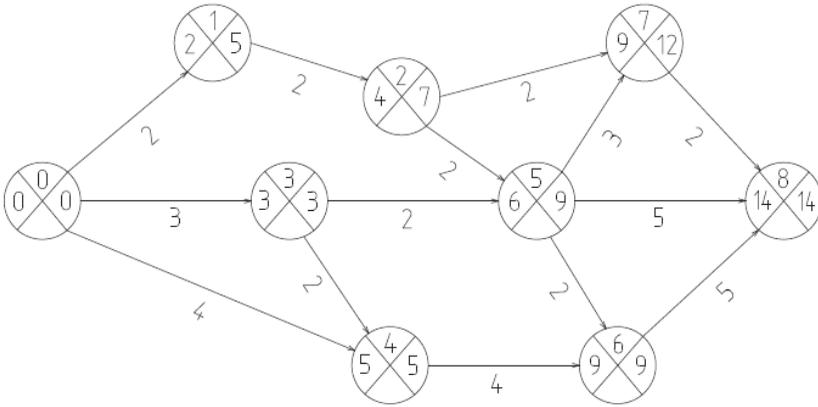


Рис. 2.28. Сетевой график с максимальной интенсивностью работ

Можно уменьшить стоимость проекта, сохранив минимально возможное время его исполнения, если увеличивать продолжительности (т.е. отменять проведенное сокращение) работ, попавших при максимальном сокращении на некритичные дуги, т.е. чтобы как можно больше работ попало на критические пути. В первую очередь при этом следует уменьшать те работы, у которых стоимость сокращения больше.

Рассмотрим возникшие некритичные дуги после максимального сокращения всех работ. Действовать будем так называемым «обратным ходом».

$$R(3-5) = 6 - (2+2) = 2;$$

$$R(3-5-8) = 11 - (2+5) = 4;$$

$$R(0-1-2-5-6) = 9 - (2+2+2+2) = 1;$$

$$R(0-1-2-5-8) = 14 - (2+2+2+5) = 3;$$

$$R(0-1-2-5-7-8) = 14 - (2+2+2+3+2) = 3;$$

$$R(0-1-2-7-8) = 14 - (2+2+2+2) = 6;$$

$$R(0-4) = 5 - 4 = 1.$$

Критическое время должно оставаться минимальным, т.е. равным 14 единицам времени. Это значит, что работы, лежащие на критическом пути, сокращены до минимально возможного предела, и не подлежат дальнейшему сокращению. Продолжительности работ, попавшие на некритичные дуги, следует увеличить (отменить со-

кращение), что позволит тем самым, как можно больше некритических дуг перевести на параллельные критические пути.

При этом необходимо выбирать максимально выгодные комбинации работ, продолжительности которых мы будем одновременно увеличивать. У нас возникло три параллельных некритических пути: 0-1-2-5-8; 0-1-2-7-8 и 0-1-2-5-7-8. Резервы времени этих дуг соответственно три, шесть и три единицы времени. Наименьшие резервы времени у дуг 0-1-2-5-8 и 0-1-2-5-7-8.

Последовательно увеличим продолжительность работ 3-5 до 4 (+2) ед., 5-8 до 7 (+2) ед., тогда дуга будет лежать на критическом пути **0-3-5-7**. Работу 7-8 можно увеличить до 4 (+2) ед., тогда дуга будет лежать на критическом пути **0-3-5-7-8**. Работу 2-7 можно увеличить до 4 (+2) ед. времени. Для того чтобы найти наиболее выгодную комбинацию, необходимо проанализировать возможные варианты увеличения продолжительности работ с помощью данных, представленных в табл. 2. 26.

Т а б л и ц а 2.26.

Увеличение продолжительности работ

Дуга	0-1-2-5-8	0-1-2-5-7-8		0-3-5-8		0-1-2-7-8	
Работа	5-8	5-7	7-8	3-5	5-8	2-7	7-8
$S_k$	2·14=28	3·6=18	2·8=16	2·8=16	2·14=28	1·8=8	2·8=16

Итак, одновременное уменьшение сокращения на один день работ 5-7, 0-1 и 1-2 (все они были сокращены до минимальной продолжительности), даст экономию 20 денежных единиц и к возникновению новых критических путей не приведет.

Уменьшение сокращения работ 3-5 (до 4) и работы 5-8 (до 7) приведет к созданию критического пути 0-3-5-8, экономия при этом составит 44 денежных единиц.

Уменьшение сокращения работ 2-7 и 7-8 также приведет к созданию еще одного критического пути 0-1-2-7-8 и экономии 24 единиц денежных средств.

Далее необходимо рассмотреть оставшиеся некритические работы с учетом вновь возникших критических дуг. Дальнейшее сокращение стоимости проекта при условии выполнения его за 14 единиц времени, возможно, но не будет столь существенным.

Т.о. в результате проведенных действий продолжительность строительства будет уменьшена до 14 единиц времени, а стоимость строительства снижена на 84 денежных единицы.

## 2.12. Диаграмма Ганта

Диаграмма Ганта (*англ. Gantt*), график Ганта, календарный график - популярный тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту. Является одним из методов планирования проектов. График Ганта наглядно показывает технологический процесс и зависимость одной работы от другой в масштабе времени. Единичный отрезок времени назначается по расчетному времени технологического процесса.

Диаграмма Ганта состоит из полос (линий), ориентированных вдоль оси времени. Каждая полоса на диаграмме представляет отдельную задачу в составе проекта (вид работы), её концы – моменты начала и завершения работы, её протяженность – длительность работы. Вертикальной осью диаграммы служит перечень задач. Кроме того, на диаграмме могут быть отмечены совокупные задачи, проценты завершения, указатели последовательности и зависимости работ, метки ключевых моментов (вехи), метка текущего момента времени «Сегодня» и др.

Ключевым понятием диаграммы Ганта является «*Веха*» – метка значимого момента в ходе выполнения работ, общая граница двух или более задач. Вехи позволяют наглядно отобразить необходимость синхронизации, последовательности в выполнении различных работ.

Основная задача графика Ганта – определить резерв времени между некритическими работами.

*Пример:* Задан сетевой график технологического процесса. Построить график Ганта.

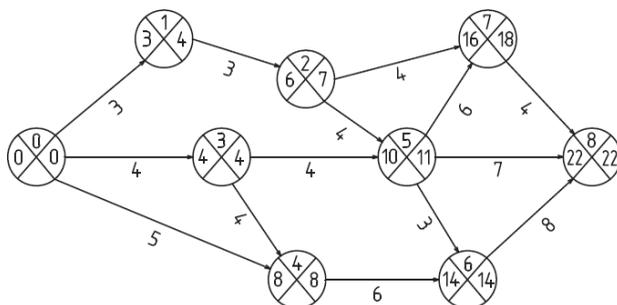


Рис. 2.29 Модель сетевого графика к примеру

Построение диаграммы Ганта начинают с изображения критического пути, затем откладывают работы, не лежащие на критическом пути в масштабе времени в точном соответствии с их технологической взаимосвязью. Резерв времени показывают штрихпунктирной линией. Построение диаграммы Ганта удобно выполнять в MS Excel.

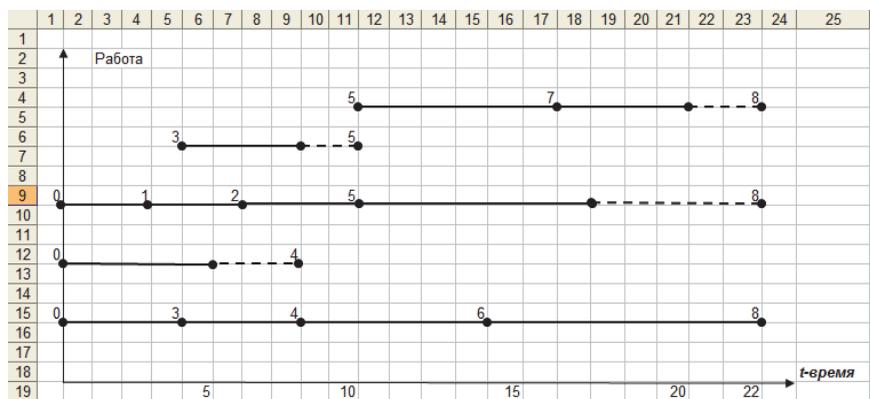


Рис. 2.30. Скриншот диаграммы Ганта

Работы, имеющие резерв времени (0-4, 3-5, 5-8, 7-8) можно передвигать, рассматривая при этом различные варианты управления технологическим процессом. На рис. 2.31 представлен один из возможных вариантов корректировки графика.

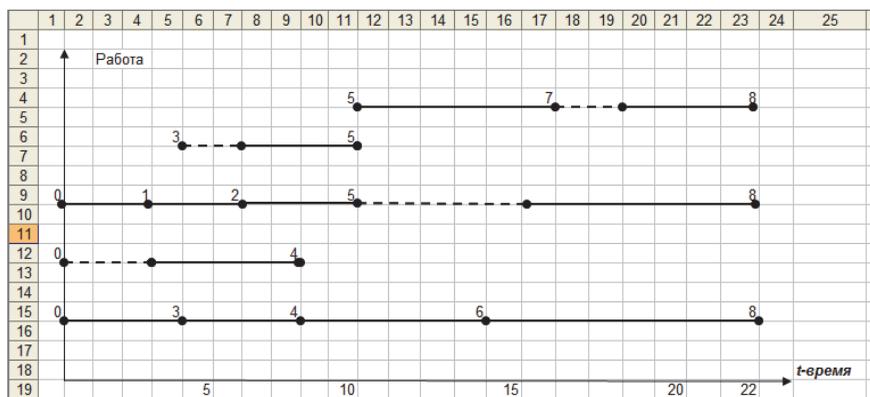


Рис. 2.31. Вариант корректировки диаграммы Ганта

## 2.13. Варианты заданий и контрольные вопросы

Построить немасштабный и в масштабе сетевой график для наиболее вероятного времени продолжительности работ, рассчитать ранние и наиболее поздние сроки свершения событий, найти критический путь, определить частные и общие резервы времени всех работ, вычислить коэффициенты напряженности некритических дуг.

Т а б л и ц а 2.27

### Варианты заданий

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
Шифр работы	t	Шифр работы	t	Шифр работы	t
0-1	10	0-1	12	0-1	12
0-4	25	0-2	16	0-2	7
1-2	17	1-2	13	1-5	13
1-3	15	1-3	20	2-3	14
2-3	0	2-3	18	2-4	9
2-4	10	2-4	17	3-5	8
3-5	28	3-4	0	4-5	21
4-5	15	3-5	20	4-6	22
5-6	11	4-5	13	5-7	5
				6-7	7
Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
0-1	21	0-1	25	0-1	11
0-4	35	1-2	15	0-2	14
1-2	12	1-3	22	0-3	17
1-3	8	2-4	0	1-4	8
2-3	3	2-6	25	2-4	11
2-4	3	3-4	0	2-5	15
2-6	14	3-7	20	2-7	0
3-5	15	4-5	22	3-5	13
4-7	6	5-6	0	3-6	12
5-6	3	5-7	0	4-6	9
5-8	3	6-8	22	5-6	14
6-8	9	7-8	20	6-7	15
7-8	11	8-9	20		
Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
0-1	10	0-1	10	0-1	10
1-2	15	0-2	12	0-5	18
1-3	12	0-3	5	0-9	12
2-4	15	0-4	4	1-2	7

2-8	0	0-5	6	1-3	15
3-4	12	1-3	0	1-4	5
3-6	0	1-6	12	2-5	8
4-5	20	2-4	0	3-5	0
5-7	8	2-9	11	3-6	0
5-8	15	3-7	7	4-6	15
6-5	0	4-6	0	5-7	25
6-9	18	5-8	8	6-7	12
7-9	20	6-9	10	7-8	12
8-9	25	7-9	5	7-9	10
		8-9	11	9-10	3
		9-10	3	10-11	7
Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
0-1	10	0-1	8	0-1	5
1-2	10	0-5	12	0-2	10
1-3	15	1-2	3	0-3	7
2-4	0	1-3	7	0-4	15
2-6	10	2-4	2	0-5	1
3-4	0	2-8	0	1-6	7
3-7	8	3-5	2	2-7	15
4-5	10	3-7	13	3-7	7
5-6	0	4-6	12	4-10	11
5-8	0	5-10	20	5-9	10
6-10	15	6-8	0	6-13	15
7-8	0	6-9	10	7-8	10
7-11	5	6-11	13	8-10	0
8-9	7	7-8	5	8-11	10
9-10	0	7-10	0	9-10	0
9-11	0	8-10	12	9-13	20
10-12	7	9-11	7	10-12	12
11-12	5	10-11	10	11-12	0
11-13	15			11-13	15
12-14	7			12-13	18
Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15	
0-1	2	0-1	4	0-1	7
0-2	5	0-2	6	0-2	3
0-3	5	0-3	8	0-3	5
1-4	7	1-4	4	0-4	5
1-5	5	1-5	10	0-6	12
2-3	8	2-6	12	1-2	0
2-4	0	3-8	6	1-4	0
2-6	12	4-10	8	2-5	5
3-4	4	5-6	5	3-4	0
4-5	3	5-7	6	3-6	8

4-6	0	6-7	8	4-6	4
4-7	10	6-8	12	1-7	6
5-7	10	7-10	6	6-7	12
5-8	5	8-9	8	5-7	4
6-7	12	8-10	4	7-8	6
7-8	4	9-10	6		
Вариант 16		Вариант 17		Вариант 18	
0-1	5	0-1	8	0-1	11
1-2	6	0-4	12	1-2	15
1-3	9	1-2	6	1-3	13
1-4	0	1-3	8	1-4	14
2-5	7	2-3	3	2-4	0
3-5	10	2-4	3	3-4	12
4-6	10	2-6	10	3-5	15
4-7	21	3-5	12	3-6	0
5-7	0	4-7	6	4-6	14
6-7	5	5-6	3	5-6	12
7-8	3	5-8	4	6-7	12
8-9	6	6-8	8	7-8	6
6-9	4	7-8	10	6-8	8
Вариант 19		Вариант 20		Вариант 21	
0-1	8	0-1	12	0-1	10
0-2	6	0-2	10	0-2	8
1-3	0	0-3	8	0-3	12
1-4	12	1-2	0	1-2	0
2-3	0	1-3	6	1-6	8
2-8	14	2-4	8	2-4	6
3-5	6	3-5	5	3-4	0
4-5	0	3-6	0	3-7	12
4-7	12	4-6	12	4-5	8
5-6	8	4-8	12	5-6	0
6-7	0	5-7	10	5-7	0
6-8	0	6-8	6	5-8	12
7-9	4	6-9	4	6-8	8
8-9	6	7-9	8	7-8	6
		8-9	5		
Вариант 22		Вариант 23		Вариант 24	
0-1	12	0-1	12	0-1	10
0-2	7	0-2	16	0-4	25
1-5	13	1-2	13	1-2	17
2-3	14	1-3	20	1-3	15
2-4	9	2-3	18	2-3	0
3-5	8	2-4	17	2-4	10

4-5	21	3-4	0	3-5	28
4-6	22	3-5	20	4-5	15
5-7	5	4-5	13	5-6	11
6-7	7				
Вариант 25		Вариант 26		Вариант 27	
0-1	10	0-1	8	0-1	10
0-5	18	0-5	10	1-2	15
0-9	12	1-2	3	1-3	12
1-2	7	1-3	7	2-4	15
1-3	15	2-4	2	2-8	0
1-4	5	2-8	0	3-4	12
2-5	8	3-5	2	3-6	0
3-5	0	3-7	8	4-5	20
3-6	0	4-6	4	5-7	8
4-6	15	5-10	6	5-8	15
5-7	25	6-8	0	6-5	0
6-7	12	6-9	10	6-9	18
7-8	12	6-11	11	7-9	20
7-9	10	7-8	5	8-9	25
9-10	3	7-10	0		
10-11	7	8-10	5		
		9-11	7		
		10-11	6		
Вариант 28		Вариант 29		Вариант 30	
0-1	10	0-1	5	0-1	8
0-2	4	0-2	8	0-5	6
0-3	4	0-3	4	1-2	4
1-5	8	1-3	12	1-3	4
2-4	6	1-4	8	2-4	3
2-5	0	2-3	0	2-8	0
3-4	4	2-5	12	3-5	4
3-6	8	3-4	8	3-7	12
4-5	6	3-5	10	4-6	12
4-6	4	3-6	8	5-10	8
5-7	12	4-6	0	6-8	0
5-8	0	4-7	10	6-9	6
6-7	12	5-6	6	6-11	8
6-8	10	5-7	0	7-8	4
7-9	4	6-7	4	7-10	0
8-9	6	7-8	5	8-10	6
9-10	8	8-9	4	9-11	7
8-10	4	6-9	6	10-11	8

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Суть метода сетевого планирования и управления проектами.
2. Основные понятия сетевого метода: работа, событие, сетевой график.
3. Виды сетевых графиков: логические (работы-связи) и структурные (события-работы). Их преимущества и недостатки.
4. Основные требования к построению структурных сетевых графиков.
5. Причины введения фиктивных работ.
6. Этапы построения структурного сетевого графика.
7. Способы проверки правильности построения сетевого графика.
8. Нумерация событий.
9. Описание сетевого графика.
10. Алгоритм построения сетевого графика.
11. Способы разработки сетевых графиков.
12. Расчет временных характеристик событий: ранние и поздние сроки наступления, резерв времени.
13. Критический путь, его отыскание и особенности.
14. Резервы времени, их смысл и способы установления.
15. Ранние и поздние сроки начала и окончания работ.
16. Некритические дуги, резервы времени, коэффициент напряженности не критических дуг.
17. Правила построения сетевого графика в масштабе времени.
18. Вероятностные модели на сетевых графиках. Расчет временных характеристик сетевого графика для трехпараметрической и двухпараметрической моделей.
19. Установление вероятности завершения проекта не позднее заданного срока, гарантированного времени выполнения проекта.
20. Оптимизация стоимости проекта путем сокращения продолжительности работ на критических путях методом стоимость-время.
21. Отыскание варианта выполнения работ, обеспечивающего минимальную стоимость проекта при условии его минимально возможного времени завершения.
22. Оптимизация сетевого графика по критерию – минимум исполнителей (оптимизация распределения ресурсов).

## Характеристика объекта строительства (примерное описание)

*Характеристика условий строительства*

Строительная площадка проектируемого многоквартирного жилого дома находится в конце переулка Зеленого в г. Пионерский Калининградской области. На территории строительства имеются сараи, выполненные из кирпича (пол-кирпича) и древесины подлежащие сносу, а также имеются зеленые насаждения, подлежащие вырубке и пересадке в подготовительный период строительства в соответствии с чертежами раздела «Озеленение».

Проектируемое здание подключается к существующим инженерным коммуникациям, согласно полученным техническим условиям на подключение и выполненному проекту. Местоположение инженерных сетей определено по инженерным изысканиям и зафиксировано на местности.

Доставку грузов на объект строительства планируется осуществлять автомобильным транспортом. Движение большегрузного автотранспорта по городским улицам должно быть согласовано с органами местного самоуправления и ГИБДД.

Климатический подрайон II Б имеет следующие характеристики:

- расчетная зимняя температура воздуха -  $19^{\circ}\text{C}$ ;
- температура воздуха наиболее холодных суток -  $22^{\circ}\text{C}$ ;
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки -  $19^{\circ}\text{C}$ ;
- нормативное значение ветрового давления  $0,38\text{ кПа}$ ;
- нормативное значение веса снегового покрова  $0,84\text{ кПа}$ ;
- относительная влажность наружного воздуха  $85\%$ ;
- направление господствующих ветров: летом – западное, зимой юго-западное.

Сейсмичность района строительства не более 6 баллов по шкале Рихтера.

В соответствии со СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» здание по степени огнестойкости относится ко второму классу.

Рельеф спокойный. Нормативная величина промерзания грунтов  $-1,2\text{ м.}$ , несущий слой сложен из суглинистых грунтов. Уровень залегания грунтовых вод –  $1,2\text{ м.}$  от поверхности.

## *Конструктивные характеристики здания*

Фундаменты – сборные ленточные;  
Стены – кирпичные с утеплением;  
Перекрытия – сборные железобетонные плиты;  
Лестницы – сборные железобетонные марши и площадки;  
Балконы – сборные железобетонные балконные плиты;  
Крыша – стропильная;  
Кровля – мягкая черепица;  
Оконное заполнение – деревянные стеклопакеты;  
Водосточная система – наружный организованный сток;  
Отопление – газовое, индивидуальное;  
Водоснабжение и водоотведение – центральное;  
Телевидение и телефонизация – предусмотрена;  
Внутренняя отделка – «серый ключ»;  
Этажность - 5 этажей;  
Максимальная масса монтируемых элементов – 2,5 т.

### *Обоснование принятой продолжительности строительства*

Проект жилого здания характеризуют следующие показатели:

Площадь застройки – 597,1 м<sup>2</sup>.

Количество квартир – 30.

- однокомнатных – 12;

- двухкомнатных – 10;

- трёхкомнатных – 5;

- четырёхкомнатных – 1;

- пятикомнатных – 2;

Общая площадь квартир – 2145,6 м<sup>2</sup>.

Жилая площадь квартир – 1094,5 м<sup>2</sup>.

Общая площадь встроенных магазинов – 232,9 м<sup>2</sup>.

Строительный объем здания – 12788,1 м<sup>3</sup>.

Согласно СНиП 1.04.03-85\*. Ч. II общая продолжительность строительства жилого дома с учетом наличия встроенных помещений составляет 6,5+1,0 мес.=7,5 мес. (6,5 мес. нормативная продолжительность строительства. Продолжительность строительства увеличивается на 1,0 мес. из расчета 0,5 мес. на каждые 100 м<sup>2</sup> встроенных магазинов). Из них, подготовительные работы – 1,0 мес., подземная часть – 1,0 мес., надземная часть – 4,0 мес. и отделочные работы – 1,0 мес.

## *Обоснование принятых методов производства строительного-монтажных работ*

Возведение жилого здания предусматривается вести в два этапа:

- 1-й этап, подготовительные работы и устройство нулевого цикла, включая прокладку инженерных коммуникаций;
- 2-й этап, возведение надземной части.

В период выполнения работ первого этапа предусматривается выполнение следующих работ:

- ограждение площадки строительства;
- снос существующих зданий и вырубка зеленых насаждений;
- пересадка зеленых насаждений;
- вынос проекта в натуру;
- возведение временных зданий и сооружений;
- снятие растительного грунта;
- отрывка котлована с вывозом грунта в отвал;
- прокладка инженерных коммуникаций;
- возведение нулевого цикла.

Строительный генеральный план разработан на подготовительный и основной период строительства. Строительная площадка огораживается забором согласно требованиям ГОСТ 23407-78\*. Временные бытовые помещения контейнерного типа, их расположение обозначено на строительном генеральном плане. Временные дороги устраиваются шириной 3,5 м с уширением до 6,0 м в местах осуществления погрузо-разгрузочных работ. Покрытие временных дорог выполнения из сборных железобетонных дорожных плит 1П-30-18-30 (3000×1750×170).

Временное электроснабжение предусмотрено от существующей трансформаторной подстанции путем прокладки проектируемого кабеля до границ строительной площадки и установки распределительного щита для подключения потребителей.

Временное водоснабжение осуществляется от колодцев, размещение которых обозначено на строительном генеральном плане. Водоотведение предусмотрено в существующую канализационную сеть. Система пожаротушения предусмотрена от пожарных гидрантов, запитанных к городской сети водоснабжения и отмеченных на строительном генеральном плане.

Временное теплоснабжение бытовых помещений в период строительства предусмотрено от штатных электронагревательных приборов, строящихся помещений – от мобильных установок.

## *Возведение здания*

Снятие растительного слоя производится бульдозером ДЗ-42 на всю толщину (0,15 м) с обвалованием. Разработка котлована производится экскаватором ЭО-4121 с погрузкой в транспортные средства с дальностью перевозки до 5 км, величина недобора грунта – 0,2 м. Недобор грунта при ручной разработке составляет 0,05 м. Для обратной засыпки пазух используется привозной грунт (песок) из карьера, расположенного на удалении 6 км.

Отсыпка грунта под полы подвала производится привозным песком с послойным уплотнением ручными трамбовками (плитами). Марка крана, используемая при возведении подземной части здания КС – 3574, а для возведения надземной части – КБ-401.01.

Устройство траншей под инженерные сети глубокого заложения (водоснабжение, канализация) предусматривается экскаватором ЭО-4121. Траншеи разрабатываются с естественными откосами и недобором грунта 0,1 м. Недобор грунта разрабатывается вручную.

Монтаж конструкций инженерных сетей предусмотрен с использованием автомобильного крана КС-3574.

При прокладке инженерных сетей за пределами строительной площадки открытая траншея должна быть огорожена, а в местах возможного передвижения людей – устроены мостики. Места, опасные для пребывания или передвижения людей, должны быть огорожены от случайного проникновения и снабжены предупреждающими знаками и надписями. А в темное время суток потенциально опасные участки должны быть оборудованы сигнальным освещением.

Работы по благоустройству территории должны быть завершены не позднее ноября месяца.

### *Производство работ в зимнее время*

Грунт основания котлована должен предохраняться от промерзания. Зачистку основания необходимо проводить непосредственно перед возведением фундаментов. Обратную засыпку пазух производить только талым грунтом.

Монолитные бетонные и железобетонные работы должны производиться в соответствии с требованиями СНиП 3.03.01-87 с применением электропрогрева из бетона проектного класса и марок.

Прочность монолитных бетонных и железобетонных конструкций до их загрузки должна составлять не менее 70% от проектной прочности. Укладка бетона в конструкции должна производиться непрерывно, в случае непреднамеренных перерывов должно быть предусмотрено устройство специальных технологических стыков, предотвращающих некачественную стыковку бетона при продолжении бетонирования. Перед укладкой бетона, опалубка и арматура должна быть очищена от снега и льда горячим воздухом с помощью воздухонагревателя. Бетонная смесь должна приготавливаться централизованно на подогретой воде и инертных заполнителях, а доставка на объект производиться в автомобильных бетоновозах с подогревом барабана при непрерывном перемешивании.

Монтаж сборных железобетонных конструкций должен производиться на строительных растворах с противоморозными добавками. Вид и количество противоморозных добавок определяется конструктивной частью проекта и согласовывается с органами санитарного надзора. Использование замерзшего или отогретого горячей водой раствора не допускается.

Кирпичную кладку при температуре наружного воздуха ниже  $5^{\circ}\text{C}$  следует производить на растворах с противоморозными добавками. Кирпич перед укладкой в конструкции должен быть очищен от снега и льда (СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции. Правила производства и приемки работ»). В ПОС предусмотрены меры по обеспечению устойчивости каменной кладки в период оттаивания.

Сварочные работы при низких температурах должны осуществляться на повышенном токе начиная с  $0^{\circ}\text{C}$  пропорционально понижению температуры воздуха с тем, чтобы при  $-30^{\circ}\text{C}$  сила тока была повышена на 10-15%. Зона сварки и рабочее место сварщика должны быть ограждены от атмосферных осадков и сильного ветра. При температуре наружного воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  необходимо оборудовать вблизи рабочего места сварщика устройство для обогрева рук. Сварочные работы при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже производить запрещается. При температуре ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  сварку соединений стержней следует производить без перерыва, за исключением времени, необходимого на смену электрода или зачистку шва при многослойной сварке. Качество и надежность зданий и сооружений должно обеспечиваться комплексом мер контроля на всех этапах строительства.

## *Указания по осуществлению инструментального контроля качества строительно-монтажных работ*

В процессе возведения здания должен осуществляться контроль качества выполнения строительно-монтажных работ, который заключается в следующем:

- геодезический контроль фактического положения в плане и по высоте конструкций зданий, сооружений и инженерных коммуникаций в процессе их монтажа и временного закрепления;
- выполнение исполнительной геодезической съемки фактического положения в плане и по высоте частей здания и сооружений. Съемке подлежат все несущие и ограждающие конструкции, а также подземные и наземные инженерные коммуникации;

До начала монтажа сборных элементов необходимо перенести основные оси здания, произвести разбивку установочных рисок. Правильность установки панелей перекрытия, лестничных площадок, перемычек и др. конструктивных элементов проверяется шаблоном или уровнем.

В журнале производства работ, ежедневно должны фиксироваться температура наружного воздуха; поступление строительных материалов (бетон, раствор, арматура и т.д.). В процессе возведения здания необходимо осуществлять периодический контроль набора прочности бетоном и раствором.

### *Мероприятия по охране труда, пожарной безопасности и охране окружающей среды*

Все строительно-монтажные работы должны осуществляться в строгом соответствии с требованиями СП 48.13.330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 Организация строительства; соблюдением мер по технике безопасности СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве и «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации» (ППБ-01-93\*).

Рекультивация земельных участков должна производиться при положительных температурах наружного воздуха. Зеленые насаждения, расположенные в зоне производства работ должны быть укрыты от повреждений. Токсически опасные материалы должны храниться в надежной упаковке и таре, и т.д.

Приложение 2

Т а б л и ц а 2.1

Технические характеристики штанговых дизель-молотов

Показатели	СП-60	СП-6Б
Наибольшая энергия удара, кДж	30	58,8
Максимальная высота подъема ударной части, м	1,3	2,4
Число ударов в минуту	57	50
Масса забиваемых свай, кг	300-500	1200-3200
Ширина направляющих, мм	-	360
Высота молота (без наголовника), мм	1981	4540
Масса ударной части, кг	240	2500
Масса молота (с кошкой), кг	350	4220

Т а б л и ц а 2.2

Технические характеристики трубчатых дизель молотов  
с воздушным охлаждением

Показатели	С-859А	С-949А	С-954А	С-977А
Наибольшая энергия удара, кДж	31,4	42,7	59,8	88,3
Число ударов в минуту	42	42	55	55
Ширина направляющих, мм	360	360/625	625	625
Высота молота, мм	4165	4685	4800	5520
Масса ударной части, кг	1800	2500	3500	5000
Масса молота, кг	3500	5900	7300	9000
Высота подъема ударной части	3,0 м			

Т а б л и ц а 2.3

Технические характеристики трубчатых дизель молотов  
с водяным охлаждением

Показатели	С-995А	С-996А	С-1047А	С-1048А
Наибольшая энергия удара, кДж	22	31,4	42,7	59,8
Число ударов в минуту	42-55			
Ширина направляющих, мм	360	360	360/625	625
Высота молота, мм	3955	4190	4970	5080
Масса ударной части, кг	1250	1800	2500	3500
Высота подъема ударной части	3,0 м			

Т а б л и ц а 2.4

Технические характеристики паровоздушных молотов двойного действия

Показатели	С-35	С-32	СССМ-708	С-232	С-977
Энергия удара, кДж	10,85	15,90	11,20	18,0	17-27
Наибольшая высота подъема ударной части, мм	450	525	406	508	460
Число ударов в минуту	135	125	140	95-112	100-105
Необходимое давление воздуха (пара), МПа	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7
Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	12,8	17,0	12,7	17,0	20,0
Массовый расход пара, кг/час	900	1200	865	1190	-
Габариты, мм	2375×650×710	2391×630×800	2490×560×710	2765×660×810	-
Масса ударной части, кг	614	655	680	1130	2250
Масса общая, кг	3767	4095	2363	4650	5200

Т а б л и ц а 2.5

Технические характеристики паровоздушных молотов с автоматическим управлением

Показатели	С-811А	С-812А
Энергия удара, кДж	82	100
Число ударов в минуту	40-50	35-40
Ход поршня, мм	1370	1370
Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	18-20	26
Диаметр паропровода, мм	50-75	75
Диаметр воздухопровода	40	40
Габариты, мм	4740×1070×1150	4740×1070×1270
Масса ударной части, кг	6000	8000
Масса общая, кг	8200	11000

Т а б л и ц а 2.6

Технические характеристики низкочастотных  
вибропогружателей типа ВРП с регулируемыми параметрами

Параметры	ВРП-15/60	ВРП-30/132	ВРП-70/200
Статический момент дебалансов, т·см	0-15	0-30	23-70
Частота колебаний, Гц	0-7,8	0-8,7	0-8,3
Максимальная вынуждающая сила, кН	348	890	1900
Мощность электродвигателя, кВт	60	132	200
Амплитуда колебаний (без свай), мм	0-30	0-40	18-50
Габаритные размеры, мм	1240× 1000× 2240	1440× 1440× 2240	1700× 1600× 3500
Общая масса, кг	5000	7250	13000
Погружаемый элемент, максимальные размеры поперечного сечения, м	Сваи - 0,45; Сваи- оболочки 1,2	Трубч., сваи -0,6; Сваи- оболочки 1,6	Сваи- оболочки 3,0
Глубина погружения, м	15	20	40

Т а б л и ц а 2.7

Технические характеристики  
низкочастотных вибропогружателей

Параметры	СП-42П	ВУ-1,6	В1-722	ВПМ-170	ВП-3М
Статический момент дебалансов, т·см	9,3	34,5	50,0	22,4; 29,0	26,3
Частота колебаний, Гц	7	8,25	7,9; 9,3	7,3; 9,3	6,8
Вынуждающая сила, кН	250	958	1250	480; 620	440
Мощность электродвигателя, кВт	60	150	200	120	100
Количество электродвигателей, шт	1	2	1	2	1
Амплитуда колебаний, мм	20	28	50	28	36
Габаритные размеры, мм	1321× 1290×	3068× 2618×	1435× 1800×	2000× 2000×	1550× 1410×

	2778	1930	3400	3400	2130
Масса вибропогружателя, кг	4560	11700	15600	8000	7200
Погружаемый элемент и его максимальные размеры в сечении, м	Свай -0,40; Свай-оболочки 1,0	Свай-оболочки 1,6	Свай-оболочки 1,6	Свай-оболочки 2,0	Свай -0,45; Свай-оболочки 1,2

Т а б л и ц а 2.8

Технические характеристики высокочастотных вибропогружателей

Параметры	ВПП-2А	ВПП-4А	ВПП-5	ВПП-6
Статический момент дебалансов, т·см	1,0	0,55	0,35	0,25
Частота колебаний, Гц	25	22-25	25	20-25
Вынуждающая сила, кН	250	140	83	62
Амплитуда колебаний, мм	14,3	13,8	10	10
Мощность электродвигателя, кВт	40	28	16	11
Габаритные размеры в плане, мм	1270× 800	1000× 960	1250× 350	830× 760
Высота, мм	2250	1500	1250	1380
Масса вибрирующих частей, кг	700	400	350	250
Масса пригруза с электродвигателем, кг	1500	800	850	500
Масса вибропогружателя, кг	2200	1200	1200	750

Таблица значений функции  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)
0,00	0,0000	0,38	0,1480	0,76	0,2764	1,14	0,3729
0,01	0,0040	0,39	0,1517	0,77	0,2794	1,15	0,3749
0,02	0,0080	0,40	0,1554	0,78	0,2823	1,16	0,3770
0,03	0,0120	0,41	0,1591	0,79	0,2852	1,17	0,3790
0,04	0,0160	0,42	0,1628	0,80	0,2881	1,18	0,3810
0,05	0,0199	0,43	0,1664	0,81	0,2910	1,19	0,3830
0,06	0,0239	0,44	0,1700	0,82	0,2939	1,20	0,3849
0,07	0,0279	0,45	0,1736	0,83	0,2967	1,21	0,3869
0,08	0,0319	0,46	0,1772	0,84	0,2995	1,22	0,3883
0,09	0,0359	0,47	0,1808	0,85	0,3023	1,23	0,3907
0,10	0,0398	0,48	0,1844	0,86	0,3051	1,24	0,3925
0,11	0,0438	0,49	0,1879	0,87	0,3078	1,25	0,3944
0,12	0,0478	0,50	0,1915	0,88	0,3106	1,26	0,3962
0,13	0,0517	0,51	0,1950	0,89	0,3133	1,27	0,3980
0,14	0,0557	0,52	0,1985	0,90	0,3159	1,28	0,3997
0,15	0,0596	0,53	0,2019	0,91	0,3186	1,29	0,4015
0,16	0,0636	0,54	0,2054	0,92	0,3212	1,30	0,4032
0,17	0,0675	0,55	0,2088	0,93	0,3238	1,31	0,4049
0,18	0,0714	0,56	0,2123	0,94	0,3264	1,32	0,4066
0,19	0,0753	0,57	0,2157	0,95	0,3289	1,33	0,4082
0,20	0,0793	0,58	0,2190	0,96	0,3315	1,34	0,4099
0,21	0,0832	0,59	0,2224	0,97	0,3340	1,35	0,4115
0,22	0,0871	0,60	0,2257	0,98	0,3365	1,36	0,4131
0,23	0,0910	0,61	0,2291	0,99	0,3389	1,37	0,4147
0,24	0,0948	0,62	0,2324	1,00	0,3413	1,38	0,4162
0,25	0,0987	0,63	0,2357	1,01	0,3428	1,39	0,4177
0,26	0,1026	0,64	0,2389	1,02	0,3461	1,40	0,4192
0,27	0,1064	0,65	0,2422	1,03	0,3485	1,41	0,4207
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,04	0,3508	1,42	0,4222
0,29	0,1141	0,67	0,2486	1,05	0,3531	1,43	0,4236
0,30	0,1179	0,68	0,2517	1,06	0,3554	1,44	0,4251
0,31	0,1217	0,69	0,2549	1,07	0,3577	1,45	0,4265
0,32	0,1255	0,70	0,2580	1,08	0,3599	1,46	0,4279
0,33	0,1293	0,71	0,2611	1,09	0,3621	1,47	0,4292
0,34	0,1331	0,72	0,2642	1,10	0,3643	1,48	0,4306
0,35	0,1368	0,73	0,2673	1,11	0,3665	1,49	0,4319
0,36	0,1406	0,74	0,2703	1,12	0,3686	1,50	0,4332
0,37	0,1443	0,75	0,2734	1,13	0,3708	1,51	0,4345

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1,52	0,4357	1,79	0,4633	2,12	0,4830	2,66	0,4961
1,53	0,4370	1,80	0,4641	2,14	0,4838	2,68	0,4963
1,54	0,4382	1,81	0,4649	2,16	0,4846	2,70	0,4965
1,55	0,4394	1,82	0,4656	2,18	0,4854	2,72	0,4967
1,56	0,4406	1,83	0,4664	2,20	0,4861	2,74	0,4969
1,57	0,4418	1,84	0,4671	2,22	0,4868	2,76	0,4969
1,58	0,4429	1,85	0,4678	2,24	0,4875	2,78	0,4971
1,59	0,4441	1,86	0,4686	2,26	0,4881	2,80	0,4973
1,60	0,4452	1,87	0,4693	2,28	0,4887	2,82	0,4974
1,61	0,4463	1,88	0,4699	2,30	0,4893	2,84	0,4976
1,62	0,4474	1,89	0,4706	2,32	0,4898	2,86	0,4977
1,63	0,4484	1,90	0,4713	2,34	0,4904	2,88	0,4979
1,64	0,4495	1,91	0,4719	2,36	0,4909	2,90	0,4980
1,65	0,4505	1,92	0,4726	2,38	0,4913	2,92	0,4981
1,66	0,4515	1,93	0,4732	2,40	0,4918	2,94	0,4982
1,67	0,4525	1,94	0,4738	2,42	0,4922	2,96	0,4984
1,68	0,4535	1,95	0,4744	2,44	0,4927	2,98	0,4985
1,69	0,4545	1,96	0,4750	2,46	0,4931	3,00	0,4986
1,70	0,4554	1,97	0,4756	2,48	0,4934	3,20	0,49865
1,71	0,4564	1,98	0,4761	2,50	0,4938	3,40	0,49931
1,72	0,4573	1,99	0,4767	2,52	0,4941	3,60	0,49966
1,73	0,4582	2,00	0,4772	2,54	0,4945	3,80	0,499841
1,74	0,4591	2,02	0,4783	2,56	0,4948	4,00	0,499928
1,75	0,4599	2,04	0,4793	2,58	0,4951	4,50	0,49968
1,76	0,4608	2,06	0,4803	2,60	0,4953	5,00	0,499997
1,77	0,4616	2,08	0,4812	2,62	0,4956		
1,78	0,4625	2,10	0,4821	2,64	0,4959		

## Литература

1. СНиП 1.04.03-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Часть 1,2 / Госстрой СССР, Госплан СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1991.
2. СНиП 1.05.03-87 «Нормы задела в жилищном строительстве с учетом комплексной застройки». / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 48 с.
3. СП 48.13.330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 Организация строительства.
4. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве.
5. Положение «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утверждённых Постановлением Правительства РФ № 87 от 16 февраля 2008 г.
6. Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства. (к СНиП 3.01.01.–850)/ЦНИИОМТП.–М.: Стройиздат, 1989.–160 с.
7. Аленичева Е.В. Организация строительства поточным методом. Учебное пособие. Изд. ТГТУ. Тамбов. – 2003. 76 с.
8. Кирнев А.Д. Организация строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование. Изд. Феникс. – Ростов на Дону. – 2006. 652 с.
9. Костюченко В.В., Кудинов, Д.О., Организация, планирование и управление в строительстве. Изд.Феникс.-Ростов на Дону.- 2006. 349 с.
10. Плескунов М.А. Задачи сетевого планирования. Учебное пособие. Изд. УФУ им. Б.Н.Ельцина. Екатеринбург. – 2014. 92 с.
11. Прокофьева Г.И., Гусаков А.М., Лукашевич В.Н. Проектирование комплексного календарного сетевого графика строительства объекта. Учебное пособие. Изд. ТГАСУ. Томск. – 2010. 99 с.
12. Сборщиков С.Б. Организация строительства. Краткий курс для сметчиков. М., Стройинформиздат.- 2015. 160 с.
13. Трушкевич, А.И. Организация проектирования строительства. Изд. Высшая школа. Минск.- 2003. 415 с.
14. Уськов В.В. Компьютерные технологии в подготовке и управлении строительством объектов. Учебно-практическое пособие. М., Инфра-Инженерия.-2011. 319 с.

Александр Юрьевич Михайлов

**ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.  
КАЛЕНДАРНОЕ И СЕТЕВОЕ  
ПЛАНИРОВАНИЕ**

*Учебное пособие*

Подписано в печать 10.06.2016  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс».  
Тираж 1000 экз. Заказ №498

Издательство «Инфра-Инженерия»  
Тел.: 8(911)512-48-48  
E-mail: [infra-e@yandex.ru](mailto:infra-e@yandex.ru)  
[www.infra-e.ru](http://www.infra-e.ru)

**Издательство приглашает  
к сотрудничеству авторов  
научно-технической литературы**