

В.В. УСЬКОВ

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ**



**ТЕХНОЛОГИИ**

**В ПОДГОТОВКЕ  
и управлении**

**СТРОИТЕЛЬСТВОМ**

**ОБЪЕКТОВ**



«Инфра-Инженерия»



**В.В. Уськов**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ПОДГОТОВКЕ И УПРАВЛЕНИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВОМ ОБЪЕКТОВ**

*Учебно-практическое пособие*

**Инфра-Инженерия  
Москва  
2011**

# Содержание

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>ГЛАВА I</b>  |           |
| <b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>   |           |
| <b>И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ .....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. Классификация методов организации строительства и производства работ ..  | 10        |
| 1.2. Поточный метод .....   | 12        |
| 1.3. Узловой метод .....  | 16        |
| 1.4. Комплексно-блочный метод .....   | 17        |
| 1.5. Вахтовый метод .....   | 18        |
| <b>ГЛАВА II</b>   |           |
| <b>ПОДГОТОВКА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>  | <b>23</b> |
| 2.1. Требования к подготовке строительного производства и ее состав .....   | 23        |
| 2.2. Общая подготовка .....   | 26        |
| 2.3. Подготовка строительного-монтажной организации .....   | 27        |
| 2.4. Подготовка к строительству объекта .....   | 28        |
| 2.5. Подготовка строительного-монтажных работ .....   | 31        |
| 2.6. Внутриплощадочные и внеплощадочные подготовительные работы .....   | 33        |
| 2.7. Подготовка объекта к сдаче в эксплуатацию или к консервации .....  | 35        |
| 2.8. Особенности подготовки производства при реконструкции<br>и расширении действующих предприятий, зданий и сооружений ..... | 38        |
| 2.9. Особенности подготовки производства при вахтовом<br>и экспедиционном методах организации строительства .....             | 39        |
| 2.10. Организация подготовки производства .....   | 40        |
| 2.11. Назначение и состав проекта производства работ .....  | 41        |
| 2.12. Особенности разработки проекта производства работ на реконструкцию,<br>капитальный ремонт, разборку объекта .....       | 45        |
| 2.13. Назначение и состав проекта организации работ .....   | 48        |
| <b>ГЛАВА III</b>  |           |
| <b>ОСНОВЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ</b>   |           |
| <b>СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ .....</b>   | <b>50</b> |
| 3.1. Виды календарных планов .....  | 50        |
| 3.2. Задачи календарного планирования .....   | 53        |
| 3.3. Организационно-технологическое моделирование возведения объекта .....  | 55        |
| 3.4. Линейные графики .....   | 55        |
| 3.5. Сетевые графики .....  | 61        |
| 3.6. Сетевые модели в виде сетей предшествования .....  | 66        |
| 3.7. Состав календарного плана возведения объекта .....   | 68        |
| 3.8. Методика разработки календарного плана .....   | 69        |
| 3.9. Учет влияния климатических условий района строительства .....  | 76        |
| 3.10. Особенности календарного планирования строительства объектов<br>промышленного назначения .....                          | 79        |
| 3.11. Особенности календарного планирования производства работ<br>при капитальном ремонте зданий .....                        | 80        |

|   |    |
|---|----|
| 3.12. Календарный план организации работ на годовую программу<br>(портфель заказов) строительно-монтажной организации ..... | 83 |
| 3.13. Календарный план строительства в составе ПОС .....  | 85 |
| 3.14. Календарный план организации работ заказчика<br>на программу пусковой очереди .....                                   | 85 |
| 3.15. Календарный план инвестиционного строительного проекта .....  | 86 |
| 3.16. Учет, контроль и регулирование реализации календарных планов .....  | 88 |

#### **Глава IV**

##### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ**

##### **МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ .....** 90

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Требования к материальному обеспечению строительства объектов .....                          | 90  |
| 4.2. Нормирование расхода материалов .....  | 91  |
| 4.3. Виды норм расхода материалов и их назначение .....   | 95  |
| 4.4. Определение потребностей материальных ресурсов<br>в составе проектной документации .....     | 98  |
| 4.5. Определение потребностей материальных ресурсов<br>в составе проекта производства работ ..... | 101 |

#### **Глава V**

##### **ПРИМЕНЕНИЕ MS PROJECT 2010 ПРИ РАЗРАБОТКЕ**

##### **КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ .....** 106

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Новые возможности системы .....  | 106 |
| 5.2. Интерфейс MS Project .....   | 107 |
| 5.3. Исходные данные для разработки примера КППР .....                                  | 116 |
| 5.4. Запуск MS Project .....  | 117 |
| 5.5. Начало работы .....  | 117 |
| 5.6. Настройка системы .....  | 120 |
| 5.7. Порядок ввода информации в левую часть КППР .....                                  | 126 |
| 5.8. Формирование таблицы ресурсов .....  | 132 |
| 5.9. Назначение работам ресурсов .....  | 134 |
| 5.10. Ввод параметров работ .....   | 136 |
| 5.11. Установка зависимостей между работами .....                                       | 138 |
| 5.12. Оптимизация календарного плана .....  | 140 |
| 5.13. Планирование работы строительных машин и механизмов .....                         | 143 |
| 5.14. Планирование поставки строительных материалов, изделий, конструкций ...           | 144 |
| 5.15. Создание базового плана .....   | 146 |
| 5.16. Создание циклов и комплексов работ<br>календарного плана на временной шкале ..... | 147 |
| 5.17. Учет и контроль хода реализации календарного плана .....                          | 149 |
| 5.18. Внесение изменений в разработанный календарный план .....                         | 150 |
| 5.19. Показатели, характеризующие ход выполнения работ .....                            | 153 |
| 5.20. Разработка календарного плана организации работ .....                             | 154 |
| 5.21. Операции с файлами .....  | 155 |
| 5.22. Формы выходных документов .....   | 155 |
| 5.23. Завершение работы .....   | 158 |

**ГЛАВА VI****РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ****И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛОЩАДОК НА ИХ ОСНОВЕ ..... 159**

|   |     |
|---|-----|
| 6.1. Виды строительных генеральных планов .....   | 159 |
| 6.2. Общие положения .....  | 160 |
| 6.3. Требования к строительным генеральным планам .....                                     | 160 |
| 6.4. Методика разработки строительного генерального плана .....                             | 163 |
| 6.5. Современные мобильные здания .....   | 204 |
| 6.6. Временные инженерные сети .....  | 216 |
| 6.7. Проектирование ограждения строительной площадки<br>и участков производства работ ..... | 232 |
| 6.8. Некоторые конструктивные решения ограждений [41] .....                                 | 234 |
| 6.9. Ограждение мест раскопок и участков производства работ .....                           | 240 |
| 6.10. Знаки безопасности .....  | 241 |
| 6.11. Перечень документации для получения разрешения<br>на эксплуатацию крана .....         | 246 |

**Глава VII****ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ****ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ..... 248**

|   |     |
|---|-----|
| 7.1. Необходимость оперативно-производственного<br>планирования производства работ .....        | 248 |
| 7.2. Основные положения по оперативно-производственному<br>планированию .....                   | 256 |
| 7.3. Показатели оперативно-производственных планов<br>и исходные данные для их разработки ..... | 258 |
| 7.4. Состав и порядок разработки оперативно-производственных планов .....                       | 259 |

**Глава VIII****ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ..... 273**

|  |     |
|--|-----|
| 8.1. Назначение и задачи диспетчерского управления .....   | 273 |
| 8.2. Диспетчерские графики и порядок их разработки .....   | 277 |
| 8.3. Учет, контроль и регулирование выполнения диспетчерских графиков .....                                  | 281 |
| 8.4. Учет влияния вероятностных условий строительства<br>в диспетчерском управлении .....                    | 283 |
| 8.5. Периодичность контроля за ходом работ и необходимость<br>регулирования производственного процесса ..... | 285 |
| 8.6. Новая методика формирования диспетчерских графиков .....  | 290 |
| 8.7. Планирование поставок растворов и бетонов на строящиеся объекты .....                                   | 291 |
| 8.8. Диспетчерская документация и связь .....  | 300 |
| 8.9. Выбор кратчайших расстояний перевозки<br>грузов автомобильным транспортом .....                         | 300 |
| 8.10. Закрепление потребителей продукции за ее поставщиками .....  | 302 |
| 8.11. Планировка строительной площадки .....   | 308 |
| 8.12. Задача о кратчайшей сети .....   | 310 |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 312****ЛИТЕРАТУРА ..... 313**

# ГЛАВА I

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ**

### **1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ**

Современные методы организации строительства и производства работ могут быть классифицированы по совмещению выполняемых работ во времени; степени индустриальности применяемых для производства работ конструкций, узлов и технологий; по месту работы и постоянного проживания работников строительно-монтажных организаций и виду конечной продукции.

Степень совмещения выполняемых работ на объекте (комплексе) во времени является основным критерием, определяющим характер методов организации строительства и производства работ. Все календарные планы производства и организации работ должны предусматривать максимально возможное совмещение работ.

При отсутствии совмещения работ имеет место последовательный метод организации строительства и производства работ, при полном совмещении - параллельный, а при частичном - поточный.

Практический опыт показывает, что при возведении объектов при прочих равных условиях всегда следует стремиться к выполнению работ поточными методами. В свою очередь, при параллельном и поточном методах строительства и производства работ на объектах могут выделяться так называемые узлы, поэтому такой метод организации строительства называют узловым.

Этот метод предусматривает членение объекта на взаимосвязанные между собой узлы, технологическая готовность которых после завершения строительно-монтажных работ позволяет автономно, независимо от готовности объекта в целом, проводить наладочные работы и опробование агрегатов, механизмов, узлов. Внедрение узлового метода организации строительства и производства работ значительно сокращает сроки возведения объектов.

В зависимости от способа применения конструкций и узлов заводского изготовления, а также промышленных технологий методы могут быть индустриальными и неиндустриальными. При организации строительного производства должно обеспечиваться возведение зданий, сооружений и их частей индустриальными методами на основе широкого применения комплектно поставляемых конструкций, изделий, материалов и оборудования, а также комплектов блоков высокой заводской готовности. При возведении типовых зданий, сооружений и их частей (котельные, компрессорные, мусоросжигательные и насосные станции, трансформаторные подстанции) должно быть предусмотрено выполнение максимального объема работ вне строительной площадки путем агрегирования оборудования и конструкций в блоки на заводах-поставщиках, сборочно-комплектовочных предприятиях и базах, а также поставка их в виде блоков на стройки. Организация строительного производства комплектно-блочным методом должна включать изготовление, поставку на строительство комплектов блоков, их укрупнительную сборку.

В настоящее время наиболее развитой индустриальной системой является крупнопанельное домостроение (КПД). С его помощью возводится большое количество жилых домов в стране. Общие трудозатраты в заводском производстве конструкций и на строительной площадке при возведении КПД на 30% ниже, чем при строительстве зданий с кирпичными стенами, а трудоемкость работ на стройке ниже на 43%. Однако уровень заводской готовности может быть ограничен только 55%. В то же время объемно-блочное домостроение позволяет довести заводскую готовность до 85–90%, снизить общие затраты труда по сравнению с КПД примерно на 15%, в том числе на строительной площадке - почти в 3 раза, сократить сроки строительства в 3–4 раза, уменьшить его стоимость на 5–8%.

Однако переход на современные индустриальные системы требует снижения массы конструкций за счет применения пористых заполнителей, полимеров, трубчатых профилей с легкими ограждающими панелями. Здания и сооружения из сборного железобетона намного тяжелее, чем из монолитного, и значительно дороже.

При строительстве объектов в отдаленных районах, в районах с суровыми климатическими условиями, а также при возведении объектов большой протяженности применяют так называемый вахтовый метод организации строительства, при котором работы выполняются силами регулярно сменяемых коллективов из состава строительно-монтажных организаций, дислоцированных в обжитых районах. Разновидностью этого мобильного метода организации строительства являются экспедиционный и вахтово-экспедиционный.

Исходя из конечной продукции коллективов, осуществляющих возведение объектов, методы организации строительства могут быть обычными или "под ключ". Контракт, как правило, заключается на весь инвестиционный цикл - от начала проектирования до вывода объекта на проектную мощность. В контракте устанавливается общий срок начала и окончания работ и услуг по всему инвестиционному циклу и по каждому этапу, выполняемому участниками контракта. Эти сроки задаются на основе календарного плана ИСП, определяющего последовательность и сроки выполнения обязательств участниками контракта.

## 1.2. ПОТОЧНЫЙ МЕТОД

При **последовательном методе** в каждый конкретный момент времени на комплексе возводится один объект, а на объекте выполняется только одна работа (рис. 1.1).

В этом случае продолжительность строительства комплекса

$$T_k^n = \sum T_i, \quad \overline{i=1, M}.$$

Основными недостатками этого метода являются максимальная продолжительность строительства, а также прерывистость потребления ресурсов. В то же время при этом методе ведения строительства обеспечивается сосредоточение усилий

коллектива строителей на минимальном числе одновременно возводимых объектов, что способствует их своевременному вводу в эксплуатацию, снижению размеров незавершенного строительства, улучшению качества выполняемых работ.

Однако стремление к значительному сокращению сроков возведения комплексов привело к внедрению **параллельного метода** строительства (рис. 1.2), допускающего одновременное выполнение одноименных работ на нескольких объектах.

При таком методе строительства объектов:

$$T_k^{\text{пар}} = \max \{T_i\}, \overline{i=1, M}.$$

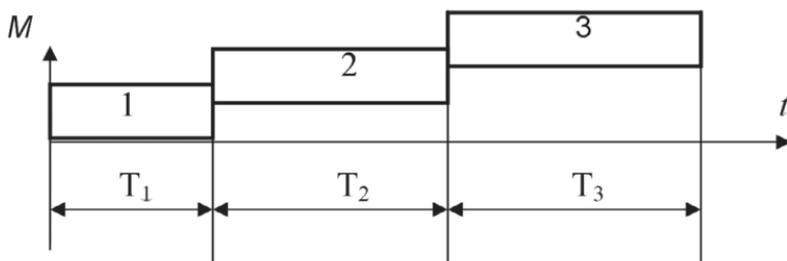


Рис. 1.1. Последовательный метод строительства группы объектов:  
1, 2, 3 - номера объектов

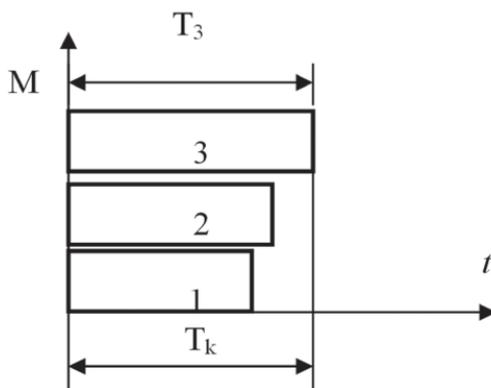


Рис. 1.2. Параллельный метод строительства группы объектов:  
1, 2, 3 - номера объектов

В этом случае интенсивность потребления ресурсов значительно возрастает по сравнению с возведением объектов последовательным методом. Кроме того, при параллельном методе строительства так же, как и при последовательном, не обеспечивается непрерывность использования ресурсов. Единственным его достоинством является минимальная продолжительность строительства. Применяется этот метод в отдельных случаях.

Наибольшее же распространение в практике строительства находят **поточные методы**. Теория потоков появилась в 30-х годах прошлого столетия. Она разработана нашими учеными и производственниками. При этом методе одинаковые виды работ на двух смежных объектах (захватках) выполняются последовательно, а разноименные - совмещаются (рис. 1.3).

Работы в потоках осуществляются комплексными или специализированными коллективами постоянного численного состава с использованием комплектов механизмов и инструментов. Этот метод совмещает в себе два предыдущих, дает возможность более равномерно потреблять ресурсы и ритмично выпускать готовую строительную продукцию.

Итак, поточным методом организации строительства (производства работ) называют такой метод, при котором обеспечивается планомерный выпуск готовой строительной продукции на основе непрерывной и ритмичной работы трудовых коллективов. Для его организации необходимо иметь минимально два объекта или две захватки на одном объекте.

Потоки классифицируются по виду конечной продукции,

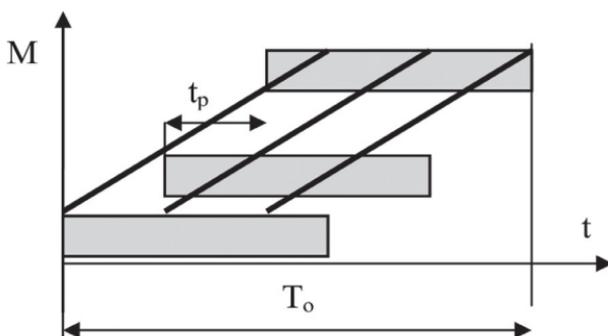


Рис. 1.3. Поточный метод строительства группы объектов

степени ритмичности и продолжительности (рис. 1.4).

В состав объектного потока, как правило, включают технологически однородные здания и сооружения, являющиеся продукцией такого потока. Этот поток является составной частью комплексного потока.

Продукция специализированного потока - отдельные части здания, сооружения (нулевые циклы, "коробки" и т. д.), выполняемые комплексными или специализированными коллективами. Частные потоки включают в себя выполнение отдельных видов работ (отрывка котлована, монтаж фундаментов), осуществляемых, как правило, звеньями.

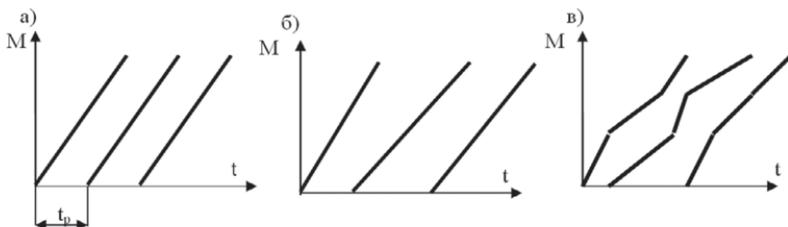
Продолжительность выполнения потока на объекте (захватке) характеризуется величиной ритма  $t_p$  (рис. 1.5).

В тех случаях, когда длительности ритмов потоков одинаковы, такие потоки называют ритмичными ( $t_{p1} = \dots = t_{pn} = \text{const}$ ).

Если же  $t_{pi} \neq t_{pj}$ , но  $t_{pi} = k t_{pj}$  (где  $k \neq 1$ ), а  $t_{pi} = \text{const}$  и  $t_{pj} = \text{const}$ , то такие потоки называют разноритмичными.



**Рис. 1.4. Виды потоков**



**Рис. 1.5. Виды потоков по степени ритмичности:**  
 а - ритмичные; б - разноритмичные; в - неритмичные

В случае, когда  $t_{pi} \neq t_{pj}$  и  $t_{rij} \neq \text{const}$ , такие два потока считают неритмичными.

И, наконец, если продолжительность установившегося периода потоков свыше шести месяцев, такие потоки относят к долговременным.

### 1.3. УЗЛОВОЙ МЕТОД

Этот метод организации строительства и производства работ появился при сооружении крупных промышленных комплексов на Украине. Дело в том, что в их возведении участвовали сотни строительных и монтажных организаций. Эти объекты очень сложны в инженерном отношении, и традиционные методы организации строительства для них уже непригодны. При узловом методе все подчинено комплексному выполнению строительного-монтажных работ и вводу объектов в эксплуатацию в минимально возможные сроки.

С этой целью в составе пускового комплекса выделяют конструктивно и технологически обособленные части - узлы, завершение каждого из которых позволяет независимо от остальных в возможно короткие сроки производить наладку, автономные опробования и испытания систем.

По функциональному назначению узлы подразделяют на технологические, строительные и общеплощадочные (рис. 1.6).

Под технологическим узлом понимают конструктивно обособленную часть технологической линии, в границах которой производятся строительно-монтажные работы до технологической готовности, необходимой для наладки и испытания

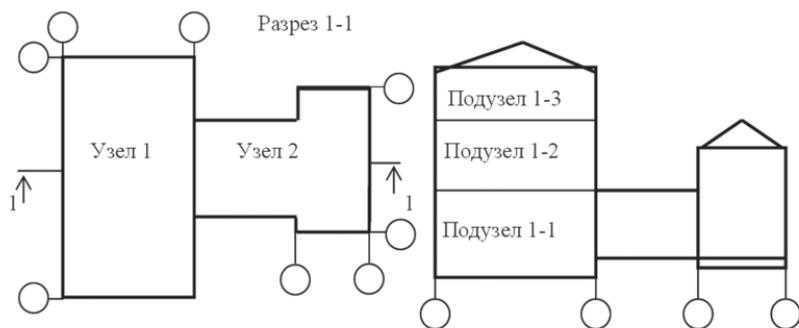


Рис. 1.6. Схема разбивки объекта на узлы

системы, агрегата. К нему относятся фундаменты под технологическое оборудование и само оборудование, технологические трубопроводы, подземные коммуникации, электрощитовые и т. д.

**Строительный узел** – здание (сооружение) основного производственного назначения или его конструктивно обособленная часть, в пределах которой производятся строительно-монтажные работы до технической готовности, необходимой для передачи узла под механомонтажные работы.

К общеплощадочным узлам относятся объекты административно-бытового и вспомогательного назначения, транспортное хозяйство и т. д.

В составе сложных узлов могут выделяться *подузлы* – часть узла, в пределах которой обеспечивается выполнение работ до технической готовности, необходимой для проведения в целом по узлу пусконаладочных работ, опробования агрегатов и устройств.

На этой основе разрабатывают укрупненные и детальные календарные планы производства работ, осуществляют управление строительством. Для оперативного управления ходом работ на комплексе создается специальная служба - руководство комплекса и подкомплексов. Эта служба в пределах узла непосредственно с исполнителями работ решает все возникающие вопросы. Руководители строительных организаций этими вопросами не занимаются.

Применение такого метода организации строительства позволяет четко планировать и координировать работу всех участников строительства в пределах одного узла и по комплексу в целом, концентрировать ресурсы на главных направлениях, обеспечить максимально возможное совмещение работ и ритмичную работу бригад.

#### 1.4. КОМПЛЕКТНО-БЛОЧНЫЙ МЕТОД

Основным принципом комплектно-блочного метода организации строительства является агрегирование отдельных узлов, блоков. В гражданском строительстве - это объемно-блочное домостроение, сантехнические кабины, шахты лифтов, мусоросжигательные и насосные станции, станции водочистки и т. д.; в энергетическом - энергопоезда, трансформаторные подстанции; в промышленном - укрупнение строи-

тельных конструкций в пространственные блоки. При этом методе обязательной является комплектная поставка материалов, изделий, конструкций в виде готовых блоков.

Таким образом, в комплектно-объемно-блочном методе осуществляется замена выполняемых на строительной площадке отдельных видов работ на сборку, испытание и наладку изготовленных на предприятиях узлов. Применение этого метода повлекло за собой необходимость передачи строителям функций заказчика по поставке технологического оборудования, создания проектно-строительных фирм.

Доставка к месту назначения изготовленных блоков осуществляется железнодорожным, автомобильным и водным транспортом, вертолетами. Имеются автомобильные транспортные средства, обеспечивающие перевозку блоков массой до 600 т.

Уже сейчас с помощью этого метода монтируют более 50% котельных, насосных станций, трансформаторных подстанций, ЛЭП и других объектов. Считается, что "это реальный путь ... удвоить производительность труда и сократить сроки строительства... Сегодня нет иного направления кардинального совершенствования индустриализации строительства, который можно было бы поставить в один ряд с объемно-блочным" [3].

Этот метод широко применяется в США, Канаде. При этом они используют сборочные единицы массой до 80 кг. Это дает возможность вести монтаж двум рабочим самой низкой квалификации, применяя при этом только ручную микролебедку, гайковерт и стремянку. Доставка грузов на площадку производится вертолетами. Необходимости в заброске на объект механизмов и автомобильного транспорта нет.

### **1.5. ВАХТОВЫЙ МЕТОД**

Сегодня на ежедневную доставку работников на смену и со смены затрачивается до 30% рабочего времени. В пути люди устают. Исследованиями установлено, что перевозка рабочих автомобильным транспортом на расстояние до 30 км снижает производительность труда на 7%, до 60 км - на 21%. Все это приводит (наряду с другими факторами) к большой текучести кадров и низкой производительности труда.

Вахтовый метод широко применяли нефтяники Тюмени в 1964 г., когда было принято решение из-за отсутствия дорог

на работу (на расстояние 60–80 км) летать. Сейчас этот метод на Севере получил большое распространение. Дело в том, что обустройство одного человека там обходится в 4–6 раз дороже, чем в средней полосе России. Применение этого метода позволяет значительно сократить расходы на развитие нефтегазового комплекса.

Экономический эффект складывается из того, что в районе строительства объекта вместо стационарного городка строителей со школами и больницами, детскими садами, магазинами создают из мобильных зданий вахтовый поселок только для вахтовой смены. После окончания вахты работник улетает к семье, на место постоянного жительства.

Опыт показывает, что работа по этому методу требует очень хорошей подготовки производства: обоснование состава вахтового поселка; определение четкого порядка сменяемости вахт; выбор транспортных средств для перевозки работников; тщательное обоснование режима труда и отдыха.

Доставка работников на вахту и обратно осуществляется или автотранспортом строительно-монтажных организаций, или предоставляемых на основе долгосрочных договоров, заключаемых с авиапредприятиями, железнодорожным и водным транспортом.

Вахтовый режим труда и отдыха включает в себя время нахождения работника на вахте и время межвахтового отдыха по месту постоянного жительства [24] (рис. 1.7).

Время вахтовой смены принимается равным от 8 до 12 ч. Продолжительность отдыха должна быть не менее 12 ч. Как



**Рис. 1.7.** Состав вахтового цикла

правило, работник находится на вахте около одного месяца.

По окончании вахты работник получает межвахтовый отдых по месту постоянного жительства. Его продолжительность определяется суммой часов, переработанных работником сверх нормативной продолжительности рабочего времени на вахте, а также дней еженедельного отдыха (из расчета один день отдыха за 8 ч переработки).

Исследования показывают, что при продолжительности вахтовой смены более 8 ч производительность труда работника снижается на 2–5%, при ее продолжительности 9 ч - на 5–8%; при продолжительности 11 ч - на 12–18%. Это обстоятельство должно быть учтено при разработке календарных планов производства работ.

Численность вахтовых работников  $N_b$  определяется количеством работников, находящихся одновременно на строительной площадке  $N_{cn}$  и на межвахтовом отдыхе  $N_o$ :

$$N_b = N_{cn} + N_o;$$

$$N_{cn} = Q/T(1 - K_c),$$

где  $Q$  - нормативная трудоемкость работ;  $T$  - срок выполнения работ;  $K_c$  - коэффициент снижения производительности труда в зависимости от продолжительности смены на вахте.

Состав работников, находящихся на межвахтовом отдыхе, определяется по формуле:

$$N_o = N_{cn}(K_n - 1),$$

где  $K_n$  - коэффициент переработки времени на вахте,

$$K_n = T_n / T_n,$$

здесь  $T_n$  - нормативная продолжительность рабочей недели (40 ч);  $T_n$  - продолжительность рабочей недели с переработкой.

При работе в две и три смены численность вахтовых рабочих определяется с учетом коэффициента сменности.

## ГЛАВА III

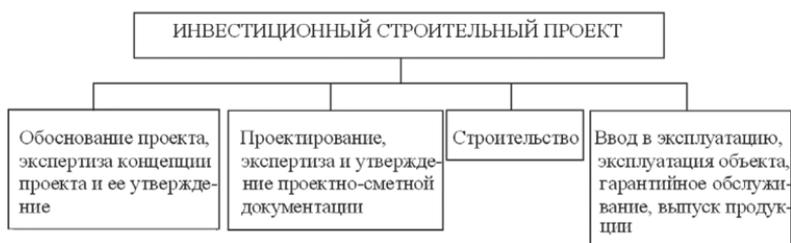
# ОСНОВЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

### 3.1. ВИДЫ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ

Любой инвестиционный строительный проект (ИСП) в своем развитии проходит четыре стадии, представленные на рис. 3.1.

На первой стадии под руководством инвестора выполняются предпроектные маркетинговые исследования, создается представление о будущем объекте, осуществляется предварительное бизнес-планирование, в котором даются технико-экономическое обоснование проекта и оценка его жизнеспособности.

На второй стадии на конкурсной основе инвестор выбирает проектную организацию, оформляет с ней договор на разработку проектной документации, ведется проектирование объекта, получают разрешения на строительство, ведутся пе-



**Рис. 3.1.** Стадии развития инвестиционного строительного проекта

реговоры со строительными и другими фирмами по поводу будущего строительства, организуются подрядные торги и заключаются контракты.

Третья стадия включает в себя непосредственно возведение объекта и ввод его в эксплуатацию. На этой стадии осуществляются закупки строительных материалов, изделий и конструкций, нанимаются рабочие, арендуются строительные машины и механизмы, выполняются строительно-монтажные работы.

На четвертой стадии начинается эксплуатация построенного объекта и, как правило, получение прибыли для коммерческих объектов.

Основными участниками ИСП являются: инвесторы, владельцы земельного участка, финансовые органы, органы власти, строительные фирмы, поставщики строительных материалов, изделий и конструкций, оборудования, страховые компании, органы надзора и т.д.

При таком подходе могут быть выделены сферы управления: управление инвестиционным строительным проектом в целом, управление предпроектной и проектной подготовками, управление подготовкой производства, управление возведением объекта и отдельными его стадиями, управление эксплуатацией объекта.

Объекты, функции и задачи этих объектов управления различны.

Основными видами деятельности, с помощью которых достигаются цели управления любой системы, являются планирование, организация, учет, контроль и регулирование. Управление всегда начинается с осуществления функции планирования. В строительстве на стадии подготовки строительства разрабатывают соответствующие календарные планы (КП).

Календарные планы - это документы, устанавливающие состав, очередность, сроки выполнения работ при возведении объектов и комплексов (строительных проектов), а также потребность в ресурсах, необходимые затраты.

Совокупность работ по формированию календарных планов называют календарным планированием. Календарное планирование, как правило, осуществляют в два этапа: сначала "грубое" предварительное планирование (для получения общего представления о проекте и требуемых ресурсах, оценки степени его реализуемости), затем - детальное, для стадии

его практической реализации. Наконец, в ходе его осуществления, в соответствии с реально складывающейся обстановкой, в него вносят изменения (т. е. осуществляют перепланирование на стадии оперативного и диспетчерского управления производством).

Применяющиеся на практике виды КП приведены на рис. 3.2.

Понятно, что назначение и содержание указанных выше календарных планов различно.

Календарный план в составе ИСП представляет собой документ, в котором детально прописаны все стадии развития проекта от идеи вложения средств в данный объект до стадии ввода его в эксплуатацию (предпроектная и проектная подготовка, бизнес-планирование, проектирование, торги, заключение контрактов со всеми участниками реализации проекта и т. д.).

Календарный план строительства в составе ПОС определяет сроки и очередность строительства объектов комплекса, распределение капитальных вложений, объемов строительно-монтажных работ по объекту, комплексу, а также по плановым периодам. Календарные планы в составе ПОС должны содержать и график выполнения работ, а не только распределение денежных средств по планируемым временным периодам строительства объекта.

На второй стадии реализации проекта разрабатываются календарные планы производства работ на объект в целом, на выполнение отдельных циклов и комплексов работ, на работы подготовительного периода. На их основе заключаются контракты с участниками реализации строительного проекта, разрабатываются оперативно-производственные планы (ОПП), производятся закупки строительных материалов, изделий и



**Рис. 3.2. Виды календарных планов**

конструкций, нанимаются рабочие, арендуются строительные машины и механизмы, осуществляется управление строительством объекта.

Определение последовательности возведения объектов, взаимная увязка потоков, необходимые ресурсы на годовую программу работ (портфель заказов) производятся в составе КП на годовую производственную программу фирмы (в том числе заказчика), строительного участка.

### **3.2. ЗАДАЧИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

Любой строительный проект характеризуется следующими основными признаками:

- направленностью на достижение конкретной конечной цели - ввода объекта в эксплуатацию в установленный контрактом срок, с неперевышением выделенных ассигнований, в соответствии с требованиями проекта и нормативных документов;

- необходимостью скоординированных действий многочисленных участников реализации проекта по достижению заданной цели;

- точно установленными сроками начала и окончания работ каждым исполнителем;

- уникальностью (неповторимостью и одноразовостью).

Главная задача руководителя строительного проекта (менеджера) и его команды заключается в разработке графика (последовательности) выполнения работ (действий) для достижения установленной цели и обеспечения выполнения работ в запланированные сроки с учетом выделенных или имеющихся у управляющего средств и предъявляемых к проекту требований.

Таким образом, при разработке КП для достижения поставленных целей необходимо получить ответы на следующие вопросы:

1. Какие работы должны быть выполнены?
2. В какие сроки их необходимо выполнить?
3. Кто будет выполнять эти работы?
4. Какие для этого необходимы ресурсы?

В общем случае календарные планы должны предусматривать:

- своевременную подготовку строительной площадки к производству работ;
- первоочередное выполнение работ подготовительного периода;
- повышение степени заводской готовности материалов, деталей, конструкций и оборудования, превращение строительной площадки в монтажную зону, перенос трудоемких процессов со строительной площадки в заводские условия;
- применение передовой технологии строительства, современных форм и методов организации строительства и производства работ, а также комплектную поставку материально-технических ресурсов;
- ограничение объема временного строительства за счет применения мобильных зданий и сооружений, которые можно использовать для нужд строительства;
- сбалансированность планов строительства с имеющимися в фирме ресурсами;
- безопасные условия труда, пожарную безопасность и нормальные санитарно-бытовые условия работникам строительной организации;
- возведение объектов в сроки, установленные контрактом. При разработке КП должны быть учтены:
- сроки выдачи заказчиком проектной документации и поставки технологического оборудования, освобождения территории строительства;
- наличие и мощности привлекаемых к выполнению работ бригад;
- возможности поставок материально-технических ресурсов;
- требуемые сроки окончания этапов работ и завершения строительства объекта в целом;
- сезонные и климатические условия района строительства и т. д.

В качестве критериев оценки качества разрабатываемых КП используют минимум приведенных затрат, минимальную продолжительность строительства, максимум прибыли, невышение заданного уровня потребления ресурсов, непрерывность работы бригад и др.

Однако чаще всего при календарном планировании решаются задачи минимизации: продолжительности, стоимости строительства, потребности ресурсов и др.

Календарное планирование представляет собой сложную

задачу управления строительным производством (она большемерна, многовариантна, многокритериальна).

### **3.3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТА**

Под моделью понимают упрощенное отображение свойств изучаемого объекта. По свойствам модели судят не обо всех свойствах объекта исследования, а лишь о так называемых существенных. Общепризнанной классификации моделей сейчас пока нет.

К моделям предъявляют требования адекватного отображения моделируемого объекта, простоты построения, небольшой трудоемкости внесения в них изменений, удобства проведения на них исследований.

Процесс создания любой модели - творческий, и обычно его представляют следующим образом [28]. Сначала в изучаемом явлении (процессе) выделяют существенные факторы, характеризующие явление (процесс). Затем устанавливают взаимосвязи, описывают зависимости, строят модель. После этого ее анализируют, уточняют. Критерием точности отображения модели реального процесса являются эксперимент, человеческая практика.

Для отображения производственных процессов и взаимосвязей между ними при календарном планировании в строительстве также применяют различные модели. Их называют организационно-технологическими (ОТМ).

Наибольшее распространение в настоящее время получили модели в виде линейных графиков (в том числе циклограмм) и сетей (в терминах "работы-дуги", "работы-вершины", "сети предшествования").

### **3.4. ЛИНЕЙНЫЕ ГРАФИКИ**

На линейных графиках (диаграммах Ганта) развитие производственных процессов (рис. 3.3) показывают в виде линий (лент), отображающих ход и сроки выполнения каждого вида работ. Длина этих линий в определенном масштабе времени соответствует времени выполнения работ.

Как правило, зависимости между работами в таких моделях показывать не принято, что не позволяет проследить со-

блюдене технологической последовательности подлежащих выполнению работ. На наш взгляд, их отображение крайне необходимо.

Главными достоинствами такой модели являются простота ее построения и наглядность. Линейные графики получили большое распространение в календарном планировании строительства сравнительно простых объектов.

К основным параметрам работ модели относят: объемы в физическом и (или) стоимостном выражениях - соответственно  $V_i$ ,  $C_i$ ; трудоемкость  $Q_i$ ; машиноемкость  $M_i$ ; продолжительность выполнения  $t_i$ ; время начала и окончания выполнения  $t_i^H$ ,  $t_i^O$ ; численный состав бригады, выполняющей работу,  $N_i$ .

Математически эти модели описываются набором фиксированных значений сроков начала и окончания  $i$ -й работы на  $j$ -м объекте (захватке):

$$\Pi = \{t_{ij}^H, t_{ij}^O\}, i = 1, n, j = 1, m.$$

Наряду с этими моделями особенно широко при календарном планировании строительства летных полей аэродромов, дорог, подземных сооружений применяют ОТМ в виде циклограмм.

Эти модели (предложены впервые М. С. Будниковым) появились в 30-х годах прошлого столетия в нашей стране с началом внедрения в строительство поточных методов. Графики строят в осях координат "работы-время". На вертикальной оси откладывают в масштабе захватки или объекты, на горизонтальной оси - время выполнения работ  $t$ . Ход и сроки выполнения работ на графике отображают наклонными линиями (рис. 1.5). Начало линии соответствует началу выполнения работы, конец линии - ее окончанию.

Математически эти модели описываются в виде:

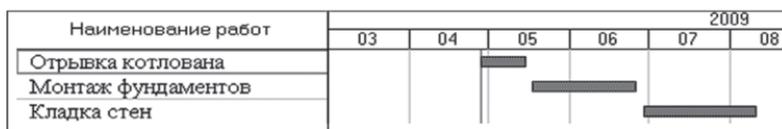


Рис. 3.3. Линейный график производства работ

$$t_{ij}^H \geq t_{i-1,j}^O, t_{ij}^H \geq t_{i,j-1}^O$$

при условии

$$t_{mi}^O - t_{1j}^H = \sum_{i=1}^m t_{ij},$$

где  $t_{ij}^H$  и  $t_{mi}^O$  - соответственно сроки начала и окончания работы  $j$ -го потока на  $i$ -й захватке;  $j$  - номер потока,  $j=1, n$ ;  $i$  - номер захватки,  $i=1, m$ .

На циклограммах хорошо прослеживаются взаимосвязи выполняемых работ, а также отражаются всевозможные технологические и организационные условия. В то же время им присущи и недостатки: они не содержат многих других параметров, необходимых для целей управления; показывают только основные работы; при значительных отклонениях в ходе выполнения отдельных работ требуется пересоставление графика.

К основным параметрам циклограмм относят: число потоков  $n$ ; продолжительность выполнения работы на захватке (ритм потока)  $t_{pij}$ ; время между началами двух смежных потоков на 1-й захватке  $t_{ш,j,j-1}$ ; время между окончанием предыдущего и началом выполнения последующего потока на захватке (время технологического или организационного перерыва  $t_{тпj-1,j}$ ).

По степени ритмичности потоки могут быть ритмичными, разноритмичными и неритмичными. Различны и методы их расчета.

Для ритмичных потоков (рис. 1.5, а) справедливо равенство

$$t_{pj} = t_p = \text{const.}$$

Очевидно, что для таких потоков

$$t_{чп} = m t_p; t_{сч} = (m + n - 1)t_p + \sum_{j=1}^n t_{тпj-1,j};$$

$$t_3 = nt_0 + \sum_{j=1}^n t_{m_{j-1,j}},$$

где  $m$  - число захваток на объекте;  $n$  - число частных потоков;  $t_{чп}$ ,  $t_{сп}$ ,  $t_3$  - соответственно время выполнения частным и специализированным потоками, продолжительность выполнения всех работ на захватке.

Для организации ритмичных потоков необходимы равномерное распределение объемов работ по захваткам и одинаковая производительность труда звеньев (бригад), что не всегда возможно. Чаще встречаются разноритмичные потоки, для которых справедливо (рис. 1.5, б) равенство

$$t_{p_j} = \text{const}, j = 1, n;$$

$$t_{p_1} \neq t_{p_2} \neq \dots \neq t_{p_n}.$$

Разницу между началами выполнения двух смежных потоков в этом случае называют величиной сближения  $t_{сбл}^{j-1,j}$ .

При  $t_{p_{j-1}} \leq t_{p_j}$

$$t_{сбл}^{j-1,j} = t_{p_{j-1}},$$

при  $t_{p_{j-1}} > t_{p_j}$

$$t_{сбл}^{j-1,j} = m(t_{p_{j-1}} - t_{p_j}) + t_{p_j}.$$

В этом случае

$$t_{чп} = mt_{p_j}; \quad t_3 = \sum t_{сбл}^{j-1,j} + t_{p_n}.$$

$$t_{сп} = \sum t_{сбл}^{j-1,j} + t_{p_n} m.$$

Еще чаще встречаются неритмичные потоки (рис. 1.5, в). В этом случае

$$t_{i-1,j} \neq t_{p_{i,j}} \neq t_{p_{i,j-1}}.$$

Для таких потоков величина сближения определяется из следующего выражения:

$$t_{сбл}^{j-1,j} = \max \left( \sum_{i=1}^m t_{p_{i,i-1}} - \sum_{i=1}^{m-1} t_{p_{i,j}} \right), i=1, m, j=n.$$

Остальные параметры:

$$t_{чп_j} = \sum_{i=1}^m t_{p_{ij}}; t_{сн} = \sum_{i=1}^n t_{сбл}^{j-1,j} + \sum_{i=1}^m t_{p_n},$$

или

$$t_{сн} = \sum_{j=1}^n t_{p_j} + \sum_{j=1}^n (t_{сбл}^{j-1,j} - t_{p_{j-1}}).$$

Однако продолжительность строительства объекта (комплекса) для таких потоков зависит уже от очередности включения захваток (объектов) в поток. При этом число возможных вариантов построения графиков производства работ и их продолжительностей составит  $N = m!$ , или  $N = M!$ , где  $m(M)$  - число захваток (объектов) на объекте (комплексе). При  $m = 5$  значение  $N=120$ .

Для выбора наилучшего из возможных вариантов графиков по критерию минимума общей продолжительности строительства объекта (комплекса) применяют специальные точные или эвристические методы. Один из них сводится к следующему<sup>1</sup>.

Пусть строительной организации (участку) необходимо поточным способом возвести комплекс, включающий в себя три объекта. На каждом из них требуется произвести три ведущих цикла работ: нулевой, возведение надземной части, отделочные работы. Выполнение остальных работ совмещается с указанными выше и не влияет на общий срок

<sup>1</sup> Гунейко А. К выбору очередности возведения объектов для обеспечения непрерывности работ//Промышленное строительство. - 1976. - №9.

строительства объекта. Продолжительности выполнения  $j$ -го цикла на  $i$ -м объекте в месяцах приведены на рис. 3.4, а.

Допустим, что принято решение возводить объекты в последовательности 1-2-3. В этом случае (рис. 3.4, б) общая расчетная продолжительность возведения комплекса  $T_{к1}$  составит 12 месяцев. Если же будет принята очередность возведения объектов 1-3-2 (рис. 3.4, в), то при прочих равных условиях  $T_{к2}$  будет равна 9 месяцам.

Следовательно, возникает задача поиска такой последовательности включения объектов в поток, при которой  $T_{к} \rightarrow \min$ .

Для решения этой задачи (рис. 3.4 а) по каждому специализированному потоку подсчитываются значения  $\Sigma t_{ij}$  и выбирается максимальное из них. В данном случае оно будет равно 7. Обозначим этот поток буквой  $p$ .

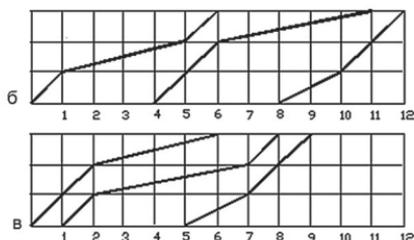
Затем по каждому объектному потоку (по каждой строке) подсчитывают суммы  $t_{ip}$  (от первого до  $p$ -го потоков) и  $t_{pn}$  (от  $p$ -го потоков).

$$K_{np_i} = \sum_{i=1}^{p-1} t_{ij} / \sum_{i=p+1}^n t_{ij}.$$

После этого по каждому объекту определяют коэффициенты "приоритетности".

а

| ij              | 1 | 2 | 3 | $\Sigma t_{ij}$ | $\Sigma t_{ij}$ | $\Sigma t_{ij}$ | $K_{np}$ | Очередн. |
|-----------------|---|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|
| 1               | 1 | 1 | 2 | 4               | 1               | 2               | 0,5      | 1        |
| 2               | 4 | 1 | 1 | 6               | 4               | 1               | 4        | 3        |
| 3               | 1 | 5 | 1 | 7               | 1               | 1               | 1        | 2        |
| $\Sigma t_{ij}$ | 6 | 7 | 1 |                 |                 |                 |          |          |



**Рис. 3.4. Циклограмма неритмичных потоков:**

а - исходные данные и порядок расчета; б - включение объектов в поток в последовательности 1-2-3; в - то же в последовательности 1-3-2

Тот объект, у которого  $K_{np}$  минимален, ставится в очередь на первое место, затем по степени увеличения значений  $K_{np}$  представляются остальные объекты. Наилучшей последовательностью включения объектов в поток в данном случае будет 1-3-2.

При таком подходе к выбору очередности включения в поток могут иметь место следующие случаи:

– максимальную продолжительность имеет первый специализированный поток, тогда

$$K_{np_1} = t_{i1} / \sum_{j=2}^n t_{ij};$$

– максимальную продолжительность имеет последний (n-й) специализированный поток, тогда

$$K_{np_1} = \sum_{j=1}^{n-1} t_{ij} / t_{nj}.$$

Часто представляет практический интерес выбор варианта, обеспечивающего минимум не только продолжительности строительства комплекса, но и простоя фронтов работ. По этому критерию более предпочтительным будет вариант включения объектов в поток в очередности 3-2-1.

### 3.5. СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ

Сетевые графики появились в конце 50-х годов прошлого столетия. Они представляют собой экономико-математическую модель, в которой с помощью ориентированного графика отображаются последовательность выполнения работ, технологические и организационные взаимосвязи между ними.

Методы построения, расчета и анализа сетевых графиков, используемых в календарном планировании, называют сетевыми методами, или методами сетевого планирования.

Работы в сетевой модели отображаются в виде "работы-дуги" (рис. 3.5) или "работы-события" (рис. 3.6).

В зависимости от числа завершающих событий модели могут быть одно- или многоцелевыми. В случае, когда зада-

ются законы распределения продолжительностей выполнения работ, такие графики называют вероятностными (в отличие от детерминированных).

Сетевые модели могут быть и альтернативными. Они допускают возможность многовариантного строительства с оценкой вероятности каждого исхода. Такие модели сложны, описаны в специальной литературе. Распространения на практике они пока не получили.

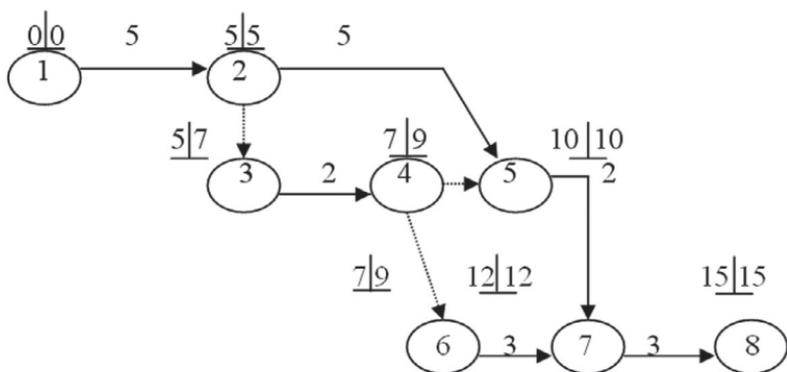


Рис. 3.5. Сетевая модель в терминах "работы-дуги"

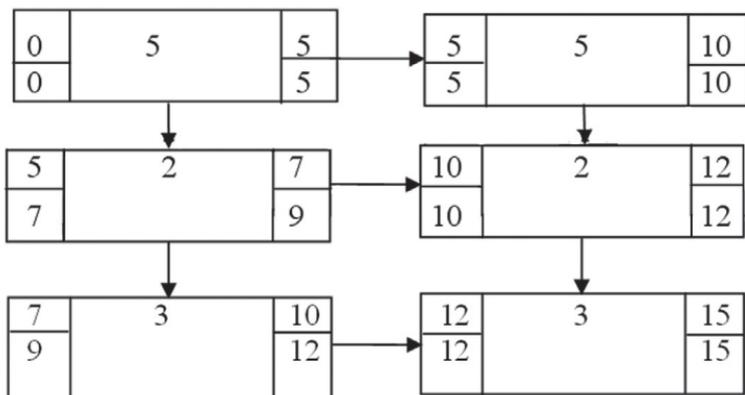


Рис. 3.6. Сетевая модель в терминах "работы-события"