



Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет  
Строительный факультет  
Кафедра «Экономика, организация строительства  
и управление недвижимостью»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к практическим занятиям по дисциплинам  
“Организация и управление в строительстве” и  
“Организация производства”  
для студентов специальностей  
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,  
1-70 02 02 - «Экспертиза и управление недвижимостью»,  
1-27 01 01 - «Экономика и организация производства» направление  
1-27 01 01-17 «Экономика и организация производства  
(строительство)» всех форм обучения

Электронное учебное издание

Минск  
БНТУ  
2024

**Составители:**

Д.М. Пикус, доцент кафедры «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

М.А. Стельмах, старший преподаватель кафедры «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью» Белорусского национального технического университета

Г.Д. Судорева старший преподаватель кафедры «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью» Белорусского национального технического университета

**Рецензенты:**

В.Д. Сизов, заведующий НИИЛ строительной теплофизики и инженерных систем зданий, кандидат технических наук, доцент

С.Н. Ковшар, декан строительного факультета, доцент кафедры «Строительные материалы и технология строительства», кандидат технических наук, доцент

Методические указания предназначены для получения и закрепления практических навыков по организационно-технологическому моделированию возведения объектов (разработке календарных планов на строительство объектов) на основе сетевых моделей вида “вершина-событие”, метода “критического пути” и параметрического метода определения продолжительности выполнения строительно-монтажных работ, в том числе с использованием автоматизированных систем управления. Рассматриваются вопросы подготовки строительного производства, отчетности (исполнительная документация), инструменты и методы календарного планирования и корректировок (калибровка, сглаживание), методы организации строительства объектов.

Методические указания содержат многовариантные задания и типовые расчеты по указанным разделам. Набор заданий и указания к ним предусматривают возможность изменять объем работы для студентов различных специальностей.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	4
2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Нормативная база строительства, устанавливающая требования к Организации строительного производства” .....	6
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Определение продолжительности выполнения строительно-монтажной работы (СМР). Разработка ведомости потребности в материально-технических ресурсах” .....	7
4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Элементы и основные правила построения сетевых моделей” .....	13
5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Расчет сетевого графика графическим (секторным) способом” .....	18
6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Привязка сетевого графика к календарной шкале ( <i>построение сетевого графика в масштабе времени</i> ). Построение графика изменения численности рабочих (в день, в смену и списочный состав в день)” .....	24
7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Корректировка сетевого графика (календарного плана) по критерию «время»” .....	28
8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Корректировка сетевого графика (календарного плана) по критерию «ресурсы»” .....	34
9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Построение графиков расхода и поставки материальных ресурсов” .....	38
10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Разработка вариантов организационно-технологических схем (ОТС) возведения объекта. Построение укрупненных сетевых моделей под варианты ОТС возведения объекта. Заполнение карточек-определителей работ под укрупненные сетевые модели. Выбор оптимального варианта ОТС” .....	47
11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Организация и календарное планирование строительства объектов различного назначения. Разработка детального календарного плана (сетевого графика) строительства объекта в составе проекта производства работ (ППР)” .....	79
12. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Документооборот мастера” .....	90
13. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Автоматизация процесса построения сетевых графиков” .....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	105

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Строительство объектов в кратчайшие сроки, с минимальными затратами и высоким качеством - это главные задачи, стоящие перед всеми участниками создания продукции строительства и в первую очередь перед строителями, и зафиксированные в Программе социально-экономического развития и Концепции развития строительной отрасли Республики Беларусь.

Реализация таких задач может быть обеспечена только при основательной инженерной подготовке к строительству, которая должна осуществляться до начала возведения объекта. Основой подготовки строительного производства является разработка проекта производства работ (ППР).

Освоение учебных дисциплин «Организация и управление в строительстве» и «Организация производства» обеспечивает формирование у будущих специалистов, в соответствии с учебной программной документацией, таких профессиональных компетенций, что они будут способны в т.ч:

- организовывать работу коллективов исполнителей для достижения поставленных целей;
- определять объемы строительно-монтажных работ и потребность в материалах и оборудовании для решения производственных задач на основе правил, норм и технической документации;
- обеспечивать резерв материалов и конструкций, необходимых для выполнения плановых заданий строительного производства;
- разрабатывать проекты производства работ на строительство объектов;
- организовывать и осуществлять производственную деятельность по возведению зданий и сооружений в соответствии с проектной документацией и действующими нормативными документами;
- ставить задачи и обоснованно выбирать методы оптимизации производственных процессов при возведении зданий и сооружений;
- разрабатывать варианты организационно-технологических схем возведения объекта с оценкой эффективности каждого варианта.

Таким образом, развитию этих способностей (компетенций), приобретению навыка практической разработки документов подготовки строительного производства, закреплению полученных знаний и будут способствовать данные практические занятия. Кроме того, на практике будет закреплено понимание существующих современных инструментов и методов календарного планирования, используемых при управлении сроками реализации строительных проектов, в частности метода критического пути на сетевой модели вида “вершина-событие”. Также, решение прикладных практических задач, закрепив базовые знания, в дальнейшем позволит реализовывать задачи организации и управления в строительстве с использованием автоматизированных систем управления, в том числе посредством программ

для управления проектами в строительстве, на курсовом и дипломном проектировании, и в конечном итоге на производстве.

На практических занятиях, по предложенным в методических указаниях методикам, студенты изучают методы организации строительства, приемы и способы корректировки календарных планов строительства по различным критериям. Таким образом, вариантное проектирование производства работ, позволит разрабатывать оптимальный календарный план возведения объекта, который является основным документом в составе ППР.

Практическим занятиям предшествует изучение соответствующих разделов дисциплин. Перед началом занятий преподаватель осуществляет опрос студентов по теме, затем кратко излагает методику выполнения задания. Студенты выполняют задания в соответствии с заданным вариантом. В процессе работы преподаватель может для иллюстрации выполнять отдельные разделы одного из вариантов на доске. Преподаватель осуществляет помощь в использовании нормативной, справочной литературы и других данных.

## 2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Нормативная база строительства, устанавливающая требования к Организации строительного производства”

**Цель занятия:** Ознакомление с основными действующими техническими нормативными правовыми актами (ТНПА) в области архитектуры и строительства, которые устанавливают требования к организации строительного производства и задают порядок, учитываемый при организационно-технологическом проектировании производства работ и разработке проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР).

### **Содержание занятия:**

1. Совместно с группой перечислить основные ТНПА заданной области.
2. Рассмотреть структуру, состав и содержание учитываемых ТНПА, а также основные понятия, процессы, требования, формы документов и способы определения параметров (на примере), представленные в них.
3. По индивидуальному заданию ([см. файл “варианты индивидуальных заданий”](#)) рассчитать показатели оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ на объектах строительства.
4. Рассмотреть возможности применения показателя.

### **Основная часть.**

В соответствии с целью и содержанием, на практическом занятии рассматриваются следующие ТНПА (для анализа и ознакомления с перечисленными ниже документами, здесь даются ссылки на официальные источники содержащие данные ТНПА):

1. [КОДЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОБ АРХИТЕКТУРНОЙ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ](#) от 17 июля 2023 г. № 289-З
2. [СН 1.03.04-2020 Организация строительного производства, \(Изменение № 1\)](#);
3. [СН 1.03.01-2019 Возведение строительных конструкций зданий и сооружений, \(Изменение №1\)](#);
4. [СП 1.03.01-2019 Отделочные работы \(текст здесь\)](#);
5. [СП 1.03.11-2023 Продолжительность строительства. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объектах строительства. Порядок определения \(текст здесь\)](#) – дата введения 18.12.2023 г. с отменой - ТКП 45-1.03-122-2015 Нормы продолжительности строительства зданий, сооружений и их комплексов. Основные положения, и соответствующих ТКП 45-1.03-123-2008, ТКП 45-1.03-124-2008, ТКП 45-1.03-125-2008, ТКП 45-1.03-210-2010, ТКП 45-1.03-211-2010, ТКП 45-1.03-

212-2010, ТКП 45-1.03-213-2010, ТКП 45-1.03-259-2012, ТКП 45-1.03-260-2012, ТКП 45-1.03-261-2012, ТКП 45-1.03-303-2015, регламентирующих нормативную продолжительность строительства объектов в зависимости от их назначения и вида строительства. Здесь необходимо провести сравнение содержания, используемых терминов, подходов и порядка расчета по новому СП и по отмененным, но применяемым до 18.12.2023 г. ТКП;

6. [СП 1.03.16-2024 Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде. \(Перечень исполнительной документации\)](#)

7. Сборники нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении по видам работ – [НРР-2012](#), НРР-2017, НРР-2022;

8. Нормы затрат труда – сборники НЗТ по видам строительно-монтажных работ.

На практическом занятии осуществляется знакомство с возможностями государственной информационной системы (ГИС) [«Госстройпортал»](#), которая обеспечивает формирование единой информационной среды в строительном комплексе, а также знакомство с содержанием информационного портала [“ТЕХКАРТА”](#) и его фондом типовых технологических карт. Посещение официальных сайтов <https://pravo.by/>, <http://mas.gov.by>, <https://stn.by/> и др., структурирует информацию по строительной отрасли, о ТНПА и возможностях их поиска.

### **3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Определение продолжительности выполнения строительно-монтажной работы (СМР). Разработка ведомости потребности в материально-технических ресурсах”**

**Цель занятия:** Изучение структуры, содержания и отличий НРР от НЗТ, и особенностей применения этих документов при решении вопросов организации строительства. Ознакомление с порядком определения продолжительности выполнения строительно-монтажной работы (СМР) и назначения параметров выполняемой СМР, содержанием и требованиями к разработке ведомости потребности в материально-технических ресурсах, учитываемыми при организационно-технологическом проектировании производства работ, в т.ч. при разработке проектов производства работ (ППР).

#### **Содержание занятия:**

1. Совместно с группой перечислить основные материально-технические ресурсы, необходимые для выполнения каждой СМР и в целом для осуществления строительства объекта.

2. Рассмотреть назначение, структуру, состав, содержание и отличия НРР от НЗТ, назначение ведомости потребности в материально-техниче-

ских ресурсах, способ определения продолжительности выполнения строительно-монтажной работы и требования к назначению учитываемых параметров.

3. По индивидуальному заданию ([см. файл “варианты индивидуальных заданий”](#)) заполнить ведомость потребности в материально-технических ресурсах (см. таблицу 1) и рассчитать продолжительности выполнения строительно-монтажных работ.

4. Рассмотреть возможности применения показателей.

### **Основная часть.**

Целью составления ведомости потребности в материально – технических ресурсах является определение: нормативной трудоемкости (затрат труда рабочих рабочих-строителей в чел.-ч.) и нормативной машиноемкости (затрат времени работы основных строительных машин и механизмов в маш.-ч.) выполняемых СМР при возведении объекта, и их значений по объекту в целом; потребности в материалах и конструкциях; состава звена рабочих и количества рабочих в бригаде в смену, количества машин, занятых на выполнении соответствующей СМР; количества смен работы в день. Конечным результатом заполнения данной ведомости является определение продолжительности выполнения каждой строительно-монтажной работы. Исходными данными для её разработки может являться локальная смета или ведомость объемов работ. Форма данной ведомости, с примером ее заполнения, приведена в таблице 1.

Порядок заполнения ведомости потребности в материально – технических ресурсах заключается в следующем.

Графа 2 “Наименование работ”, Графа 3 “Единица измерения” и Графа 4 “Объем работ” – здесь заполняются в соответствии с вариантом индивидуального задания ([см. файл “варианты индивидуальных заданий”](#)), единицу измерения работы в дальнейшем необходимо сверить и при необходимости привести в соответствие с учитываемой в таблице НРР, в этом случае и объем должен быть переведен в соответствующую единицу измерения;

Графа 5 “Обоснование НРР” (*номер соответствующей виду работ таблицы в НРР*), Графа 6 “Норма трудоемкости на единицу объема, чел.-ч.” (*выбираются затраты труда рабочих строителей*), Графа 8 “Наименование механизма” (*здесь выбирается только основной механизм*), Графа 10 “Норма машиноемкости на единицу объема, маш.-ч.”, Графа 16 “Наименование материалов”, Графа 17 “Единица измерения материала” и Графа 18 “Норма материала на единицу объема” - принимаются по, соответствующему данному виду работ, сборнику и таблице в НРР (*здесь возможно ис-*

*пользовать или НРР-2012 или НРР-2017 или НРР-2022 на выбор*). Выбранные обоснования работ (соответствующие таблицы в НРР) должны полностью отражать характер и параметры заданных работ и конструкций;

Графа 7 “Трудоемкость на весь объем в чел.-ч.” – рассчитывается путем умножения Графы 4 на Графу 6 по каждой работе;

Графа 9 “Количество механизмов” – принимается в зависимости от принятой организационно-технологической схемы возведения объекта (*здесь принимается 1 механизм*). Необходимо понимать то, что принимаемое значение количества машин, является количеством машин в день.

Графа 11 “Машиноемкость на весь объем в маш.-ч.” – рассчитывается путем умножения Графы 4 на Графу 10 по каждой работе;

Графа 12 “Состав звена” – состав звена, с указанием квалификации рабочих и количества человек каждого учитываемого разряда, принимается по, соответствующему данному виду работ, сборнику Норм затрат труда (НЗТ);

Графа 13 “Количество человек в бригаде” – при необходимости увеличения количества человек в бригаде это значение должно быть кратно количеству рабочих в одном звене.

Необходимость увеличения количества человек в бригаде возникает в случае наличия большого объема отдельной работы, а выполнение ее одним звеном приводит к нецелесообразно большой продолжительности ее выполнения.

Но необходимо помнить, что минимизация продолжительности выполнения отдельной работы имеет предел в виде трех ограничений: величина фронта работ, наличие рабочих кадров и технология выполнения работ. И если принять, что рабочие кадры есть в наличии и технология выполнения работ позволяет, то предельное число рабочих, которые могут работать на захватке, определяется путём разделения фронта работ на участки. Размер этих участков должен быть равен сменной производительности звена или одного рабочего. Таким образом, число участков, умноженное на численный состав одного звена, определяет максимальную численность бригады на данной захватке.

Численный состав бригады монтажников конструкций должен, по возможности, соответствовать производительности ведущего механизма (монтажного крана), но и кратность звену здесь также должна соблюдаться.

Если те или иные работы планируется объединить в комплексный процесс, то численный состав бригады в каждой из них должен быть одинаковым.

*Также необходимо понимать то, что определяемое здесь значение количества человек в бригаде, является количеством человек в смену.*

Графа 14 “Сменность” – для работ связанных с разработкой грунта бульдозером или экскаватором, с монтажом/кладкой/монолитными конструкциями подземной части и надземной части, сменность необходимо принять равную 2 (двум) - эти работы ведутся в 2 (две) смены, из учета эффективной работы используемых здесь ведущих механизмов (бульдозер, экскаватор, монтажный кран и т.п.).

Для всех работ, где ведущими являются бригады рабочих (ручные работы – кровельные, изоляционные, столярно-плотничные, отделочные и др.), необходимо планировать их выполнение в одну, причем именно в первую, смену, из учета эффективной работы бригад рабочих (условия труда, производительность, отсутствие дополнительного освещения и мероприятий по охране труда и технике безопасности);

Графа 15 “Продолжительность, дней” – *продолжительность ручных работ* (ведущими являются бригады рабочих) необходимо определять по следующей формуле:

$$П_P = \frac{T_{p \text{ (в чел.-час.)}}}{8 \times C \times n} = \frac{\text{Графа 7}}{8 \times \text{Графа 14} \times \text{Графа 13}}$$

Условные обозначения здесь, и в ниже приведенной формуле, расшифровываются посредством отсылки на номера граф ведомости потребности в материально-технических ресурсах, а 8 это продолжительность смены.

Необходимо помнить, что продолжительность таких работ как устройство монолитных конструкций и кладка стен из кирпича и блоков, определяется по формуле для ручных работ, но при 2 (двух) сменном режиме их выполнения.

*Продолжительность механизированных работ* (ведущими являются механизмы) необходимо определять по следующей формуле:

$$П_M = \frac{M_{\text{ (в маш.-час.)}}}{8 \times C \times N} = \frac{\text{Графа 11}}{8 \times \text{Графа 14} \times \text{Графа 9}}$$

Продолжительность монтажа конструкций определяется по формуле для механизированных работ (кран ведущий механизм) только в случае, когда количество человек в бригаде монтажников в точности соответствует производительности ведущего механизма (монтажного крана), в иных случаях необходимо использовать формулу для ручных работ, и каждый раз количество смен принимается равное 2 (двум). Здесь необходимо сравнить возможное среднее количество монтажников под краном ( $n_{cp}$ ) с составом звена по каждой конструкции, исходя из сравнения, увеличивать (если это возможно) количество человек в бригаде кратно звену и с учетом того, что бригада должна быть постоянного состава на монтаже конструкций всего здания ( $N_{cp}$ ).

Графа 19 “Материалы на весь объем” – рассчитывается путем умножения Графы 4 на Графу 18 по каждому материалу каждой работы.

Округления значений по графам ведомости рекомендуется принимать в соответствии с примерами рассчитанных значений в таблице 1.

В перечне материалов по видам работ в Графе 16 достаточным (в учебных целях) будет указать не более трех основных их видов. В перечне механизмов по видам работ в Графе 8 также достаточным будет указать только ведущий механизм.

Также только в учебных целях, для работ по разработке грунта бульдозером и экскаватором, возможно не заполнять Графы 6, 7, 12 и 13, а в свою очередь для всех ручных работ возможно не заполнять Графы 8, 9, 10 и 11, что позволит наглядно выделить ведущие ресурсы и послужит классификации работ на ручные и механизированные для дальнейшего правильного использования формул для определения продолжительности выполнения соответствующих работ. Однако для работ связанных с монтажом конструкций необходимо заполнять все графы ведомости без исключения, для возможности определения количества человек в бригаде монтажников.

Информация о материальных ресурсах необходима для построения графиков расходования и поставок материальных ресурсов, размещения заказов на заводах-изготовителях, согласования сроков с транспортными предприятиями.

НРР, помимо отличий по структуре, содержанию и составу работ от НЗТ, устанавливает требования к среднему разряду рабочих, которые должны учитываться при формировании соответствующих трудовых коллективов для выполнения конкретной работы при разработке календарного плана строительства объекта.



#### **4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Элементы и основные правила построения сетевых моделей”**

**Цель занятия:** Изучение элементов и основных правил построения сетевых моделей и особенностей применения их, учитываемых при организационно-технологическом моделировании процесса производства работ (разработке календарного плана в составе ППР).

##### **Содержание занятия:**

1. Совместно с группой перечислить основные элементы и правила построения сетевых моделей.
2. Рассмотреть назначение и отличия элементов и применение основных правила построения сетевых моделей на примере.
3. Совместно с группой решить предлагаемые варианты задач.

##### **Основная часть.**

В качестве модели, отражающей технологические и организационные взаимосвязи процесса производства строительно-монтажных работ, в системе планирования и управления используется сетевая модель.

##### ***Элементы сетевых моделей (графиков).***

Сетевая модель изображается в виде системы, состоящей из линий со стрелками и кружков. В основе построения сети лежат понятия (элементы) “работа”, “событие”, “зависимость”, “ожидание”.

***Работа*** – это производственный процесс, требующий затрат времени и материальных ресурсов и приводящий к достижению определенных результатов (например, разработка котлована, устройство фундаментов, монтаж конструкций). Работу на сетевой модели изображают одной сплошной линией со стрелкой.

Как правило, над линией указывается наименование работы, а под линией – продолжительность работы в днях и далее, через “ – ”, указывается количество смен в день и количество рабочих в смену (см. рисунок 1 Б). При необходимости, под линией также может указываться, через дробь, сметная стоимость строительно-монтажных работ в тыс. руб. или физический объем работ или наименование исполнителя работ и т. п. В зависимости от назначения модели содержание приводимых параметров работы может меняться, но продолжительность и наименование работ указывается всегда.

**Событие** – это факт окончания одной или нескольких работ, необходимый и достаточный для начала следующих работ. В любой сетевой модели события устанавливают технологическую и организационную последовательность работ. События изображаются кружками или другими геометрическими фигурами, внутри которых (или рядом), в т.ч. указывается определенный номер – код события (см. рисунок 1 А<sup>1</sup> и 1 А<sup>2</sup>). События ограничивают рассматриваемую работу и по отношению к ней могут быть начальными и конечными (см. рисунок 1 Б).

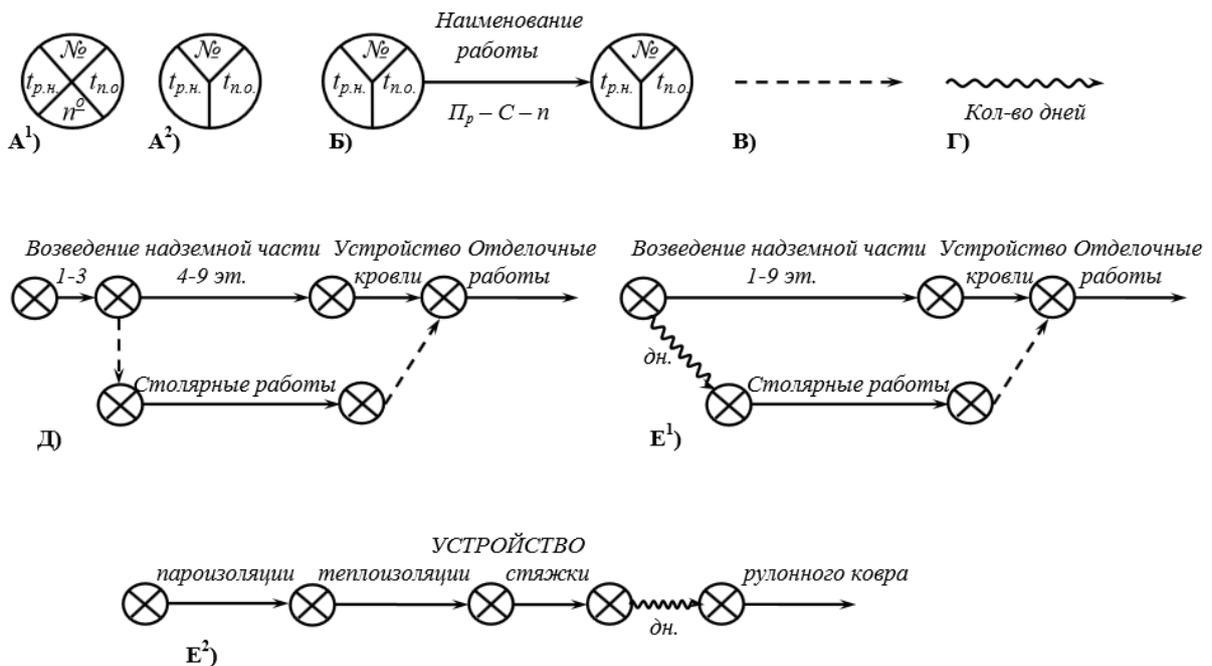
*Начальное событие* определяет начало данной работы и является конечным для предшествующих работ. *Конечное событие* определяет окончание данной работы и является начальным для последующих работ. *Исходное событие* это событие, которое не имеет предшествующих работ в рамках рассматриваемой сетевой модели, а *завершающее событие* это событие, которое не имеет последующих работ в рамках все той же рассматриваемой сетевой модели (см. рисунок 2 Г).

**Зависимость** (фиктивная работа) вводится для отражения технологической и организационной взаимосвязи работ и не требует ни времени, ни ресурсов. Зависимость изображается пунктирной линией со стрелкой (см. рисунок 1 В). Она определяет последовательность свершения событий. Например, зависимость начала столярных работ (заполнение оконных и дверных проемов) (см. рисунок 1 Д) от окончания возведения надземной части до 3 этажа включительно, вызвана технологической необходимостью раскрытия фронта столярных работ и организационной необходимостью обеспечения надлежащих условий производства работ с учетом требований охраны труда и техники безопасности. А в свою очередь отделочные работы, которые проводятся после устройства кровли, технологически зависят и от окончания столярных работ и не могут начинаться до их завершения (невозможность отделки откосов и не соблюдение температурно-влажностных условий производства работ), поэтому столярные работы также должны закончиться до начала отделочных работ, что и объясняет зависимость, проведенная к началу отделочных работ от окончания столярных работ.

**Ожидание** – это процесс, требующий только затрат времени и не потребляющий никаких материальных ресурсов. Ожидание, в сущности, является технологическим или организационным перерывом между работами,

непосредственно выполняемыми друг за другом. Ожидание изображается волнистой линией со стрелкой с указанием под линией количества дней ожидания (см. рисунок 1 Г).

Например, при выполнении цементной стяжки (с продолжительностью ее выполнения 1 - 3 дня) под рулонный ковер, требуется еще определенное время, чтобы она набрала необходимую прочность (затвердела), только после чего можно приступать к настилке рулонного ковра. Этот период времени и есть ожидание (см. рисунок 1 Е<sup>2</sup>). На рисунке 1 Е<sup>1</sup> представлен другой пример технологического ожидания, столярные работы могут начинаться только при наличии “трех перекрытий над головой” по причине названной выше, что и обеспечивает введенное здесь ожидание начала столярных работ относительно начала возведения надземной части, в количестве дней равном продолжительности возведения 3-ех этажей надземной части. А с позиции бригады столяров, это есть организационное ожидание, так как приступить к выполнению работы они должны на  $n$ -ое количество дней позже, относительно начала выполнения своей работы бригадой монтажников надземной части.



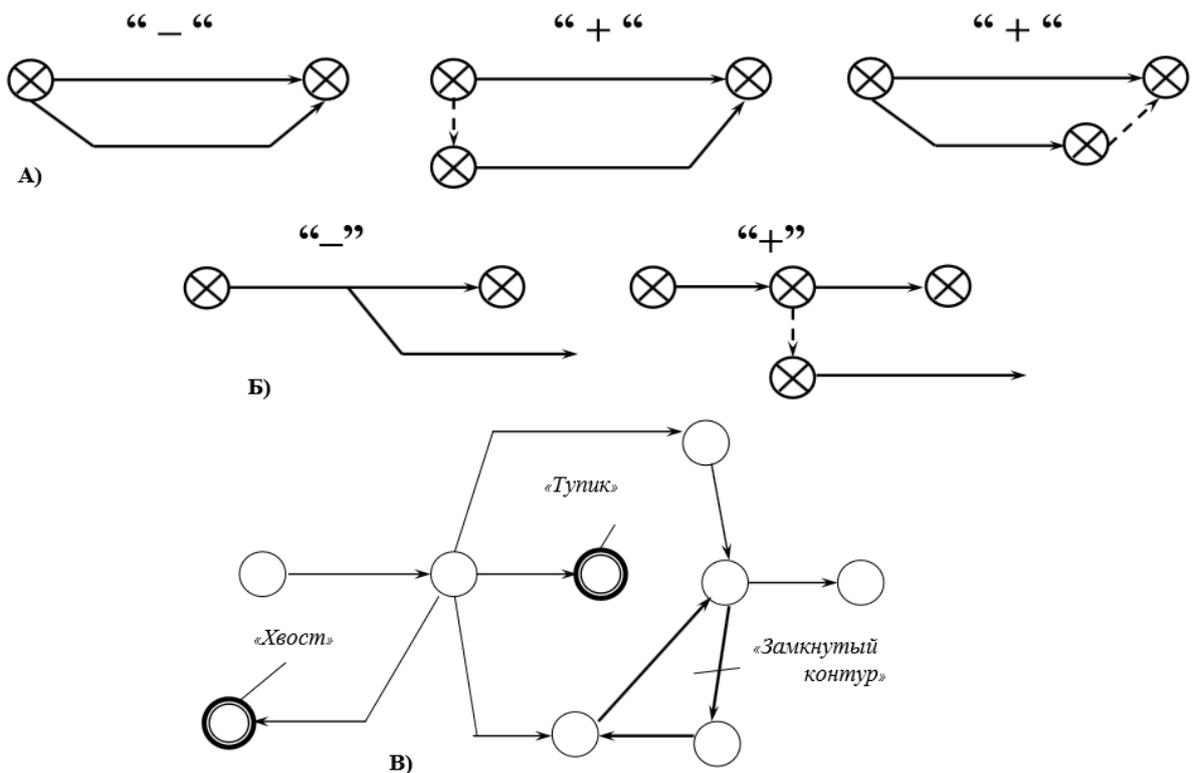
**Рисунок 1.** Элементы сетевых моделей. А<sup>1</sup>, А<sup>2</sup>) Изображение события; Б) Изображение работы; В) Изображение зависимости; Г) Изображение ожидания; Д) Пример использования зависимости; Е<sup>1</sup>, Е<sup>2</sup>) Пример использования ожидания.

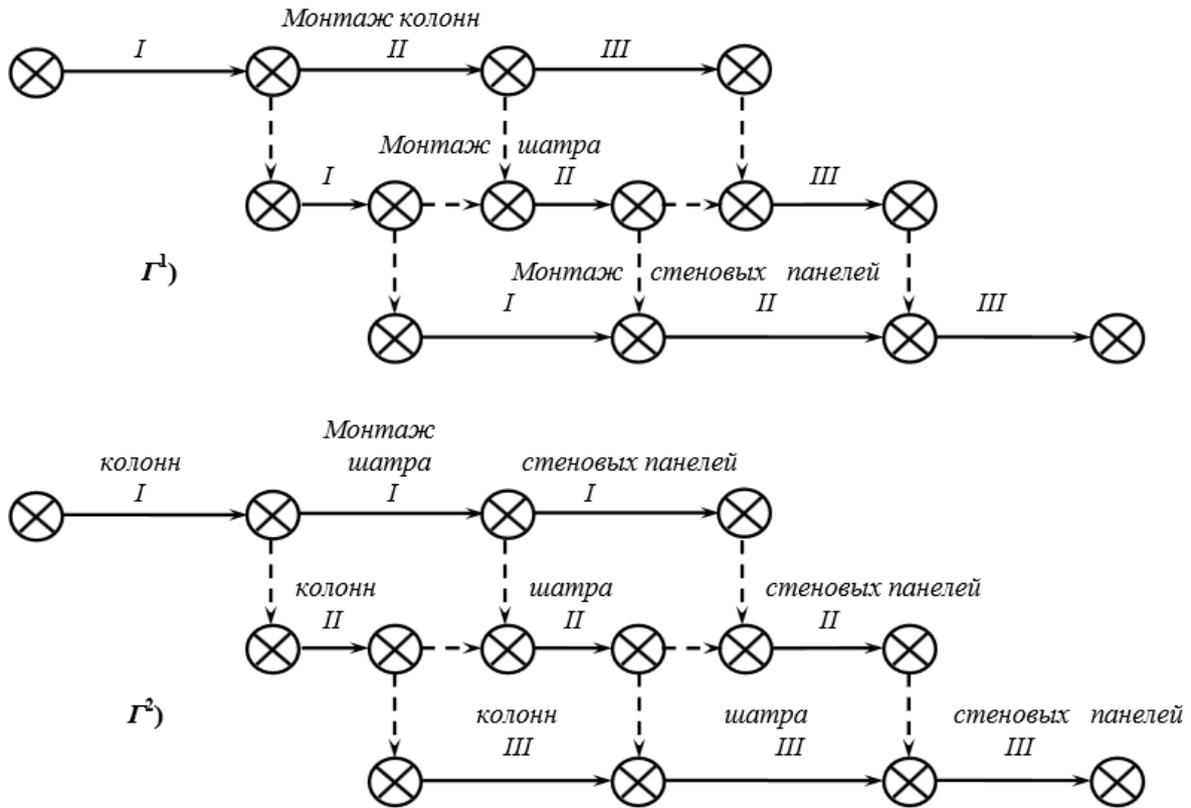
На рисунке 1 используются следующие обозначения: № – номер события по порядку (код события);  $n^2$  – номер предшествующего события, через которое к данному ведет максимальный путь;  $t_{p.n.}$  – время раннего начала работ;  $t_{n.o.}$  – время позднего окончания работ;  $P_p$  – продолжительность работы в днях;  $C$  – количество смен в день;  $n$  – количество человек в бригаде в смену.

*Путь* – это непрерывная последовательность работ в сетевой модели. Длина пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Путь описывается последовательностью работ или событий. *Критическим путем* называется полный путь, имеющий максимальную длину (продолжительность) из всех полных путей. *Критический путь* характеризует продолжительность строительства объекта.

**Основные правила построения сетевых моделей.**

- 1) Направление стрелок следует принимать слева направо.
- 2) Форма графика должна быть простой, без лишних пересечений, работы по возможности следует изображать горизонтальными линиями.
- 3) При выполнении параллельных работ, т. е. если одно событие служит началом двух работ или более, заканчивающихся другим событием, вводится зависимость и дополнительное событие (см. рисунок 2 А), иначе разные работы будут иметь одинаковый код.
- 4) Если те или иные работы начинаются после частичного выполнения предшествующей, то эту работу следует разбить на части (см. рисунок 2 Б).
- 5) Не должно быть “тупиков”, “хвостов” и замкнутых контуров (см. рисунок 2 В).
- 6) Нумерация событий должна производиться слева направо и сверху вниз, однако стрелка должна указывать на событие с большим номером (см. рисунок 4).
- 7) При изображении поточных работ особое внимание уделяется правильной разбивке работ на захватки и выявлению взаимосвязи смежных работ (см. рисунок 2 Г<sup>1</sup> и Г<sup>2</sup>).





**Рисунок 2.** Правила построения сетевых моделей. А) Изображение параллельно выполняемых работ; Б) Изображение выделения части выполненной работы; В) Изображение неправильного построения участков сети; Г¹, Г²) Изображение правильной взаимосвязи смежных работ при разбивке их на захватки (в двух вариантах исполнения).

На рисунке 2 используются следующие обозначения: “ – “ – неправильное изображение; “ + “ – правильное изображение.

Далее в группе предполагается совместное решение следующих задач.  
Задача 1.

Даны работы “а”, “б”, “в”, “г”, “д”, “е”. Работу “г” можно начинать после окончания работы “б”. Работу “д” начинают после окончания работ “а” и “б”. Работу “е” можно начинать только после окончания работы “в” и “г”. Построить сетевой график.

Задача 2.

Даны работы “а”, “б”, “в”, “г”, “д”, “е”. Работу “г” можно начинать после окончания работы “а”, работу “д” после работ “а” и “б”, работу “е” можно начинать после выполнения работ “б” и “в”. Построить сетевой график.

Задача 3.

По предложенному перечню работ построить сетевой график.

Перечень работ:

- устройство фундаментов;

- монтаж колонн;
- монтаж шатра;
- монтаж стеновых панелей.

При построении модели учесть, что работы выполняются на двух или трех захватках (поточным или параллельным методом организации строительства).

Задача 4.

При возведении подземной части жилого дома необходимо выполнить следующие работы:

- подготовительные работы;
- отрывка котлована;
- монтаж сборных фундаментов;
- монтаж стен подвала;
- устройство бетонной подготовки под полы;
- устройство перегородок;
- монтаж перекрытий над подвалом;
- вертикальная гидроизоляция поверхностей стен;
- устройство выпусков и вводов коммуникаций;
- обратная засыпка.

Требуется построить сетевой график, пронумеровать события. При разработке модели необходимо учесть, что работы выполняются по двум захваткам поточным методом организации строительства.

*По заданию преподавателя, в группе возможно построение и индивидуальных сетевых моделей по вариантам заданий предыдущей темы практического занятия, с разбиением работ на захватки или без разбиения, последовательным, поточным и/или параллельным методами.*

## **5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Расчет сетевого графика графическим (секторным) способом”**

**Цель занятия:** Изучение цели и правил расчета сетевого графика графическим (секторным) способом, и особенностей применения их, учитываемых при организационно-технологическом моделировании процесса производства работ (разработке календарного плана в составе ППР).

### Содержание занятия:

1. Совместно с группой перечислить временные параметры работ сетевого графика.
2. Рассмотреть цель и правила расчета временных параметров работ сетевого графика, назначение и отличия временных параметров, и применение правил расчета сетевых графиков (определения параметров) на примере.
3. Совместно с группой решить предлагаемые варианты задач.
4. Рассмотреть возможности применения показателей.

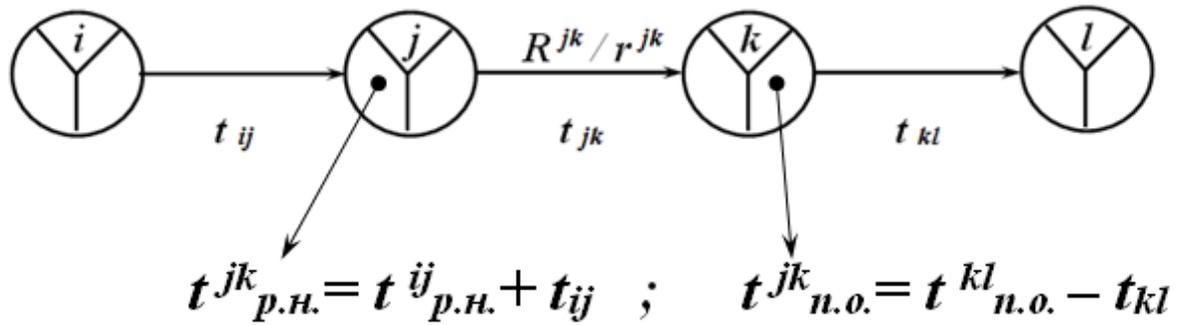
### Основная часть.

Сетевой график представляет собой сетевую модель с рассчитанными временными параметрами работ.

К временным параметрам работ сетевого графика относятся следующие:

- продолжительность выполнения работ ( $t$ , дн.);
- раннее начало ( $t_{p.n.}$ ) и раннее окончание работ ( $t_{p.o.}$ );
- позднее начало ( $t_{n.n.}$ ) и позднее окончание работ ( $t_{n.o.}$ );
- общий резерв времени каждой работы ( $R$ , дн.);
- частный резерв времени каждой работы ( $r$ , дн.);
- длина критического пути (дн.).

Расчет временных параметров работ сетевого графика (расчет сетевого графика) можно осуществлять графическим (секторным) (возможное изображение события см. на рисунке 1 А<sup>2</sup>) и табличным (см. изображение события на рисунке 1 А<sup>1</sup>) способами. Наибольшее распространение получил секторный способ расчета, так как он позволяет исполнителю (разработчику календарного плана) получаемую в процессе расчета цифровую информацию соотносить с графическим материалом и более ясно представлять ситуацию, которая может возникнуть в процессе реализации решений сетевого графика. Рассмотрим порядок расчета сетевого графика графическим (секторным) способом по схеме на рисунке 3.



$$R^{jk} = t^{jk}_{n.o.} - t^{jk}_{p.n.} - t_{jk} \quad ; \quad r^{jk} = t^{kl}_{p.n.} - t^{jk}_{p.n.} - t_{jk}$$

Рисунок 3. Схема расчета сетевого графика.

Вначале необходимо определить продолжительность выполнения каждой работы и пронумеровать события (см. темы выше).

После определения продолжительности выполнения соответствующих работ, эти значения переносятся на работы сетевой модели и далее нумеруются события. Нумерация событий начинается с исходного (первого) события. Номер события ставится в верхнем секторе. Следующие события нумеруются исходя из следующих условий: слева направо и сверху вниз, и стрелка работы, зависимости или ожидания всегда должна указывать на событие с большим номером (см. рисунок 4).

Следующий шаг расчета сетевого графика это определение значений ранних и поздних сроков начала и окончания каждой работы, включенной в график, по формулам, представленным на рисунке 3.

Последовательность определения сроков *ранних начал* работ заключается в следующем. Вначале, исходному (первому) событию сетевого графика, значению времени раннего начала работы необходимо присвоить значение равное “0” (поставить “0” в левый сектор данного события), это будет свидетельствовать о том, что “0” – это раннее начало всех работ, начинающихся с этого первого события. Далее проводя последовательно расчет слева на право, определяется срок раннего начала следующей работы (значения левых секторов событий), путем суммирования срока раннего начала рассматриваемой работы с продолжительностью рассматриваемой работы, и так далее нарастающим итогом до завершающего (последнего) события сетевого графика. При этом следует соблюдать следующее правило: если в событие, для которого необходимо определить значение раннего начала, входит две или более работ и/или связей (зависимостей, ожиданий), то опре-

деляются значения раннего начала по всем путям, которые приводят к данному событию, но принимается наибольшее из них, и именно эта величина и заносится в левый сектор соответствующего события.

В свою очередь последовательность определения сроков *поздних окончаний* работ заключается в следующем. В начале, завершающему (последнему) событию сетевого графика, значению времени позднего окончания работы необходимо присвоить значение равное времени раннего начала на данном событии (в правый сектор данного события ставится цифра равная значению, стоящему в левом секторе данного события). Далее проводя последовательно расчет справа на лево, определяется срок позднего окончания предшествующей работы (значения правых секторов событий), путем вычитания из срока позднего окончания рассматриваемой работы продолжительности рассматриваемой работы, и так далее убывающим итогом до исходного (первого) события сетевого графика. При этом следует соблюдать следующее правило: если из события, для которого необходимо определить значение позднего окончания, выходит две или более работ и/или связей (зависимостей, ожиданий), то определяются значения позднего окончания по всем путям, которые выходят из данного события, но принимается наименьшее из них, и именно эта величина и заносится в правый сектор соответствующего события. Расчет считается проведенным верно, когда в исходном (первом) событии сетевого графика в правом секторе получена цифра “0”.

После определения значений ранних и поздних сроков начала и окончания каждой работы, включенной в сетевой график, далее рассчитывается общий и частный резервы времени для всех этих работ, по формулам, представленным на рисунке 3.

Под общим (полным) резервом времени работы ( $R$ ) понимают максимальное время, за которое можно задержать начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения общего срока строительства объекта (длины критического пути). Значение общего резерва времени определяется по формуле, представленной на рисунке 3.

Частный резерв времени работы ( $r$ ) – это максимальное количество времени на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения раннего начала последующей(-их) работ. Значение частного резерва времени определяется по формуле, представленной на рисунке 3.

После проведения расчета общего и частного резервов времени по всем работам, эти значения переносятся на соответствующие работы сетевого графика, которые фиксируются рядом с наименованием каждой работы в виде дроби ( $R/r$ ), в числителе которой указывается общий резерв  $R$ , а в знаменателе частный резерв  $r$  (см. рисунок 3 и 4).

Последним этапом расчета сетевого графика является выделение критического пути и определение его длины (в днях).

Пример расчета сетевого графика графическим (секторным) способом представлен на рисунке 4.

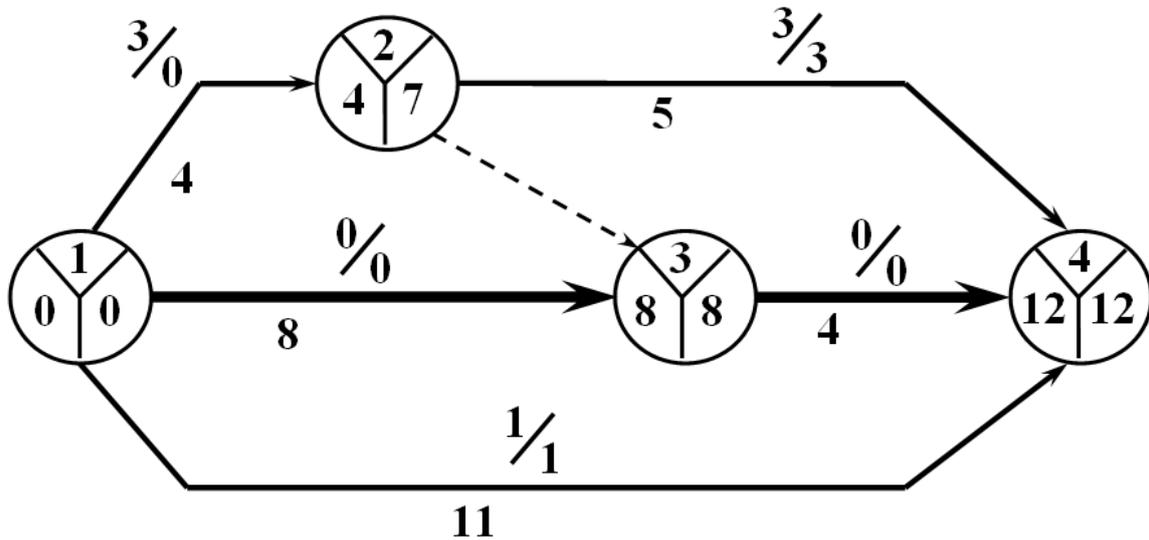


Рисунок 4. Пример расчета сетевого графика графическим способом.

Как было сказано ранее, критический путь – это самый длинный путь (в днях) от исходного до завершающего события. На сетевом графике он выделяется в виде утолщенной или двойной линии. Критический путь проходит по работам, величины общего и частного резервов времени у которых равны нулю, следовательно, его длина (продолжительность) определена составляющими его работами и равна временным параметрам на завершающем (последнем) событии сетевого графика (см. рисунок 4).

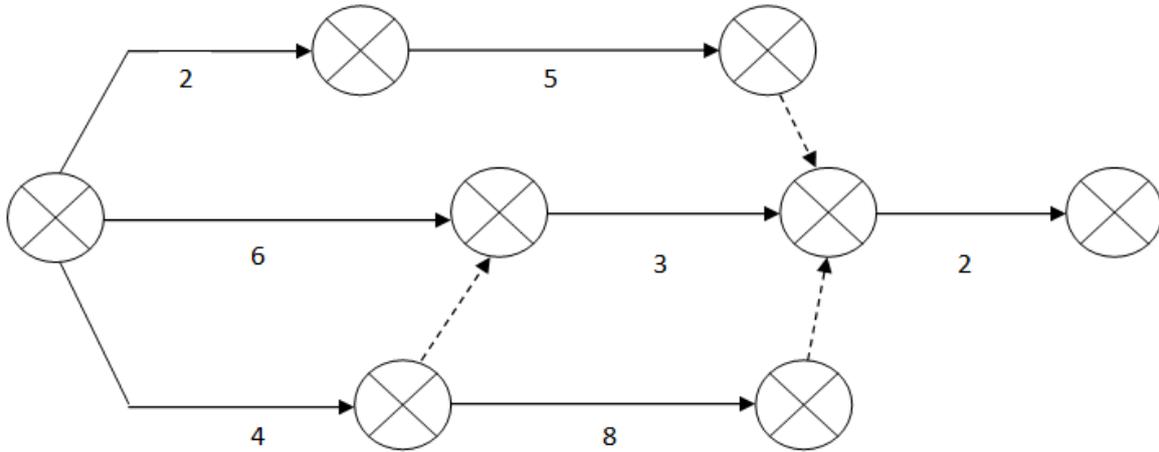
Работы, лежащие на критическом пути, называются критическими, так как они не обладают резервами времени и соответственно должны выполняться за расчетное время, и любой перенос начала работы на более поздний срок приведет к срыву срока сдачи объекта. Работы, лежащие на подкритических участках сети, называются некритическими, так как имеют резервы времени, а наличие таких резервов позволяет учитывать их при управлении строительным производством в условиях изменчивости производственной ситуации (погодные условия; отсутствие финансирования, материалов, механизмов, рабочих, фронта работ, и другие риски по различным причинам).

Если длина критического пути, т.е. итоговая планируемая продолжительность возведения объекта по календарному плану (сетевому графику), больше требуемого значения, то необходимо провести корректировку сетевого графика (календарного плана) по критерию “время” (см. соответствующую тему).

Далее в группе предполагается совместное решение следующих задач.

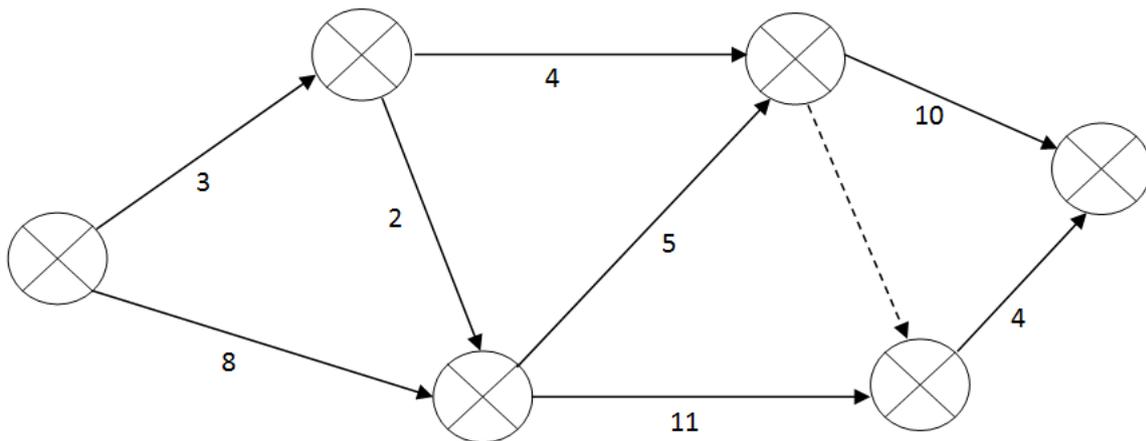
Задача 1.

Рассчитать сетевой график графическим способом.



Задача 2.

Рассчитать сетевой график графическим способом.



Задача 3.

По предложенному ниже перечню работ построить сетевой график в масштабе времени, определить ранние и поздние сроки выполнения работ, их общие и частные резервы времени, определить критический путь.

№ п/п	Наименование работ	Продолжительность работ, дн.	Кол-во смен	Кол-во человек
1	2	3	4	5
1.	Монтаж стеновых панелей	34	2	7
2.	Устройство кирпичных перегородок	14	1	6
3.	Заполнение оконных проемов	93	2	6
4.	Заполнение дверных проемов	9	1	6
5.	Устройство бетонного пола	67	2	16
6.	Остекление оконных проемов	20	1	6
7.	Штукатурные работы	19	1	7
8.	Устройство кровли	130	1	30

По заданию преподавателя, в группе возможно проведение расчета и индивидуальных сетевых графиков по вариантам заданий предыдущей темы практического занятия.

## 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Привязка сетевого графика к календарной шкале (*построение сетевого графика в масштабе времени*). Построение графика изменения численности рабочих (в день, в смену и списочный состав в день)”

### Цель занятия:

Изучение правил построения сетевого графика в масштабе времени и графика изменения численности рабочих, и особенностей применения их при моделировании процесса производства СМР при разработке ППР.

### Содержание занятия:

1. Рассмотреть вид и назначение календарной шкалы для сетевого графика.
2. Рассмотреть виды, назначение и правило построения графика изменения численности рабочих на примере.
3. По индивидуальному заданию (*см. файл “варианты индивидуальных заданий”*) рассчитать предложенную модель сетевого графика графическим способом, выполнить сетевой график в масштабе времени и построить график изменения численности рабочих.
4. Рассмотреть возможности применения данного графика.

### Основная часть.

Календарную шкалу для сетевого графика необходимо принимать по форме, представленной на рисунке 5. Данная шкала содержит четыре временных периода:

- год(ы) строительства объекта;
- месяцы строительства объекта;
- календарные дни каждого месяца, являющиеся рабочими днями дан-

ного месяца, с исключением выходных дней и государственных праздничных дней (при формировании шкалы календарных дней месяцев, возможна и индивидуальная настройка, например назначение рабочими днями субботы (1-я и 3-я) в определенные месяцы и др.);

- рабочие дни по порядку (длина/масштаб одного дня (интервала дней) в миллиметрах принимается исходя из рассчитанной планируемой продолжительности возведения объекта (длины критического пути в сетевом графике), детализации графика и принятого формата, используемого для изображения календарного плана строительства объекта).

Привязку сетевого графика к календарной шкале осуществляют после его расчета (см. предыдущую тему) по значениям времени раннего начала работ ( $t_{p.n.}$ ), соотносимых к шкале рабочих дней по порядку (см. рисунок 5).

После исполнения сетевого графика в масштабе времени, далее строится график изменения численности рабочих, который необходим для обеспечения набора нужного количества трудовых ресурсов в любой момент времени, для расчета площади временных зданий и определения диаметра временного водопровода на строительной площадке.

График изменения численности рабочих строится на основании сетевого графика привязанного к календарной шкале (календарного плана) в осях координат (по вертикали откладывается значение количества человек, а по горизонтали рабочие дни по порядку в масштабе календарного плана). Для его построения используется метод условных сечений в местах начала и окончания работ на сетевом графике (см. рисунок 6), в интервалах между которыми суммируется количество рабочих в день ( $C \times n$ ) или в смену ( $n$ ) по всем работам, выполняемым в этом интервале. Далее, используя полученные значения, в принятых осях координат строятся соответствующие столбчатые диаграммы (эпюры), отражающие как сами значения количества рабочих в день или смену по всем интервалам, так и динамику их изменения.

На разрабатываемом графике учитывается и изображается:

- расчетная численность рабочих в день по всем интервалам сетевого графика (для *графического исполнения эпюры* используется сплошная линия);

- расчетная численность рабочих в смену – первую, как наиболее загруженную, по всем интервалам сетевого графика (для *графического исполнения эпюры* используется штриховая линия);

- списочная численность рабочих в день – принимается на 10% больше расчетной численности рабочих в день, по всем интервалам сетевого графика (для *графического исполнения эпюры* используется штрихпунктирная линия).

Также на графике указывается максимальная расчетная численность рабочих в день ( $N_{max}$ ) и среднее число рабочих ( $N_{cp}$ ).

Пример построения и графического наполнения графика изменения численности рабочих представлен на рисунке 6.

График изменения численности рабочих характеризуется коэффициентом изменения численности рабочих (неравномерности), который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{N_{max}}{N_{cp}}$$

где

$$N_{cp} = \frac{T_{CMP}}{По}$$

$T_{CMP}$  - суммарная трудоемкость возведения объекта, в чел.-дн.;

$По$  - продолжительность возведения объекта по календарному плану, в днях (длина критического пути сетевого графика).

Допустимое значение коэффициента должно находиться в пределах 1,5 – 1,7, тогда изменение численности считается оптимальным, и в свою очередь оптимальными будут являться как площадь временных зданий на строительной площадке, так и использование их по времени. Если значение коэффициента выше указанных значений или отсутствует требуемое рассчитанное количество рабочих в организации, то необходимо провести корректировку сетевого графика (календарного плана) по критерию “трудовые ресурсы” (см. соответствующую тему).

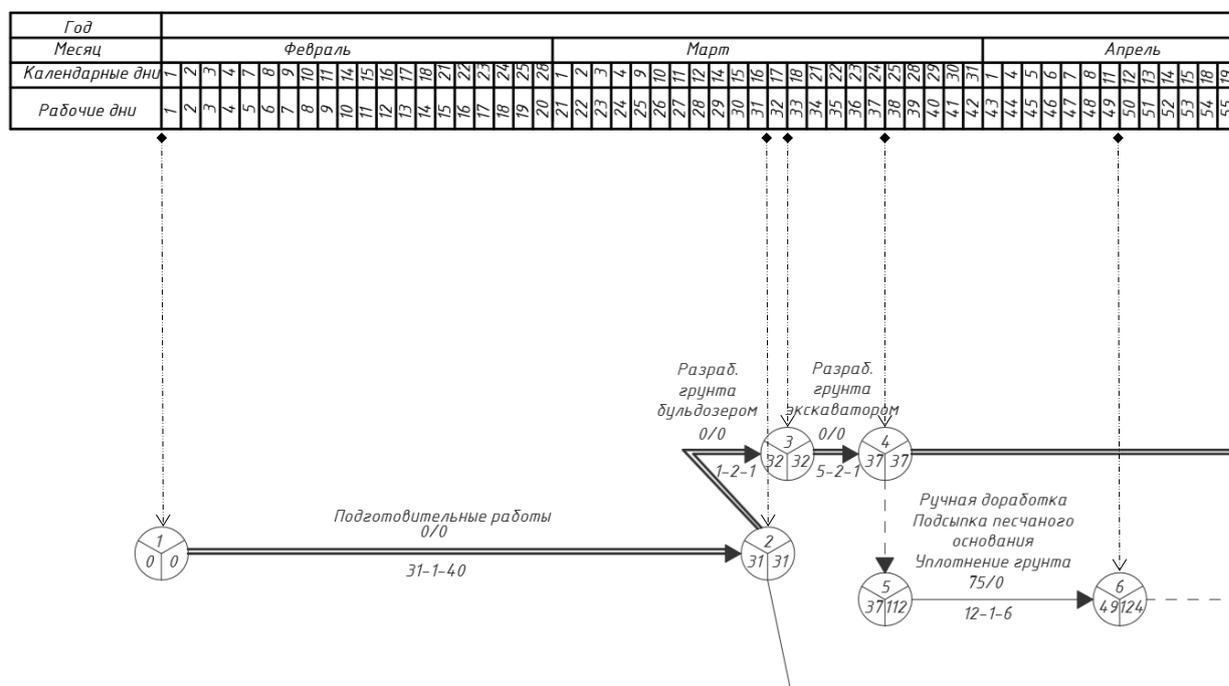


Рисунок 5. Календарная шкала для сетевого графика.

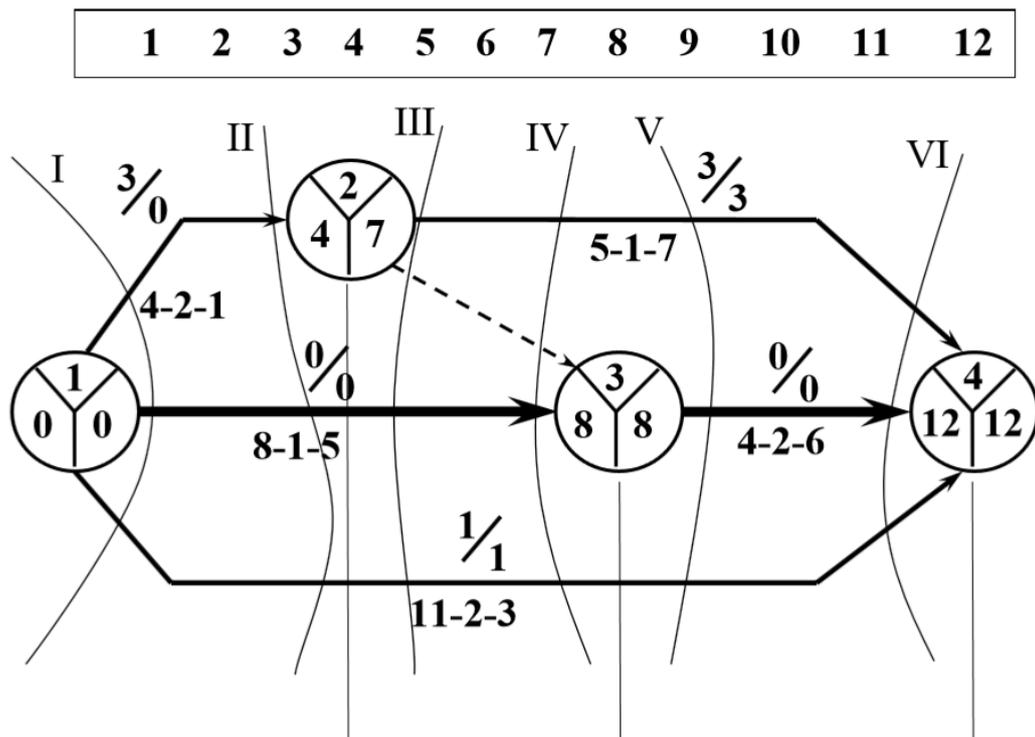
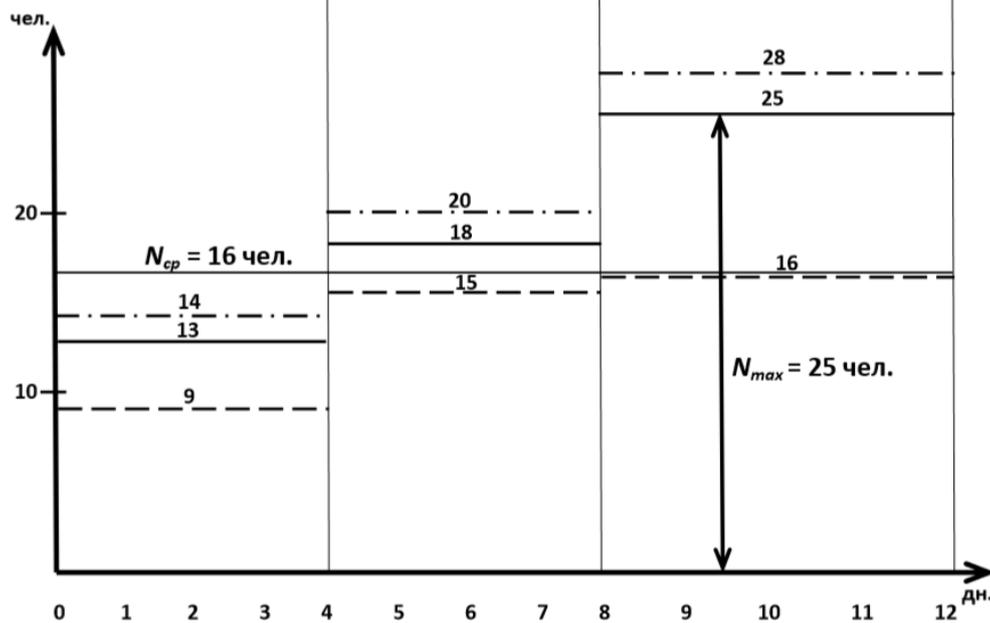


График изменения численности рабочих



**Рисунок 6.** Пример построения графика изменения численности рабочих на основании сетевого графика.

На примере сетевого графика на рисунке 6 возможно определить суммарную трудоемкость выполняемых здесь работ в чел.-дн., для чего необхо-

димо просуммировать произведения продолжительности выполнения работы ( $T_P$ ) на количество смен в день ( $C$ ) и на количество человек в бригаде в смену ( $n$ ) по каждой работе, учтенной в сетевом графике (используется формула для определения продолжительности работы, представленная ранее):

$$T_{СМР} = 4 \times 2 \times 1 + 5 \times 1 \times 7 + 8 \times 1 \times 5 + 4 \times 2 \times 6 + 11 \times 2 \times 3 = 197 \text{ чел.-дн.}$$

Длина критического пути на представленном сетевом графике ( $P_0$ ) составляет 12 дней.

Таким образом, среднее число рабочих по графику составит:

$$N_{СР} = 197 / 12 = 16 \text{ чел.}$$

Далее, также, на примере графика изменения численности рабочих на рисунке 6, для него возможно определить коэффициент изменения численности рабочих (неравномерности):

$$K = 25 / 16 = 1,56.$$

Далее в группе предполагается решение задач по индивидуальным заданиям по данной теме из файла [“варианты индивидуальных заданий”](#).

*По заданию преподавателя, в группе возможно выполнение сетевого графика в масштабе времени и построение графика изменения численности рабочих на основе сетевых графиков по вариантам заданий предыдущей темы практического занятия.*

## **7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Корректировка сетевого графика (календарного плана) по критерию «время»”**

**Цель занятия:** Изучение цели и приемов корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «время», и особенностей применения их, учитываемых при организационно-технологическом моделировании процесса производства работ (разработке календарного плана в составе ППР).

**Содержание занятия:**

1. Совместно с группой перечислить цели корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «время».

2. Рассмотреть приемы корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «время», условия их применения и отличительные особенности каждого из них, применение перечисленных приемов на примере.

3. Совместно с группой решить предлагаемые варианты задач.
4. Рассмотреть возможные сферы применения результатов.

### **Основная часть.**

Расчет сетевого графика ведут исходя из предположения, что каждая работа обеспечена всеми необходимыми ресурсами. В действительности же ресурсы всегда ограничены. Отсутствие тех или иных ресурсов приводит к изменению последовательности работ. Вся работа руководителя сводится к постоянному анализу использования ресурсов и их перераспределению. Составитель графика должен как можно более тесно увязать цели плана с возможностями их реализации, т. е. с имеющимися ресурсами.

Корректировкой сети называют работы по улучшению тех или иных параметров графика. Т. е. корректировка это распределение и перераспределение ресурсов графика для выполнения задания.

Необходимость корректировки сети возникает, когда после составления и расчета сети обнаруживается, что продолжительность работ по графику не соответствует заданию или для выполнения работ в запланированные сроки, не хватает рабочей силы, материалов и других ресурсов, либо того и другого вместе.

На производстве чаще всего графики корректируют во времени, реже по трудовым ресурсам и материалам.

#### ***Корректировка сетевого графика по критерию «время».***

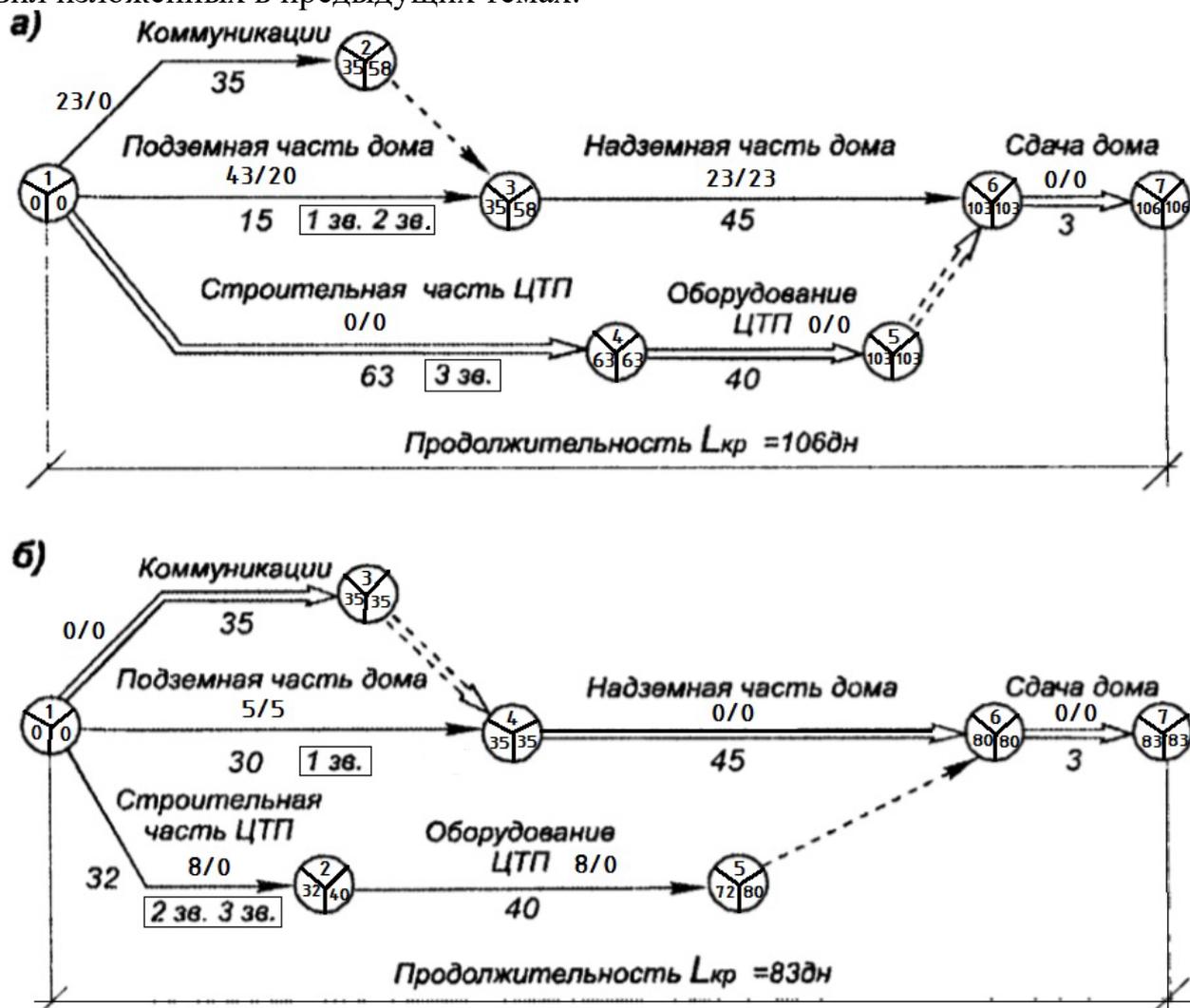
Рекомендуется первоначально корректировать сети по критерию «время», а затем по отдельным видам ресурсов. Так как корректировка по времени имеет цель сократить общую продолжительность работ, т. е. длину критического пути до величины, обеспечивающей ввод объекта в заданные сроки, то и проводится данная корректировка будет за счет составляющих его критических работ (работ лежащих на критическом пути).

*Для сокращения срока строительства применяют следующие приемы корректировки [14].*

*1. Перераспределение трудовых ресурсов - это перевод бригад (звеньев, рабочих), занятых на работах, имеющих резервы времени, на работы, не имеющие таких резервов, т. е. на критические участки сети. Для использования данного приема должно соблюдаться условие - перераспределяемые трудовые ресурсы должны быть взаимозаменяемыми по отношению к работам, которые они выполняют (специальности рабочих должны соответствовать видам выполняемых работ, на которые они переводятся). На рисунке 7а и 7б продемонстрирована реализация данного приема и результат выполненных действий.*

Изменение и сокращение продолжительности критического пути со 106 дней (см. рисунок 7а) до 83 дней (см. рисунок 7б) достигнуто переводом,

см. рисунок 7а, звена монтажников № 2 с подземной части дома (не критическая работа – есть резервы времени) на строительство ЦТП (критическая работа – резервов времени нет). Состав звеньев принят с одинаковым количеством рабочих в них, что соответственно кратно увеличивает и сокращает продолжительности работ, на которых перераспределяются трудовые ресурсы (см. рисунок 7б). Все расчеты выполнены графически с учетом правил изложенных в предыдущих темах.



**Рисунок 7.** Корректировка сетевого графика по критерию «время» путем перераспределения трудовых ресурсов: а – до корректировки; б – после корректировки. [14]

2. *Совмещение технологических процессов во времени.* Для использования данного приема должна присутствовать возможность разбиения работ (объекта) на захваты (части, участки). Рассматривается данная возможность у работ, лежащих на критическом пути. По существу, данный прием подразумевает использование поточного метода организации строительства, при котором однородные процессы по захваткам выполняются последовательно, а разнородные процессы на смежных захватках – параллельно.

На рисунке 8а и 8б продемонстрирована реализация данного приема и результат выполненных действий.

С учетом вышесказанного, в рассматриваемом примере на рисунке 8а предположено наличие возможности разбиения таких работ как строительная часть ЦТП и монтаж оборудования на две хватки одинаковых по объему (данные работы лежат на критическом пути). Таким образом, реализовав второй прием, за счет совмещения названных технологических процессов во времени (см. рисунок 8б), критический путь изменился, и длина его сократилась на 8 дней. Все расчеты выполнены графически с учетом правил изложенных в предыдущих темах.

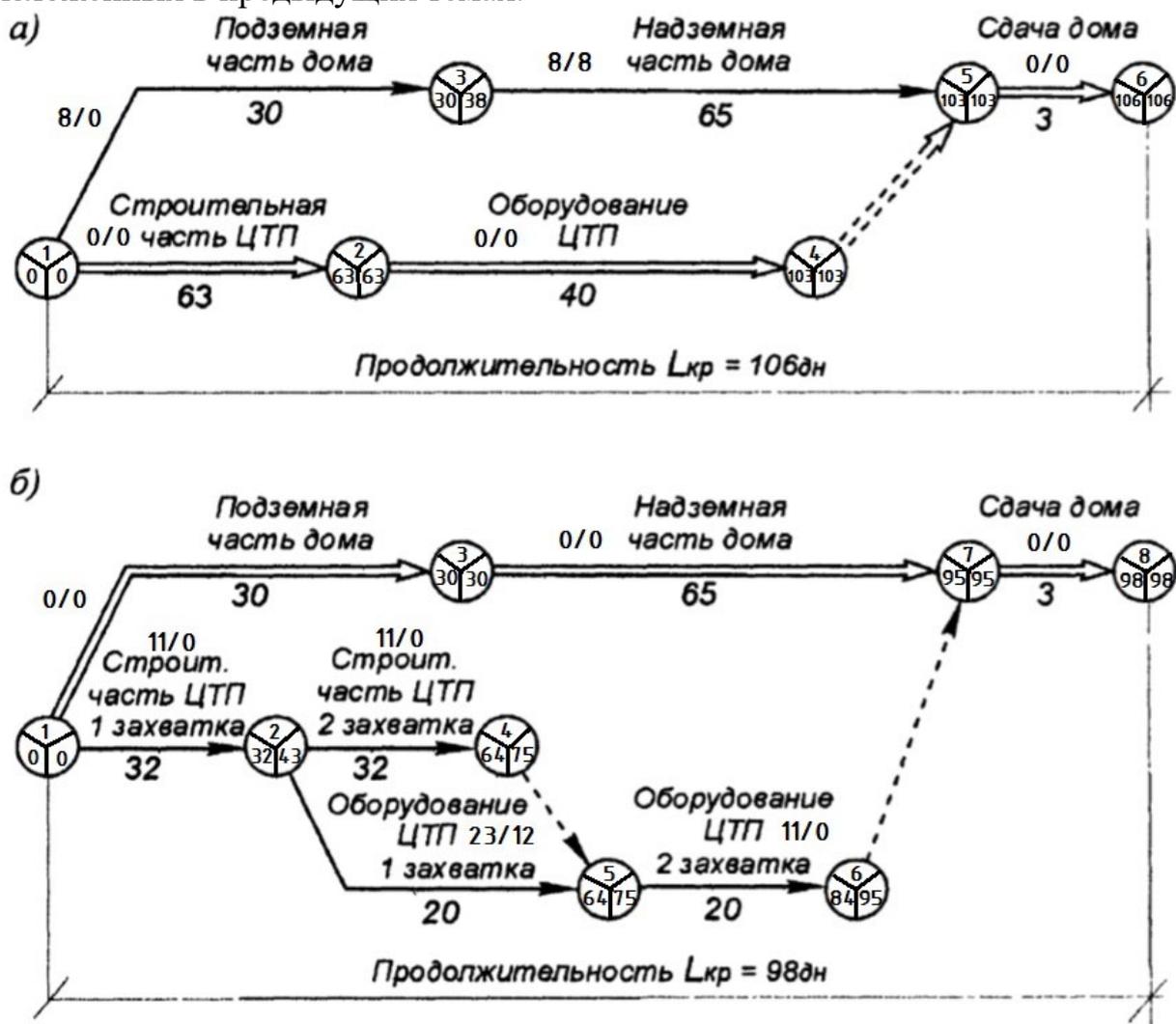


Рисунок 8. Корректировка сетевого графика по критерию «время» путем совмещения технологических процессов во времени: а – до корректировки; б – после корректировки. [14]

3. *Привлечение дополнительных ресурсов для параллельного выполнения работ.* Для использования данного приема должна присутствовать возможность разбиения работ (объекта) на хватки (части, участки). Рассматривается данная возможность у работ, лежащих на критическом пути. По существу, данный прием подразумевает использование параллельного

метода организации строительства, при котором однородные процессы на смежных захватках выполняются параллельно, а разнородные процессы на захватке – последовательно. На рисунке 9а и 9б продемонстрирована реализация данного приема и результат выполненных действий.

С учетом вышесказанного, в рассматриваемом примере на рисунке 9а работы по устройству коллекторов на участках 1 и 2 ведутся последовательно (данные работы лежат на критическом пути, одна бригада рабочих переходит на устройство коллектора на 2 участке после окончания устройства коллектора на 1 участке), и длина критического пути составляет 67 дней. Таким образом, реализовав третий прием, за счет привлечения дополнительной бригады рабочих на устройство коллектора на 2 участке, появляется возможность выполнять устройство коллекторов на обоих участках одновременно, т.е. параллельно (см. рисунок 9б), что изменяет и сокращает продолжительность критического пути на 18 дней. Все расчеты выполнены графически с учетом правил изложенных в предыдущих темах.

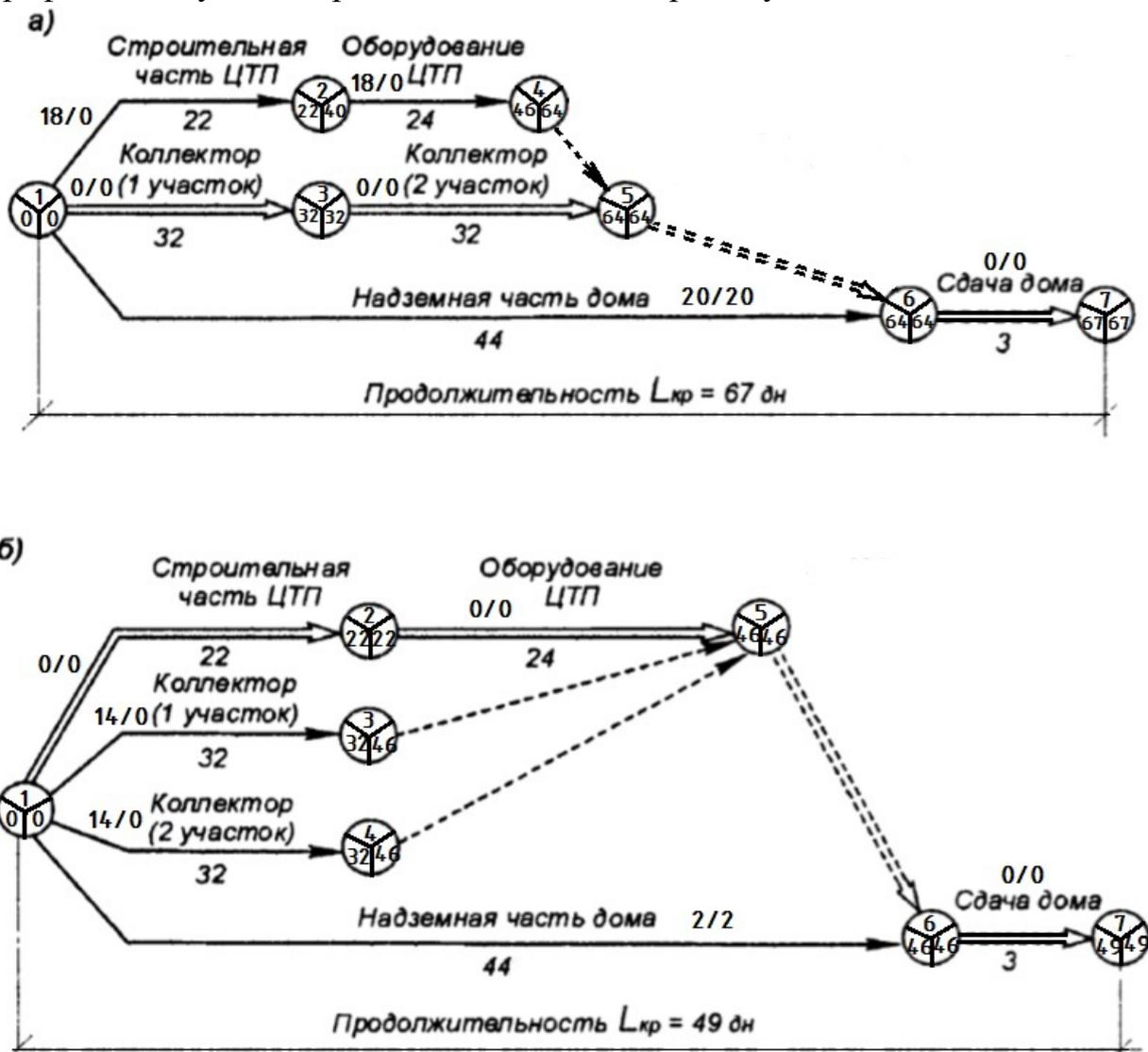


Рисунок 8. Корректировка сетевого графика по критерию «время» путем параллельного

выполнения работ с привлечением дополнительных ресурсов: а – до корректировки; б – после корректировки. [14]

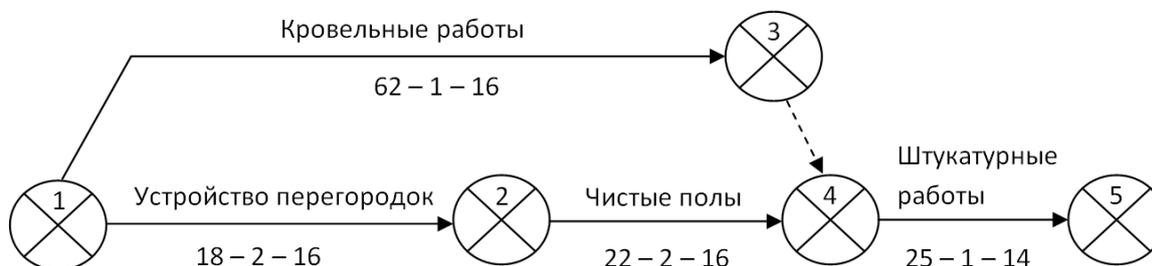
4. *Изменение проектных решений, повышение заводской готовности деталей и материалов, переработка и комплектация на базах УПТК строительных трестов и объединений.*

Кроме того, необходимо учитывать то обстоятельство, что на расчетную продолжительность влияет топология сети, лишние или неправильно проведенные зависимости могут привести к неоправданному увеличению сроков выполнения работ по графику. Изменение сети во времени ограничено имеющимися резервами времени на не критических путях. Поэтому в процессе корректировки сети по критерию «время» необходимо проверять длительность всех путей, в т.ч. подкритических.

Для достижения требуемого значения длины критического пути возможно как раздельное, так и одновременное использование представленных приемов, в т.ч. и на разных критических работах. Количество раз проведения корректировки, зависит от результата каждого раза.

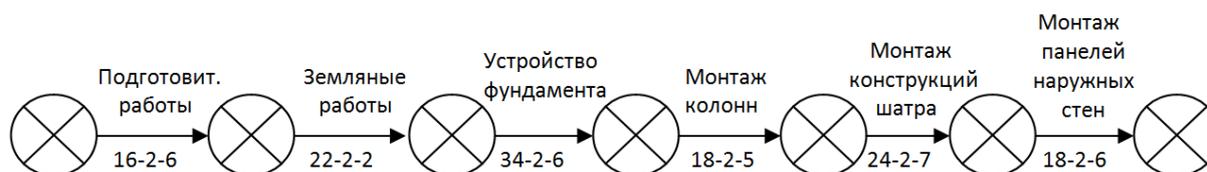
*Далее в группе предполагается совместное решение следующих задач.*  
Задача 1.

Рассчитать сетевой график графическим способом и произвести его корректировку по критерию «время» за счет перераспределения трудовых ресурсов. Произвести расчет вновь построенного графика. В процессе корректировки необходимо учитывать то, что на работах 1-2, 1-3 и 2-4 трудовые ресурсы являются взаимозаменяемыми.



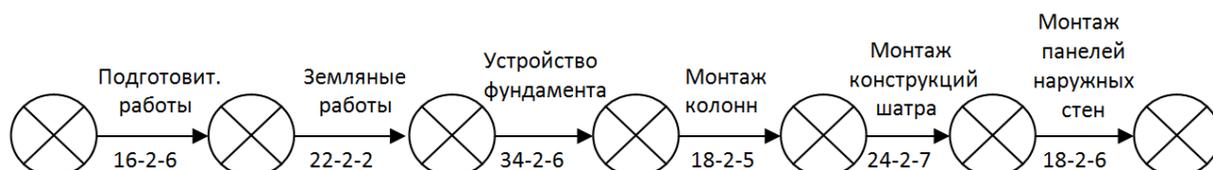
Задача 2.

Рассчитать сетевой график графическим способом и произвести его корректировку по критерию «время» за счет совмещения технологических процессов во времени. Произвести расчет вновь построенного графика. В процессе корректировки необходимо учитывать то, что у всех работ на сетевом графике, кроме подготовительных работ, присутствует возможность разбиения на 2 или на 3 захватки.



### Задача 3.

Рассчитать сетевой график графическим способом и произвести его корректировку по критерию «время» за счет привлечения дополнительных ресурсов для параллельного выполнения работ. Произвести расчет вновь построенного графика. В процессе корректировки необходимо учитывать то, что у всех работ на сетевом графике, кроме подготовительных работ, присутствует возможность разбиения на 2 или на 3 захватки.



*По заданию преподавателя, в группе возможно проведение корректировки различными приемами и индивидуальных сетевых графиков по вариантам заданий предыдущих тем практических занятий.*

## 8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Корректировка сетевого графика (календарного плана) по критерию «ресурсы»”

**Цель занятия:** Изучение цели и способов корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «ресурсы», и особенностей применения их, учитываемых при организационно-технологическом моделировании процесса производства работ (разработке календарного плана в составе ППР).

### Содержание занятия:

1. Совместно с группой перечислить цели корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «ресурсы».
2. Рассмотреть способы корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «ресурсы», условия их применения и отличительные особенности каждого из них, применение перечисленных способов на примере.
3. Совместно с группой решить предлагаемые варианты задач.
4. Рассмотреть возможные сферы применения результатов.

### Основная часть.

Получив в результате исправления сети заданный срок строительства, следует проверить обеспеченность плана необходимыми ресурсами и рациональность их распределения. Корректировка по критерию «ресурсы» представляет собой сложную задачу из-за большой номенклатуры учитываемых

ресурсов. В строительной практике ограничиваются решением задач с отдельными основными ресурсами. Очередность исправления графика по отдельным видам ресурсов зависит от конкретной ситуации, но чаще всего в строительной практике обеспечение ввода объекта в заданный срок лимитирует рабочая сила. Поэтому график, прежде всего, корректируют по рабочей силе, а затем при необходимости по другим ресурсам.

Задачи рационального распределения ресурсов, с учетом требований поточной организации строительства (сохранение постоянного состава ведущих бригад и обеспечение непрерывности их работы), решаются в следующих постановках:

- минимизация максимальной потребности в ресурсах;
- минимизация неравномерности потребления ресурсов.

Причем, указанная минимизация осуществляется после корректировки сетевого графика по критерию «время», т.е. после отыскания варианта графика с длиной критического пути, удовлетворяющей требуемым срокам строительства.

Рассмотрим порядок и способы корректировки сетевого графика на примере распределения трудовых ресурсов, т.е. по критерию «трудовые ресурсы» (по другим ресурсам действия по корректировке графика аналогичны).

Сетевой график, удовлетворяющий требуемым срокам строительства (базовый), к этому этапу должен быть выполнен в масштабе времени, т.е. привязан к календарной шкале. Также должен быть построен в принятом масштабе график (эпюра) изменения численности рабочих в день и определен для него коэффициент ( $K$ ) изменения численности рабочих (неравномерности) (см. соответствующую тему практического занятия). Таким образом, если значение коэффициента выше требуемого значения ( $K=1,5 \div 1,7$ ) и/или отсутствует необходимое рассчитанное количество рабочих в организации, то и возникает необходимость проведения корректировки сетевого графика (календарного плана) по критерию «трудовые ресурсы». И в данном случае эта корректировка будет осуществляться поэтапно, за счет минимизации максимальной потребности в трудовых ресурсах (рабочих в день –  $N_{max}$ ) в соответствующих интервалах эпюры (уменьшения  $N_{max}$  до требуемого значения на сменяющихся пиковых участках эпюры), что в том числе будет обеспечивать уменьшение значения коэффициента неравномерности ( $K = N_{max}/N_{cp}$ ), так как среднее число рабочих ( $N_{cp}$ ) для конкретного объекта величина постоянная (см. соответствующую тему практического занятия).

Корректировка сетевого графика по критерию «трудовые ресурсы» проводится только за счет работ, не лежащих на критическом пути, т.е. имеющих резервы времени, следующими способами:

1) за счет передвижки выполнения некритических работ, за интервалы в эпюре с максимальными значениями количества рабочих в день ( $N_{max}$ ),

на более поздние строки вправо в пределах резервов времени (на сетевом графике передвижка выполняется путем использования либо “ожидания” в объеме дней имеющихся у работ резервов времени либо дополнительного “события” и “зависимости” от предыдущей работы, вводимых до начала выбранной некритической работы на требуемых интервалах эюры, см. рис. 9);

2) за счет увеличения продолжительности некритических работ, в интервалах эюры с максимальными значениями количества рабочих в день ( $N_{max}$ ), в пределах резервов времени с одновременным уменьшением числа рабочих (на сетевом графике на соответствующих работах изменяются их параметры);

3) за счет назначения перерывов в выполнение некритических работ (при наличии такой технологической возможности) без изменения срока их раннего начала или увеличения продолжительности, в интервалах эюры с максимальными значениями количества рабочих в день ( $N_{max}$ ), но суммарная продолжительность таких перерывов должна находиться в пределах имеющихся у работ резервов времени (назначение перерывов выполняется путем использования “ожидания” в объеме дней резервов и дополнительной “зависимости”, вводимых в процессе выполнения выбранной некритической работы на требуемых интервалах эюры, см. рис. 9);

4) одновременное использование перечисленных способов.

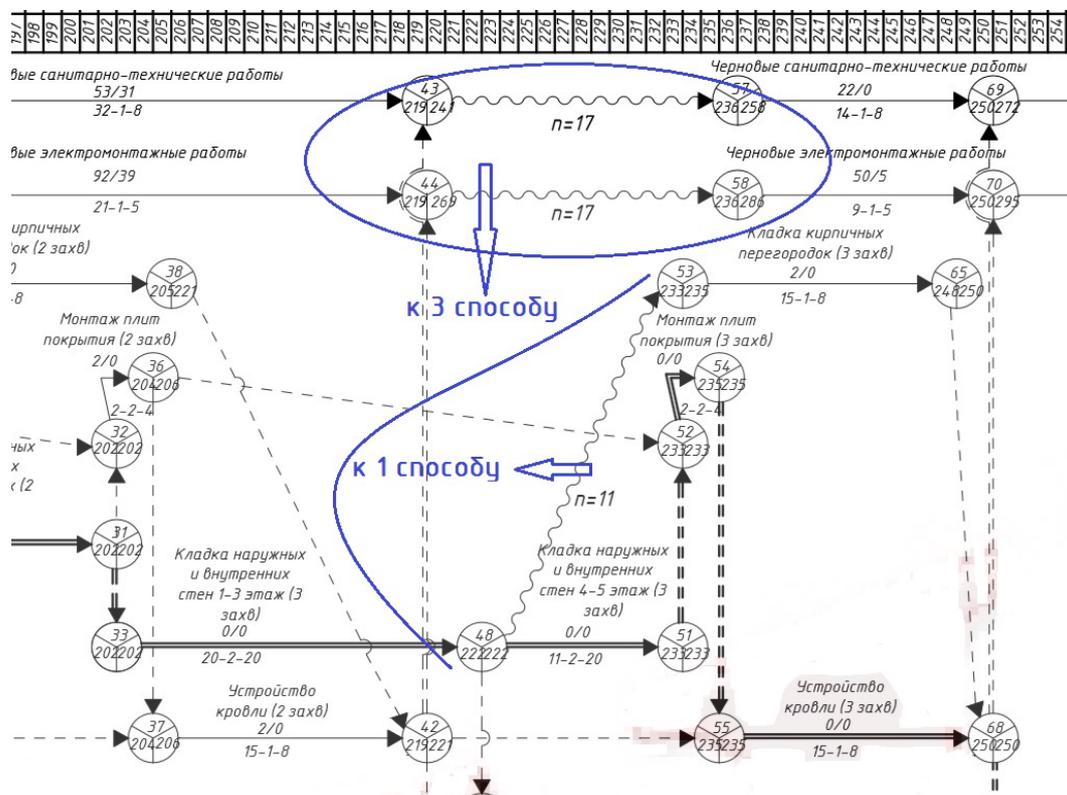


Рисунок 9. Пример графического исполнения сетевого графика в зависимости от способа его корректировки по критерию “трудовые ресурсы”.

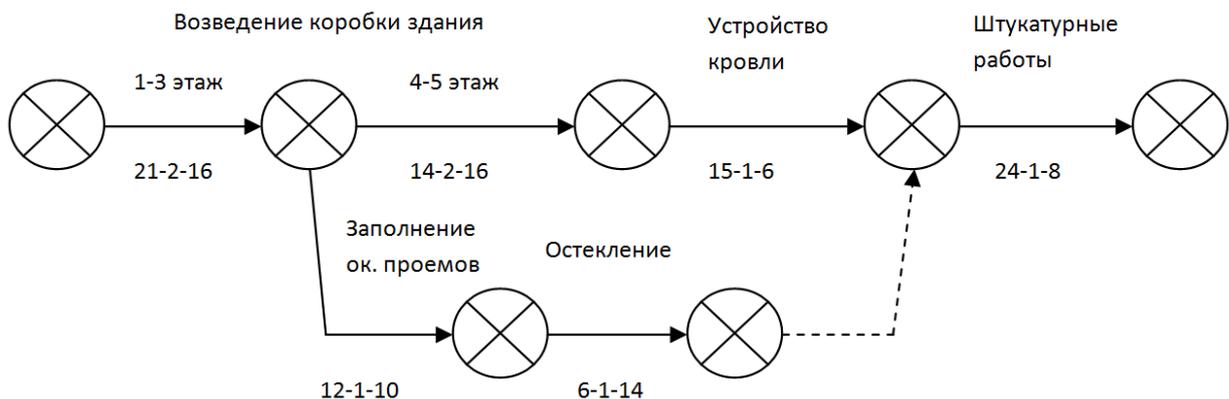
При этом необходимо учитывать то, что корректировка представленными способами ограничена имеющимися общими резервами времени у не критических работ, так как общий срок строительства объекта, равный длине критического пути, на этом этапе изменению не подлежит.

В зависимости от принятого способа корректировки, далее в базовый сетевой график вносятся соответствующие изменения, он вновь рассчитывается и исполняется в принятом масштабе времени, но уже с учетом измененных временных параметров на выбранных не критических работах и участках сети (новый). Также для нового сетевого графика по аналогу строится свой график изменения численности рабочих, по которому сверяется с требуемым, максимальное значение количества рабочих в день ( $N_{max}$ ) по графику и/или значение коэффициента неравномерности. Если необходимость в корректировке все еще присутствует, то действия повторяются на новом сетевом графике, который становится базовым, до достижения необходимых значений  $N_{max}$  и/или  $K$ . О значении коэффициента  $K$  было сказано в соответствующей теме практического занятия ранее.

*Для примера описываемых действий, далее в группе предполагается совместное решение следующих задач.*

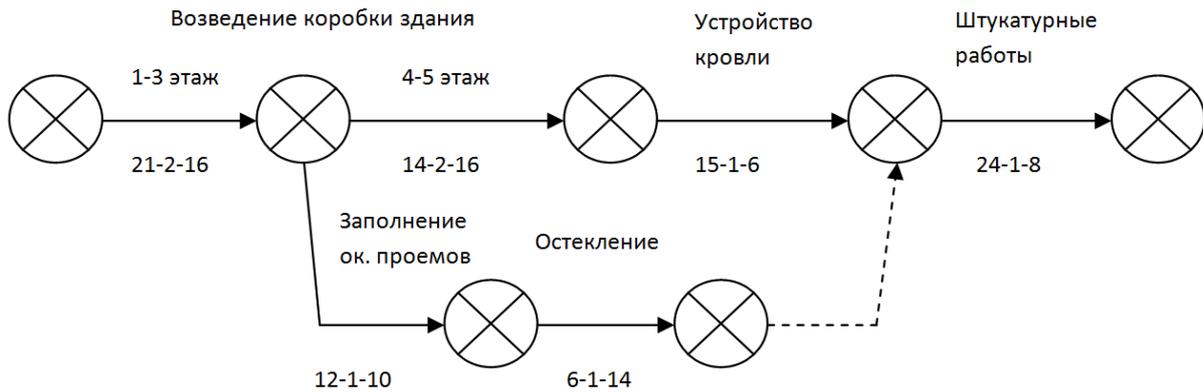
#### Задача 1.

Рассчитать сетевой график, изобразить его в масштабе времени, построить график изменения численности рабочих в день, и произвести корректировку сетевого графика по критерию “трудовые ресурсы”, без изменения длины критического пути, 1-ым способом.



#### Задача 2.

Рассчитать сетевой график, изобразить его в масштабе времени, построить график изменения численности рабочих в день, и произвести корректировку сетевого графика по критерию “трудовые ресурсы”, без изменения длины критического пути, 2-ым способом.



*По заданию преподавателя, в группе возможно проведение корректировки различными способами и индивидуальных сетевых графиков по вариантам заданий предыдущих тем практических занятий.*

## 9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Построение графиков расхода и поставки материальных ресурсов”

### Цель занятия:

Изучение назначения и способов построения графиков расхода и поставки материальных ресурсов, и особенностей применения их при моделировании процесса производства СМР при разработке ППР.

### Содержание занятия:

1. Совместно с группой перечислить назначение графиков расхода и поставки материальных ресурсов.
2. Рассмотреть виды, способы и правила построения графиков расхода и поставки материальных ресурсов, условия их применения и отличительные особенности каждого из них, применение перечисленных способов на примерах.
3. По индивидуальному заданию ([см. файл “варианты индивидуальных заданий”](#)) построить дифференциальный и интегральный графики расхода и поставки строительного материала, и отобразить ситуацию на приобъектном складе на основе линейной модели его расхода и поставки в заданных условиях.
4. Рассмотреть возможные сферы применения данных графиков.

### Основная часть.

Для выполнения строительно-монтажных работ необходимы и потребляются соответствующие материалы и/или конструкции. Графики расхода и поставки материальных ресурсов строятся на основе календарного плана (сетевой график должен быть привязан к календарной шкале) и принятых методов ведения СМР. По данным разработанного календарного плана строительства объекта и ведомости потребности в материально-технических ресурсах определяются: перечень и количество материалов, которыми должна быть обеспечена строительная площадка; сроки начала и окончания выполнения работ; продолжительность выполнения работ, определяющая продолжительность расходования материалов.

Графики расхода материальных ресурсов при производстве строительно-монтажных работ позволяют определять и контролировать сроки их расхода, а также количество потребления каждого материала и/или конструкций по временным интервалам. В свою очередь графики поставки материальных ресурсов дают информацию о сроках и количестве поставки для обеспечения контроля своевременного их наличия, с запасом, на приобъектном складе для возможности выполнения СМР за рассчитанное время.

Существует четыре способа изображения названных графиков: **в линейном виде, в цифровой форме, в дифференциальном виде и в интегральном виде**. Выбор и использование одного или нескольких способов изображения зависит от уровня управления (директор, начальник участка, прораб, мастер) и задач, решаемых как в период проектирования производства работ (разработки ППР при подготовке строительного производства), так и в период непосредственного выполнения СМР. К таким задачам относится определение и последующее слежение за динамикой расходования и поставки, и движением материальных ресурсов на складе, для гарантированного, равномерного и ритмичного выполнения запланированных видов работ и заблаговременного обеспечения необходимым количеством материальных ресурсов.

Графики расхода (поставки) материальных ресурсов в **линейном виде** исполняются горизонтальными линиями в принятом масштабе времени и показывают общее количество, продолжительность и календарные даты расхода (поставки) какого-либо материала/конструкции. Изображение графиков расхода (поставки) материальных ресурсов в линейном виде, с необходимыми требованиями к графическому наполнению и исполнению их, представлено на рисунке 10.

Принято, сплошной линией изображать графики расхода материалов/конструкций, а штриховой - графики поставки материалов/конструкций.

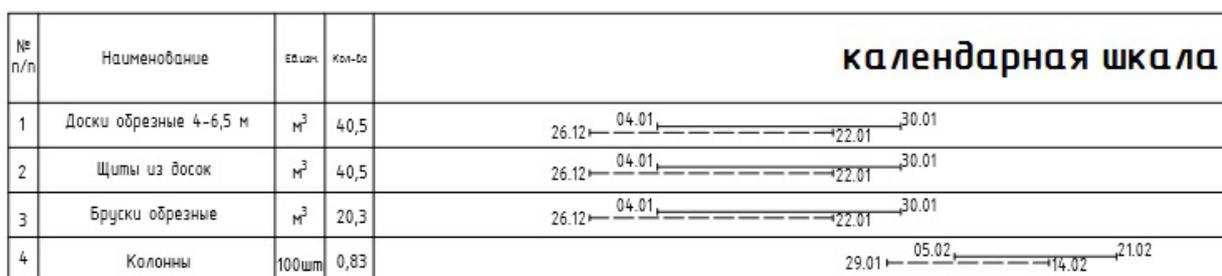
Продолжительность (длина сплошной линии) и календарные даты начала и окончания расхода материалов/конструкций определяются про-

должительностями и календарными датами начала и окончания выполняемых по календарному плану соответствующих работ, потребляющих эти ресурсы.

Продолжительность поставки (длина штриховой линии) материалов/конструкций зависит от конкретных производственных условий и вида материала, и может быть меньше (кроме готовых бетонов и растворов) или равна продолжительности расхода (длине сплошной линии) соответствующего ресурса. Начинаться поставка (штриховая линия) должна на 3-15 дней (норма запаса в днях зависит от вида материала, за исключением готовых бетонов и растворов) раньше начала расхода (сплошной линии), с указанием календарной даты начала поставки, для обеспечения запаса материалов на складе для защиты от вероятности неравномерности поступления материалов и срыва сроков выполнения соответствующей работы. Календарная дата окончания поставки, с учетом смещения, также должна быть указана на графике. (См. рисунок 10).

Необходимо помнить, что увеличение нормы запаса в днях или сокращение продолжительности поставки относительно сроков расхода материалов требуемого количества, защищает от вероятности неравномерности поступления материалов и срыва сроков выполнения соответствующих работ, но приводит к увеличению площадей приобъектных складов, а значит и затрат на обустройство строительной площадки. Целесообразно учитывать это влияние, и этому должно быть соответствующее экономическое обоснование.

В представленном примере на рисунке 10 принято, что продолжительности поставок (длины штриховых линий) материалов равны продолжительностям расхода (длинам сплошных линий), соответствующих материалов.



**Рисунок 10.** Пример графического исполнения графиков расхода и поставки материальных ресурсов в линейном виде.

Графики расхода (поставки) материальных ресурсов в **цифровой форме** аналогичны графикам в линейном виде, но вместо соответствующих линий расхода (поставки) содержат в каждом интервале времени напротив наименования ресурса его количество, расходуемое или поставляемое за этот интервал.

Графики расхода (поставки) материальных ресурсов в дифференциальном и интегральном виде строятся в осях координат в принятом масштабе на основе графиков в линейном виде. По вертикальной оси указывается величина материальных ресурсов в соответствующих единицах измерения, а по горизонтальной – время их расхода (поступления) в днях.

В *дифференциальном графике* отражается ежедневная интенсивность расхода (поставки) ресурсов по временным интервалам. Временные интервалы соответствуют продолжительностям расхода ( $\Pi_p$ ) (поставки ( $\Pi_n$ )) материалов, высоты эпюр соответствуют количеству расходуемых (поставляемых) материалов в день, т.е. интенсивности расхода ( $i_p$ ) (поставки ( $i_n$ )) (см. рисунок 11).

Для построения дифференциальных графиков расхода и поставки материального ресурса на рисунке 11, приняты следующие условия и обозначения:

- для выполнения малярных работ требуется 10 т масляной краски ( $V$  – количество материального ресурса);

- продолжительность выполнения малярных работ по календарному плану составляет 10 дней с режимом выполнения, представленном на соответствующем линейном графике расхода данного материала (сплошная линия);

- продолжительность расхода масляной краски ( $\Pi_p$ ) равна продолжительности выполнения малярных работ и равна 10 дням;

- интенсивность расхода краски ( $i_p = V / \Pi_p$ ) равномерная и равна  $10 \text{ т} / 10 \text{ дн.} = 1 \text{ т/дн.}$ ;

- продолжительность поставки масляной краски ( $\Pi_n$ ) принята условно и равна 5 дням, причем, для обеспечения запаса на складе в днях, поставка краски начинается на 3 дня раньше начала ее расхода, что представлено на соответствующем линейном графике поставки данного материала (штриховая линия);

- интенсивность поставки краски ( $i_n = V / \Pi_n$ ) равномерная и равна  $10 \text{ т} / 5 \text{ дн.} = 2 \text{ т/дн.}$

Графическое построение дифференциальных графиков расхода и поставки материальных ресурсов заключается в фиксации, в принятых осях координат, значений интенсивностей расхода (поставки) в соответствующих временных интервалах. А временные интервалы определяются соответствующими линейными графиками расхода (поставки) ресурсов.

В результате на рисунке 11, эпюра, ограниченная штриховым контуром (проведенная по точкам на соответствующем интервале поставки ( $\Pi_n = 5 \text{ дн.}$ ) по линейному графику с интенсивностью поставки ( $i_n = 2 \text{ т/дн.}$ )), является дифференциальным графиком поставки масляной краски, а эпюры, ограниченные сплошными контурами (проведенные по точкам на соответствующих интервалах расхода ( $\Pi_p^1 + \Pi_p^2 + \Pi_p^3 = 4 + 4 + 2 = 10 \text{ дн.} = \Pi_p$ ) по

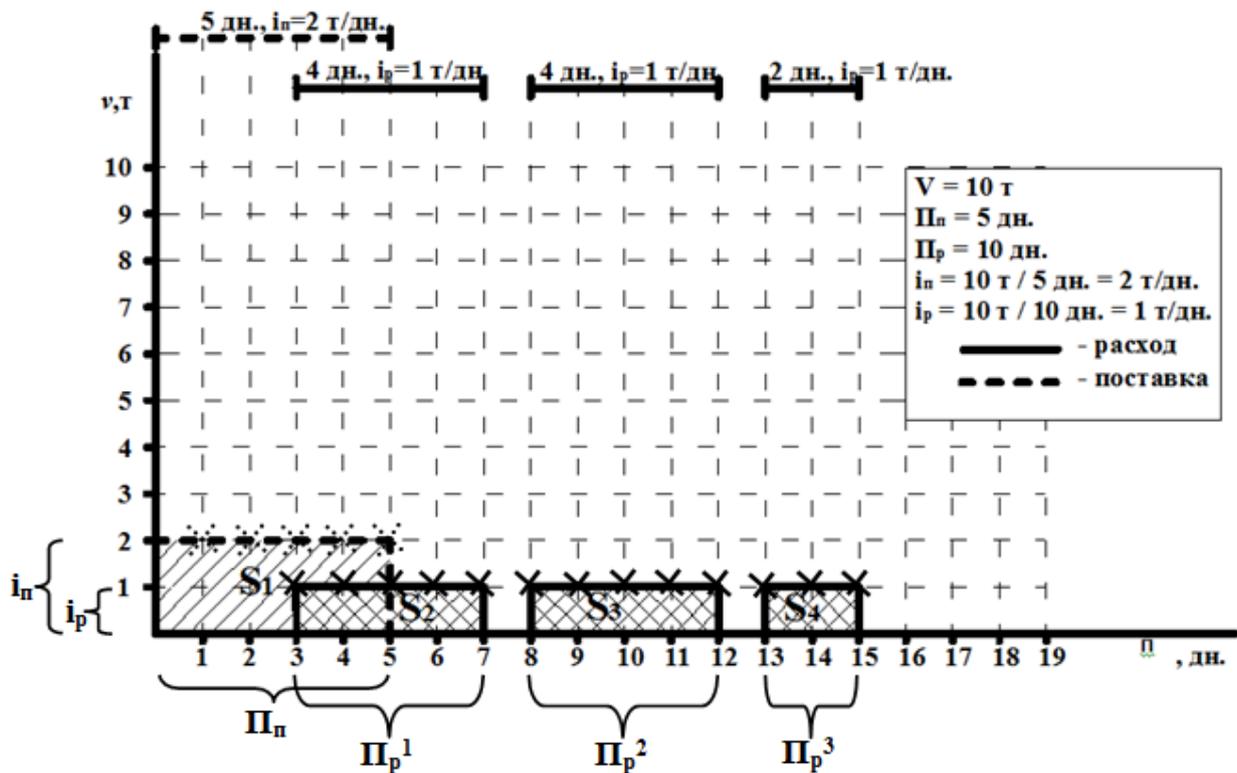
линейному графику с интенсивностью расхода ( $i_p = 1$  т/дн.)), являются дифференциальным графиком расхода масляной краски.

Площади полученных эпюр выражают общее количество ( $V = 10$  т) расходуемого (поставляемого) ресурса данного вида:

$$S_1 = \Pi_n \times i_n = 5 \text{ дн.} \times 2 \text{ т/дн.} = 10 \text{ т} = V;$$

$$S_2 + S_3 + S_4 = i_p \times \Pi_p^1 + i_p \times \Pi_p^2 + i_p \times \Pi_p^3 = i_p \times \sum \Pi_p^n = i_p \times \Pi_p = 1 \text{ т/дн.} \times (4 \text{ дн.} + 4 \text{ дн.} + 2 \text{ дн.}) = 1 \text{ т/дн.} \times 10 \text{ дн.} = 10 \text{ т} = V \text{ (смотри рисунок 11).}$$

Начало оси времени должно соответствовать календарным и/или рабочим дням по порядку начала и окончания расхода (поставки), в соответствии с календарной шкалой, принятой для линейных графиков расхода (поставки) материалов и календарного плана.



**Рисунок 11.** Пример графического исполнения графиков расхода и поставки материальных ресурсов в дифференциальном виде.

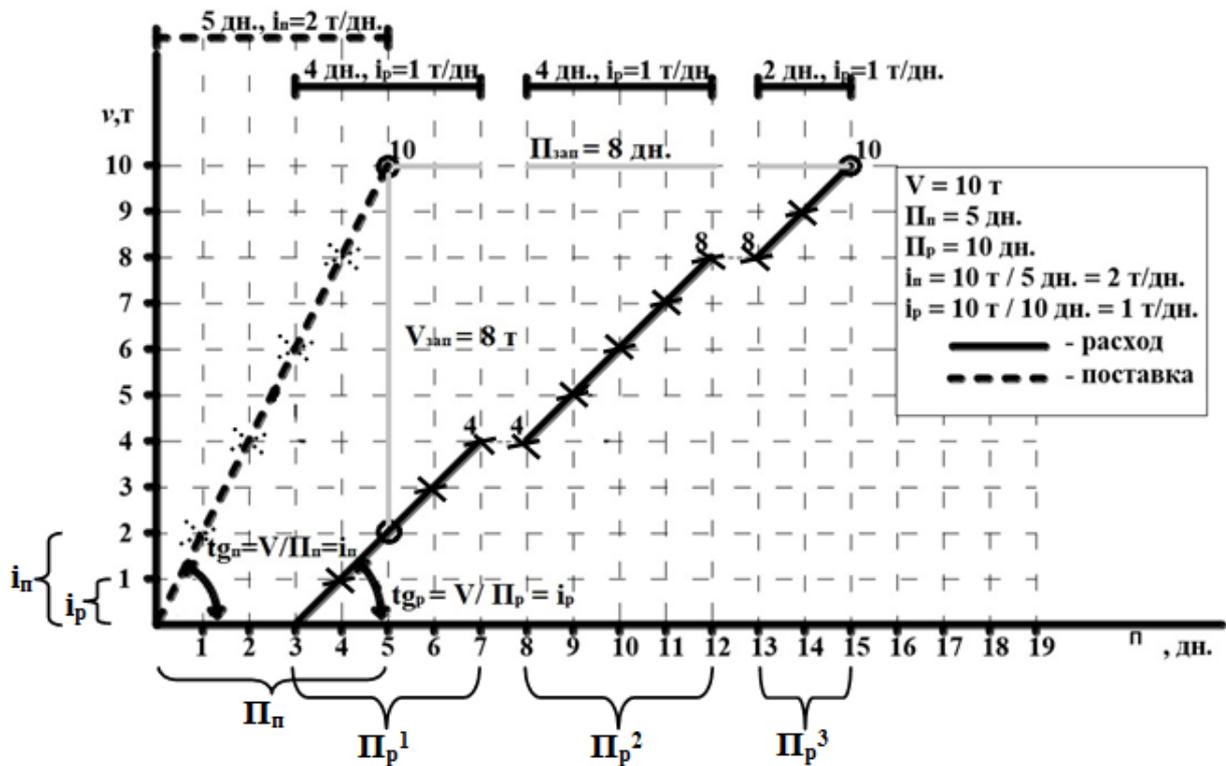
Если интенсивность расхода (поставки) материального ресурса принимается неравномерной, при условии, что требуемый запас на складе в днях и сроки выполнения работы будут соблюдены, то эпюры дифференциальных графиков в соответствующих временных интервалах будут иметь ступенчатый вид.

В *интегральном (накопительном) графике* отражается нарастающим итогом суммарный расход (поступление) материальных ресурсов с начала

планируемого периода с принятой интенсивностью в аналогичных с дифференциальным графиком осях координат (см. рисунок 12). Если текущий расход или поставка ресурсов равномерны, то интегральные графики для них выражаются в виде прямых линий. Ломаные линии указывают на неравномерность расхода (поставки) ресурсов.

Тангенсы углов между интегральными линиями расхода ( $tg_p$ ) (поставки ( $tg_n$ )) и временной осью определяют интенсивность расхода ( $i_p$ ) (поставки ( $i_n$ )) ресурсов. Расстояния по горизонтали ( $\Pi_{зап}$ ) между интегральными линиями поставки и расхода определяют величину запаса ресурса в днях (т.е. на сколько дней для выполнения работы хватит запаса, если прекратится поставка материала) при расходе его с данной интенсивностью. Расстояния по вертикали ( $V_{зап}$ ) между этими линиями показывают запас ресурса на данный день в натуральных показателях. (См. рисунок 12).

Для построения интегральных графиков расхода и поставки материального ресурса на рисунке 12, приняты аналогичные дифференциальным графикам условия и обозначения параметров (см. соответствующее описание и рисунок 11). Однако графическое исполнение интегральных графиков расхода и поставки материальных ресурсов заключается в фиксации, в принятых осях координат, значений интенсивностей расхода (поставки) в соответствующих временных интервалах нарастающим итогом. И временные интервалы также определяются соответствующими линейными графиками расхода (поставки) ресурсов.



**Рисунок 12.** Пример графического исполнения графиков расхода и поставки материальных ресурсов в интегральном виде.

В результате на рисунке 12, интегральная (накопительная) линия в штриховом исполнении (проведенная по точкам в соответствующем интервале поставки ( $\Pi_{\text{п}} = 5$  дн.) по линейному графику и нарастающая, в соответствии с интенсивностью поставки ( $i_{\text{п}} = 2$  т/дн.)), является интегральным графиком поставки масляной краски, а интегральные (накопительные) линии в сплошном исполнении (проведенные по точкам в соответствующих интервалах расхода ( $\Pi_{\text{р}}^1 + \Pi_{\text{р}}^2 + \Pi_{\text{р}}^3 = 4 + 4 + 2 = 10$  дн. =  $\Pi_{\text{р}}$ ) по линейному графику и нарастающие, в соответствии с интенсивностью расхода ( $i_{\text{р}} = 1$  т/дн.)), являются интегральным графиком расхода масляной краски.

Через 5 дней, когда поставка закончится, запас масляной краски на данный день в натуральных показателях составит:  $V_{\text{зап}} = 8$  т. Данный запас можно посчитать по координатной сетке или вычесть из количества всего поставленного материала к концу данного дня количество всего израсходованного материала к концу этого же дня:  $10 - 2 = 8$  т.

В свою очередь, также ко дню окончания поставки, запас масляной краски в днях (т.е. на сколько дней для выполнения малярных работ хватит 8 т краски, т.к. поставка материала закончится, при расходе краски с интенсивностью 1 т/дн.) составит:  $\Pi_{\text{зап}} = 8$  дней. (Смотри рисунок 12). Данное значение определяется по координатной сетке и должно быть не менее нормируемого значения нормы запаса в днях.

$V_{\text{зап}}$  и  $\Pi_{\text{зап}}$  можно определять на любом уровне и интервале расхода или поставки, но с учетом текущих значений количества материала и продолжительности расхода (поставки) выбранного уровня.

Тангенс угла между интегральной линией расхода и временной осью (рассматривается прямоугольный треугольник в границах интервала расхода краски) составляет:  $\text{tg}_{\text{р}} = 10 / 10 = 1$  и равен интенсивности расхода краски –  $i_{\text{р}} = 1$  т/дн. Тангенс угла между интегральной линией поставки и временной осью (рассматривается прямоугольный треугольник в границах интервала поставки краски) составляет:  $\text{tg}_{\text{п}} = 10 / 5 = 2$  и равен интенсивности поставки краски –  $i_{\text{п}} = 2$  т/дн. Прямоугольные треугольники можно рассматривать на любом уровне и интервале расхода или поставки, а значит, и определять тангенсы углов (интенсивности расхода или поставки), но с учетом текущих значений количества материала и продолжительности расхода (поставки) выбранного уровня.

Таким образом, используя графики расхода (поставки) в дифференциальном и интегральном виде можно определять требуемые дополнительные количественные показатели материальных ресурсов при проектировании производства строительно-монтажных работ для правильного контроля и учета их расхода и поставки в период возведения объектов.

Кроме того, на основе данных графиков, можно следить за ситуацией

на складе (т.е. за запасом – количеством материала/конструкций на приобретённом складе каждый день, в натуральных единицах измерения, в динамике от начала поставки до окончания расхода – окончания выполнения работ для которых необходим данный материал/конструкция) посредством разработки соответствующего графика, представленного на рисунке 13.

Значения на графике ситуации на складе каждый день, представленном на рисунке 13, рассчитываются путем вычитания из значений количества всего поставленного материала к концу данного дня (  $\therefore$  ) значений количества этого материала всего израсходованного к концу данного дня (  $\text{см. рисунок 12}$  ), и так до дня окончания поставки включительно. Далее, из предыдущего значения количества материала на складе, вычитается интенсивность расхода этого материала. Рассчитанные значения фиксируются по аналогу, в тех же осях координат и масштабе, принятым для графиков расхода (поставки) в интегральном виде. На рисунке 13 используются также аналогичные условия и обозначения параметров, как и для рисунка 12.

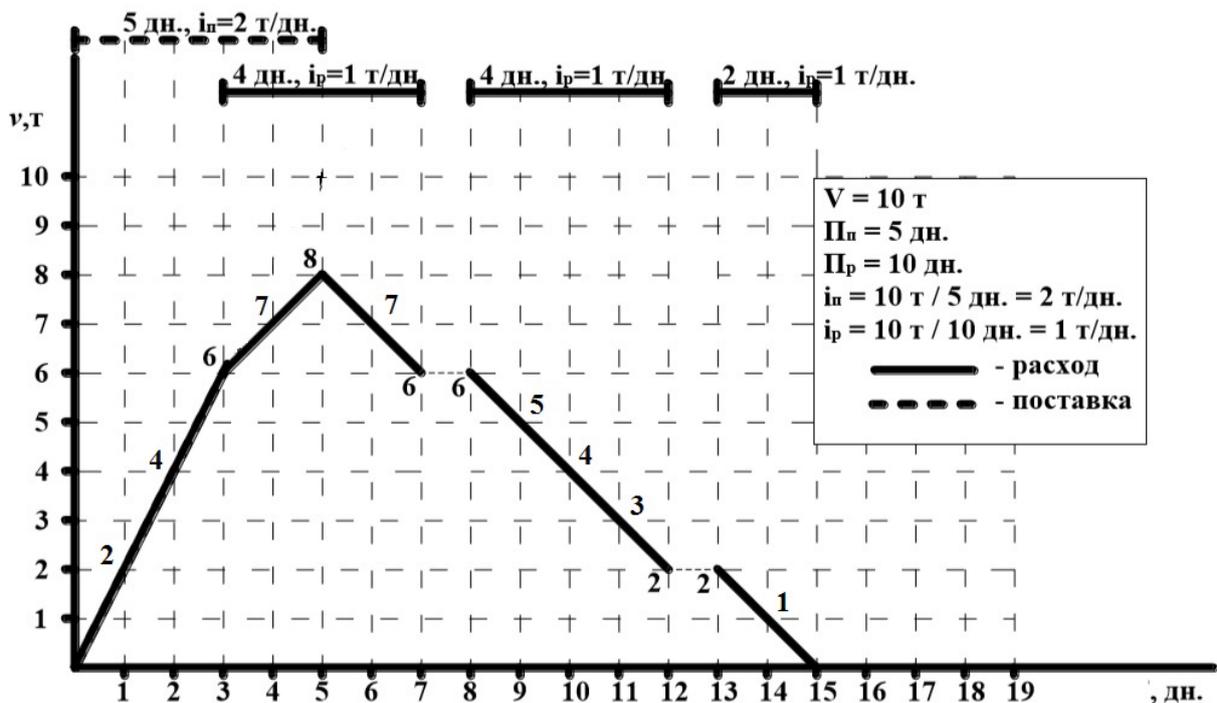


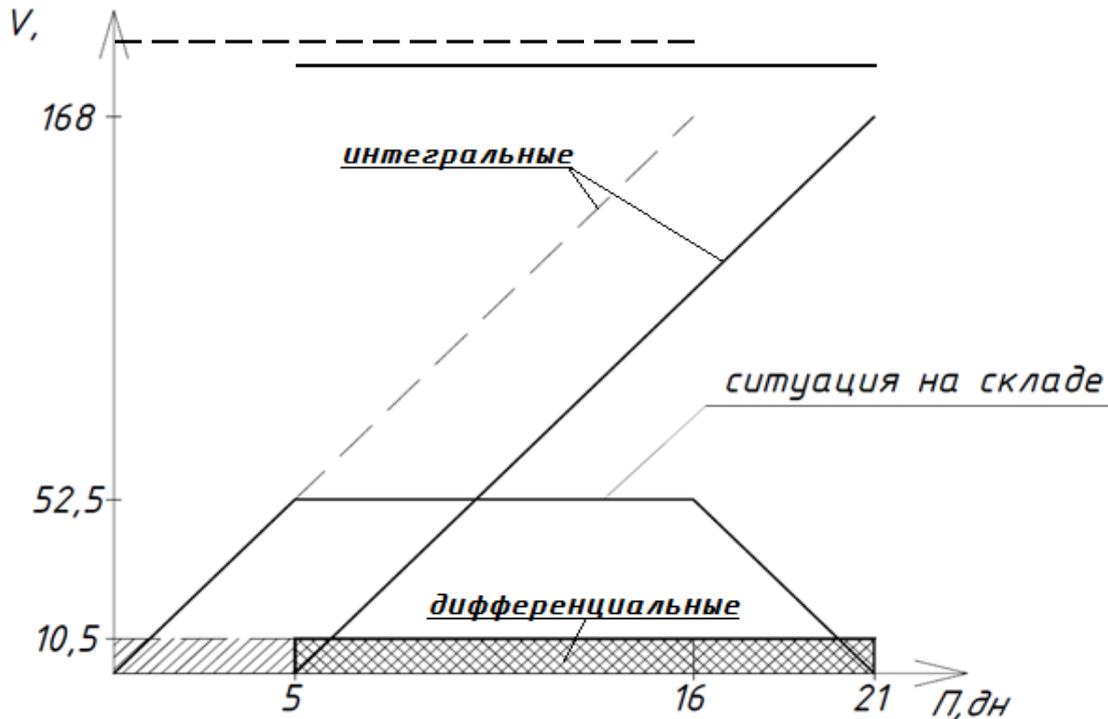
Рисунок 13. Пример графического исполнения графика ситуации на складе.

В результате на рисунке 13, линия в сплошном исполнении, проведенная по рассчитанным точкам, в соответствующих интервалах по линейному графику, нарастающая, а затем убывающая, является графиком ситуации на складе для данного материала.

На складе нет ресурсов на момент начала поставки и к концу периода расхода – окончания выполнения работы. Возможный максимум материала на складе (запас) составляет 8 т.

На рисунке 14 представлен возможный вариант исполнения рассмотренных выше графиков расхода и поставки материальных ресурсов в дифференциальном и интегральном виде и ситуации на складе, и при другом, по сравнению с вышерассмотренным примером, условии.

*Все параметры, на представленных графиках на рисунке 14, рекомендуется определить группе самостоятельно.*



**Рисунок 14.** Пример графического исполнения графиков.

Далее в группе предполагается решение задач по индивидуальным заданиям по данной теме из файла [“варианты индивидуальных заданий”](#).

*При решении индивидуальной задачи необходимо, используя примеры, представленные на рисунках 10 – 14, разработать дифференциальный и интегральный графики расхода и поставки, и ситуацию на складе для заданного материала, предварительно вычертив линейные графики его расхода и поставки. Для создания запаса на складе в днях, поставку заданного материала необходимо начать на 2 – 5 дней раньше расхода (это значение принимается из указанного диапазона самостоятельно).*

**10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Разработка вариантов организационно-технологических схем (ОТС) возведения объекта. Построение укрупненных сетевых моделей под варианты ОТС возведения объекта. Заполнение карточек-определителей работ под укрупненные сетевые модели. Выбор оптимального варианта ОТС”**

**Цель занятия:**

Изучение подходов к вариантному проектированию организации производства работ для возведения объекта, и особенностей применения их при разработке календарного плана в составе ППР.

**Содержание занятия:**

1. Совместно с группой обосновать необходимость разработки вариантов ОТС возведения объекта на уровне укрупненных сетевых моделей.
2. Рассмотреть порядок, последовательность и правила выбора оптимального варианта ОТС для различных объектов и условий их возведения на примерах.
3. По индивидуальному заданию ([см. файл “варианты индивидуальных заданий”](#)) разработать варианты ОТС возведения выбранного объекта и выбрать наиболее оптимальный с учетом поточности и/или сроков.
4. Рассмотреть возможные сферы применения результатов.

**Основная часть.**

В строительной практике принято разрабатывать различные варианты возведения объектов для поиска наиболее оптимального при заданных критериях оптимальности.

Возведение объекта, в зависимости от особенностей объемно-планировочного и конструктивного решения, может осуществляться по различным организационно-технологическим схемам (без расчленения на захватки (последовательным методом), с расчленением на 2, 3 или более захваток, равных или не равных по объему, с одинаковым насыщением трудовыми ресурсами, машинами и механизмами (поточным методом), и с неодинаковым насыщением ресурсами (параллельным методом)). Соответственно, каждый вариант возведения объекта будет иметь свои показатели строительства, основными из которых являются продолжительность возведения объекта, коэффициент изменения численности рабочих, уровни потребления материально-технических ресурсов (по видам ресурсов) в единицу времени.

*Сущность, условия применения, преимущества и недостатки, определение продолжительности, уровень потребления ресурсов в единицу времени последовательного, параллельного и поточного методов организации строительства, их графическое представление в виде моделей, рассматриваются в объеме лекционного материала по дисциплине. И дальнейшие*

*здесь предлагаемые примеры базируются на данной, изученной на лекциях, информации.*

При разработке вариантов организационно-технологических схем (ОТС) возведения объекта ставится задача – рассмотреть и оценить разные организационно-технологические схемы возведения объекта, посредством построения укрупненных сетевых графиков для них, и последующим выбором оптимального варианта, например по критерию “время” – с наименьшей продолжительностью строительства (длиной критического пути в сетевом графике) с учетом объема потребляемых ресурсов в единицу времени, или по критерию “трудовые ресурсы” – по наименьшему значению коэффициента изменения численности рабочих (здесь возникает необходимость построения графика изменения численности рабочих), или обосновывая выбор варианта преимуществами используемого поточного метода организации строительства.

Решение таких задач в строительном производстве в комплексе базируется на том, что возможны любые сочетания методов и ресурсов в заданных условиях, при наличии обоснований и учета всех факторов, влияющих на выбор критериев оптимальности при вариантном проектировании производства работ.

Необходимо помнить, что основным условием применения поточного и параллельного методов является наличие нескольких объектов или возможности расчленения объекта или работ на объекте, на захватки.

По каждому зданию или группе зданий устанавливают технологическую последовательность работ и определяют рациональные размеры захваток (участков) и их количество. Размеры захваток зависят от объемно-планировочного и конструктивного состава объекта, а также от характера развития специализированных потоков, состава выполняемых ими работ и их производительности. При организации строительства поточным или параллельным методами возможность расчленения объекта (комплексного процесса, отдельной работы, фронта работ) на равные или не равные части (захватки), требует пояснения того, что может являться захваткой и как задаются ее размеры.

Под захваткой принято понимать часть здания или его объема (секция, пролет, этаж, участок фронта работы), объемы работ по которой выполняются бригадой (звеном) постоянного состава с определенным ритмом.

Разбивка здания на захватки осуществляется с учетом следующего.

Размеры захваток устанавливаются исходя из планировочных, объемных и конструктивных решений здания и направлений развития основных процессов по его возведению. В качестве захваток принимаются повторяющиеся пролеты, секции, этажи, конструктивные объемы по определенной группе осей, рядов и отметок здания. Разбивка здания на захватки производится с учетом обеспечения необходимой устойчивости и пространственной

жесткости несущих конструкций в условиях их самостоятельной работы в пределах захватки. Необходимо, чтобы границы захваток совпадали с конструктивным членением здания – температурными и деформационными швами, что обеспечит возможность прекращения и возобновления работы без нарушения устойчивости и жесткости захваток, деформаций конструкций в них, и технологичности выполнения работ.

Следует отметить, что захватки могут быть для разных потоков разными. Например, для каменщиков или монтажников в качестве захватки могут быть участки здания ограниченные температурно-деформационными швами, а для столяров, плотников, штукатуров, отделочников и других специальностей в качестве захватки могут быть секции, пролеты, этажи.

В свою очередь, в разрабатываемые варианты ОТС возведения объекта обязательно должны закладываться наиболее эффективные решения по технологии ведения СМР (способы производства работ, виды строительных машин и монтажных механизмов и схемы их движения, и др.), которые зависят от объемно-планировочного, конструктивного решения и видов строящихся зданий. Выбор вида крана (башенный на рельсовом ходу, башенный приставной на фундаменте, гусеничный, в т.ч. в башенно-стреловом исполнении, на пневмоколесном ходу, автокран) принимается в зависимости от этажности, размеров в плане, компоновочной схемы строящегося объекта, принятого метода монтажа надземной части здания, со сменой его вида в зависимости от периода (возведение подземной или надземной части) или этапа (монтаж 1-3го или последующих этажей, монтаж соответствующих видов конструкций) строительства или без смены его вида.

Таким образом, под организационно-технологической схемой понимается укрупненная схема здания в осях с указанием месторасположения или пути движения монтажного крана и метода организации строительства объекта (см. рисунки 15, 16 и 17). В организационно-технологических схемах определяются оптимальные решения по последовательности и методам строительства объекта.

*Например, требуется разработать три варианта ОТС возведения объекта (шести секционный, девяти этажный, кирпичный жилой дом, с компоновкой секций по рисункам 15, 16 и 17) с учетом того, что возведение объекта на строительной площадке осуществляет один монтажный кран (при этом условии потребность в трудовых ресурсах, машинах и механизмах и стройматериалах одного вида в единицу времени, в каждом из рассматриваемых вариантах будет одинакова, смещаются только сроки начала их потребления), для выбора затем одного варианта, более оптимального, по критерию – “время возведения”.*

Проектирование производства работ начинается с изучения объемно-планировочных и конструктивных характеристик объекта, а далее, в зависимости от конфигурации, конструктивной схемы и компоновки объекта, и

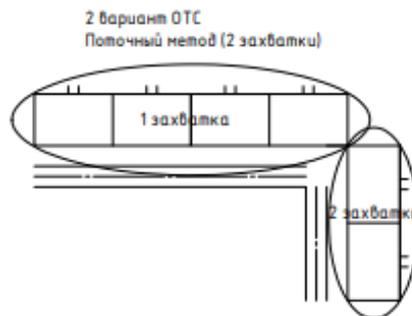
с учетом вышесказанного, последовательность действий заключается в следующем.

Например, *первый вариант* ОТС возведения рассматриваемого 9-ти этажного жилого дома принимается и заключается в том, что здание возводится последовательным методом одним башенным краном на рельсовом ходу (*изображаются ось движения и подкрановые рельсы с противоположной от входов в здание стороны*), в соответствии с рисунком 15.



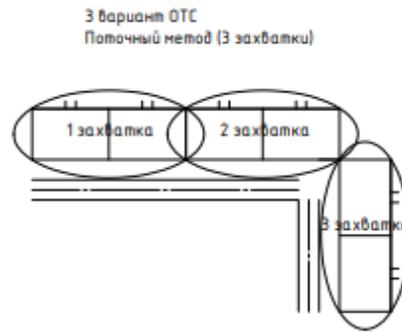
**Рисунок 15.** Первый вариант ОТС возведения жилого дома. Последовательный метод возведения объекта.

Далее, например, *второй вариант* ОТС возведения данного жилого дома принимается и заключается в том, что здание разбивается на две захватки и возводится поточным методом одним башенным краном на рельсовом ходу (см. рисунок 16). Возможность разбиения объекта на две захватки присутствует.



**Рисунок 16.** Второй вариант ОТС возведения жилого дома. Поточный метод возведения объекта, две захватки.

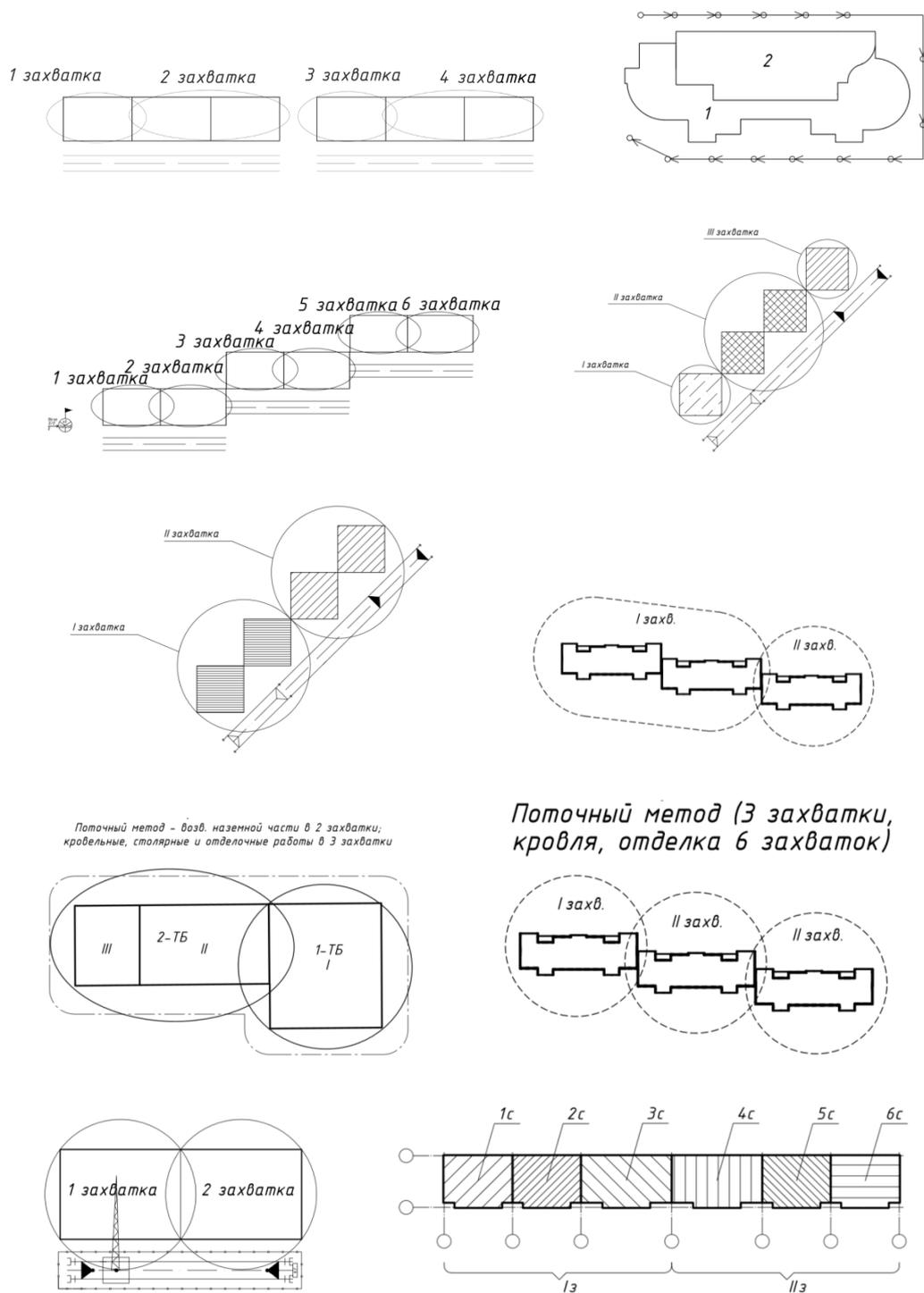
А, например, *третий вариант* ОТС возведения данного жилого дома заключается в том, что здание разбивается на три захватки и также возводится поточным методом одним башенным краном на рельсовом ходу (см. рисунок 17). Возможность разбиения объекта на три захватки присутствует.



**Рисунок 17.** Третий вариант ОТС возведения жилого дома. Поточный метод возведения объекта, три захватки.

Для примера, для проведения вариантного проектирования производства работ, на рисунке 18 демонстрируются возможные различные варианты разбиения объектов на захватки, для разработки в дальнейшем соответствующих ОТС возведения этих объектов и для использования поточного или параллельного методов организации строительства в них, в зависимости от конструктивного решения, компоновочной схемы и этажности объектов, принятого метода монтажа надземной части здания и вида монтажного крана (для башенного – изображаются ось движения и подкрановые рельсы, для разных типов самоходных кранов – изображаются ось движения и стоянки крана), и учета того, что возможность разбиения объектов на захватки присутствует. При этом разные захватки (см. рисунок 18) могут быть одинаковыми или различаться по своему составу и/или геометрическим размерам, и возведение объекта может начинаться как с большей по объему, так и с меньшей по объему захватки, что изменяет последовательность их нумерации. Условие одинаковой потребности в материально-технических ресурсах одного вида в единицу времени также может не соблюдаться в каждом из рассматриваемых вариантах, но это количество должно подлежать представлению и учету в этом случае. По существу, речь идет о наличии на объекте строительства нескольких монтажных кранов и соответственно других видов ресурсов одного вида. И целесообразно участникам строительства объекта знать при выборе оптимального варианта ОТС его возведения по критерию “время”, за счет чего происходит сокращение продолжительности его возведения – за счет привлечения дополнительных ресурсов одного вида в единицу времени для параллельного выполнения работ. А значит заранее увидеть и рассмотреть возможность обеспечения всеми необходимыми ресурсами и их увеличенным объемом в единицу времени для достижения рассчитанного срока строительства, и если такая возможность предполагается, выбрать соответствующий вариант ОТС возведения объекта и обеспечивать в дальнейшем необходимую потребность в ресурсах, или, при отсутствии такой возможности отказаться от этого варианта, так как отсутствие в дальнейшем необходимой потребности в ресурсах

будет увеличивать сроки производства работ и приведет к срыву сроков сдачи объекта в эксплуатацию. В данном случае критерием выбора оптимального варианта ОТС возведения объекта нельзя назвать только “время”, им будет являться и критерий “ресурсы”.



**Рисунок 18.** Возможные различные варианты разбиения объектов на захватки.

Далее для выбора оптимального варианта возведения объекта по критерию “время” необходимо определить и затем сравнить показатели продолжительности строительства по каждому разработанному варианту организационно-технологической схемы возведения рассматриваемого здания.

Для этого на каждый вариант ОТС разрабатывается укрупненная сетевая модель возведения объекта и далее выполняется их расчет графическим способом (*элементы, правила построения сетевых моделей и графического способа их расчета рассмотрены в предыдущих темах*). Для проведения расчета укрупненных сетевых моделей графическим способом необходимо определить параметры выполняемых комплексных процессов (продолжительность в днях, количество смен работы в день, количество рабочих в бригаде в смену) путем заполнения карточки-определителя работ (правила заполнения смотреть ниже), индивидуальной для каждой укрупненной сетевой модели, и внести рассчитанные значения параметров комплексных процессов (работ) на сетевые графики. По результату расчета укрупненных сетевых графиков под варианты ОТС возведения объекта выбирается вариант, в котором длина критического пути, т.е. продолжительность возведения объекта, наименьшая из рассмотренных ОТС. Выбранный вариант ОТС возведения объекта в дальнейшем и будет основанием для разработки детального календарного плана.

*Данная последовательность действий аналогична и в случаях, когда приняты другие критерии выбора оптимального варианта возведения объекта, описанные выше. Но если критерием выбора оптимального варианта возведения объекта принят критерий “трудовые ресурсы”, то дополнительно необходимо к каждому укрупненному сетевому графику по вариантам ОТС возведения построить график изменения численности рабочих и определить коэффициенты неравномерности в них (правила построения этого графика и расчета коэффициента рассмотрены в предыдущих темах). Вариант ОТС возведения, с минимальным, из рассчитанных, коэффициентом неравномерности и будет принят за основу для разработки детального календарного плана возведения объекта.*

В укрупненных сетевых моделях необходимо принять следующую номенклатуру комплексных процессов:

1. Подготовительные работы;
2. Земляные работы;
3. Работы нулевого цикла (Возведение подземной части);
4. Обратная засыпка;
5. Возведение надземной части;
6. Столярные работы;
7. Кровельные работы;
8. Отделочные работы (в т.ч. устройство полов);
9. Санитарно-технические работы;

10. Электромонтажные работы;
11. Благоустройство;
12. Прочие работы.

Для примера демонстрации возможной топологии укрупненных сетевых графиков по трем вариантам ОТС возведения жилого дома, рассмотренных на рисунках 15, 16 и 17, ниже дается их графическое изображение на рисунках 19, 20 и 21 (сетевые графики представлены уже в рассчитанном виде). Причем разбиение на захватки жилого дома здесь (так и в других рассмотренных ниже примерах на рисунках 22 – 25) принято и выполнено после производства комплекса работ в составе земляных работ, возведения подземной части с выполнением обратной засыпки на всем составном объекте только в учебных целях, для акцентирования внимания на возможную топологию сетевой модели при поточном методе с двумя/тремя захватками и удобства это продемонстрировать не перегружая для понимания сетевую модель. Однако в практике, разбиение на захватки здания может, или в отдельных случаях обязательно должно, начинаться и/или с земляных работ и/или с возведения подземной части с обратной засыпкой, а также может использоваться не только поточный, но и параллельный метод организации строительства, это все зависит от заложенного и принятого в ОТС возведения здания решения, чтобы влиять на сроки строительства объекта, принятие которого в свою очередь зависит в т.ч. от директивных сроков строительства объекта, продолжительности этих работ и величины достигаемого эффекта от организации поточного и/или параллельного производства данных работ (см. рисунки 26 и 27).

В соответствии с СН 1.03.04-2020 Организация строительного производства и СН 1.03.01-2019 Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений:

- к производству основных строительного-монтажных работ по строительству объекта приступают после отвода в натуре земельного участка, завершения всего комплекса подготовительных работ и оформления акта о соответствии выполненных внеплощадочных и внутриплощадочных подготовительных работ требованиям безопасности труда и готовности объекта к началу строительства, реконструкции (модернизации), капитального ремонта, сноса зданий и сооружений (до начала строительства должна быть принята строительная площадка по акту о соответствии выполненных внеплощадочных и внутриплощадочных подготовительных работ требованиям безопасности труда и готовности объекта к началу строительства);

- запрещается начинать работы по возведению надземных конструкций здания (сооружения) или его части до полного окончания строительства его подземной части (подземных конструкций) и обратной засыпки котлованов, траншей и пазух с уплотнением грунта до плотности его в естествен-

ном состоянии или заданной проектом (надземную часть здания необходимо возводить только после сооружения подземной части (монтажа несущих конструкций, анкеровки стен и заделки швов между плитами перекрытия) и обратной засыпки пазух до проектной отметки с уплотнением грунта до требуемого коэффициента уплотнения согласно проектной документации, если другое в ней не предусмотрено);

В соответствии с СП 1.03.01-2019 Отделочные работы:

- Отделочные работы и устройство полов следует выполнять после завершения следующих видов работ: устройства кровли с деталями и примыканиями и (или) защиты отделяемых помещений от атмосферных осадков; заполнения и герметизации швов между ограждающими конструкциями; установки оконных, дверных и балконных блоков, заделки и изоляции стыков их сопряжения с ограждающими конструкциями; остекления оконных проемов; устройства гидро-, звуко-, теплоизоляции и выравнивающих стяжек перекрытий; устройства пола на балконах и лоджиях; прокладки электрических и слаботочных проводов; установки закладных изделий, монтажа и проведения испытаний инженерных систем. Санитарно-технические приборы до начала монтажа должны быть окрашены с тыльной стороны, а поверхности стен в местах их установки - оштукатурены, облицованы или окрашены.

На демонстрируемых примерах укрупненных сетевых моделей, на рисунках, эти требования учитываются.

О правилах и возможности разбиения объекта и/или отдельных работ на захватки, в частности при возведении подземной и надземной его частей, было сказано выше, однако в строительной практике и в СН 1.03.01-2019 "Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений" и СП 1.03.11-2023 "Продолжительность строительства. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства. Порядок определения" присутствуют и положения о том, что:

- разность высот возводимой каменной кладки на смежных захватках или в местах примыканий и пересечений не должна превышать высоту этажа, разность высот между смежными участками кладки для стен подземной части здания не должна превышать 1,2 м;

- в целях улучшения ритмичности ввода в эксплуатацию жилых домов, организации необходимого задела и переходящего фронта работ при поточной застройке допускается предусматривать технологический перерыв на срок не более 3 мес. между окончанием работ нулевого цикла и возведением надземной части;

- продолжительность строительства жилого дома, возводимого и вводимого в эксплуатацию пусковыми комплексами (посекционно), определяется по общей площади каждого пускового комплекса (секции) в отдельно-

сти с учетом принятой организационно-технологической последовательности ввода и возможного совмещения производства работ по пусковым комплексам (секциям);

- односекционные здания (башни) при монтаже коробки в плане на захватки не делятся. Сопутствующие работы (сварка и заделка стыков, расшивка швов и др.) выполняются одновременно с монтажом на разных участках. Протяженные здания разбивают на захватки, величина которых принимается в пределах между минимумом - этаж-секция и максимумом - этаж дома. Обычно за захватку в домах от 3 до 6 секций (до 100 м) принимают пол-этажа. Одновременно с монтажом каркаса и ограждающих конструкций на одной из захваток, - на другой выполняют общестроительные, сантехнические и электромонтажные работы. В основу организации строительства многосекционных зданий независимо от их конструктивного решения закладываются следующие технологические принципы: монтаж конструкций двумя (или более) параллельными потоками (по 3, 4 и 5 секций в каждом) при соответствующем числе башенных кранов; совмещение с монтажом последующих общестроительных и специальных работ. В этом случае здание разбивают на два участка, а каждый участок, в свою очередь, на захватки. Строительные работы, совмещенные с монтажом конструкций, выполняются одновременно на двух участках, но на разных этажах и захватках;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства, состоящего из нескольких обособленных самостоятельных зданий и сооружений (в том числе конструктивно взаимосвязанных), определяют на основе оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ для каждого обособленного здания или сооружения, исходя из значений натурального показателя обособленного здания или сооружения, с учетом запланированной организационно-технологической последовательности их строительства и возможного совмещения работ по ним. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для обособленного самостоятельного здания или сооружения является промежуточным расчетным показателем при определении оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства в целом. При этом рекомендуется оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства в целом определять по основному зданию или сооружению с наибольшей трудоемкостью выполнения строительно-монтажных работ, а строительство зданий или сооружений с меньшей трудоемкостью осуществлять одновременно с основным зданием или сооружением;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства, состоящего из пусковых комплексов,

определяют на основе оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ для каждого пускового комплекса отдельно с учетом запланированной организационно-технологической последовательности ввода пусковых комплексов и возможного совмещения работ по ним;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ при выделении в составе объекта очереди строительства определяют как для самостоятельного объекта строительства. При необходимости общую продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для объекта строительства с выделением очередей определяют на основе оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ для каждой очереди строительства с учетом запланированной организационно-технологической последовательности ввода очередей строительства и возможного совмещения работ по ним;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для комплекса взаимосвязанных объектов строительства, включаемых в сводку средств согласно, определяют на основе оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ на каждом отдельном объекте строительства согласно. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для каждого отдельного объекта строительства является промежуточным расчетным показателем при определении оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ для комплекса взаимосвязанных объектов строительства. При этом оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для комплекса взаимосвязанных объектов строительства, включенных в сводку средств, рекомендуется определять по основному объекту комплекса с наибольшей трудоемкостью строительно-монтажных работ. Все остальные объекты строительства рекомендуется возводить одновременно в пределах оптимальной продолжительности выполнения строительно-монтажных работ на основном объекте;

- оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ учитывает организацию производства работ в две смены, если иное не указано в пояснениях к таблицам. При необходимости организации работ на объекте строительства в одну смену применяют повышающий коэффициент 1,5; в три смены — понижающий коэффициент 0,8. При расположении объекта строительства в сложившейся застройке, где не обеспечиваются нормативные параметры акустической среды в расположенных рядом жилых и общественных зданиях и выполнение по указанной причине отдельных строительно-монтажных работ производится только в дневное время применяют коэффициент 1,3;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для зданий и сооружений, строящихся в условиях, когда для обеспечения безопасного производства работ предусмотрено ограничение

выноса крюка или поворота стрелы грузоподъемного крана, определяют с применением повышающего коэффициента, равного 1,1;

- оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для многосекционных зданий из стеновых кладочных материалов, а также монолитных и каркасных систем определяют при условии работы одного монтажного крана на каждых двух секциях, а для многосекционных зданий других конструктивных систем — на каждых четырех секциях. При планируемом изменении количества монтажных кранов оптимальную продолжительность выполнения строительно-монтажных работ для многосекционных зданий рекомендуется корректировать с учетом коэффициента.

Таким образом, в производственных условиях при разработке ОТС возведения составного или комплекса взаимосвязанных объектов и выборе наиболее оптимального варианта возведения, необходим учет перечисленных выше положений в зависимости от компоновочной схемы и этажности комплекса – как по отношению друг к другу в плане расположены секции, температурные или деформационные блоки здания, пролеты. Также можно сделать вывод о том, что при учете данных положений при организации и вариантном проектировании производства работ, по сути сразу рекомендуется к использованию, для достижения минимальной продолжительности строительства, параллельный метод организации строительства для возведения надземных частей таких составных объектов в вариантах ОТС и соответствующие ему условия. Возможность использования поточного метода рассматривается на всех других видах строительных работ, кроме возведения надземной части таких объектов.

В рассматриваемых здесь примерах на рисунках и решение индивидуальных задач далее, в рамках данного практического занятия, в учебных целях, представлено и возможно вести без учета выше перечисленных положений, т.к. они носят рекомендательный характер, а на возможность использования поточного метода организации строительства в период возведения надземной части, при определенной компоновочной схеме объекта, также влияет геология площадки строительства, технология и технологичность начала производства монтажных и кладочных работ на смежных захватках, критерий выбора оптимального варианта возведения, знание преимуществ и недостатков методов организации строительства по отношению друг к другу.

На рисунках 22, 23, 24 и 25 демонстрируется возможная другая топология укрупненных сетевых графиков (без связи с примерами на рисунках 19, 20 и 21) для других объектов и ОТС их возведения, в т.ч. с различным количеством захваток на разных работах. В подрисуночных надписях указываются особенности возможных принятых ОТС возведения объектов.

На рисунке 24 кроме укрупненного сетевого графика, для него для примера построен график изменения численности рабочих (*правила построения смотреть соответствующую тему практических занятий*), необходимость в построении которого возникает в случае выбора оптимального варианта ОТС возведения объекта и/или по критерию “трудовые ресурсы”, т.е. по наименьшему значению коэффициента неравномерности (*правила расчета смотреть соответствующую тему практических занятий*) из рассматриваемых вариантов ОТС. Такой график должен быть построен для каждого укрупненного сетевого графика из рассматриваемых вариантов ОТС возведения объекта для возможности расчета значения коэффициента неравномерности движения рабочих. Значения смен работы в день и количество рабочих в бригаде в смену, указываемые в укрупненных сетевых графиках, принимаются по соответствующим карточкам-определителям работ для данного варианта сетевого графика.

На рисунке 25 для примера демонстрируется фрагмент топологии укрупненного сетевого графика для одного из возможных вариантов ОТС возведения одноэтажных промышленных зданий тяжелого типа (сложные) поточным методом с разбиением всех работ после обратной засыпки (в учебных целях) на две захватки и с поэлементной детализацией при использовании отдельного метода монтажа конструкций (здесь требуется расширить номенклатуру работ в укрупненной сетевой модели для отражения специфики отдельного метода в ней). При отдельном методе монтажа конструкций обеспечивается эффективное использование монтажных механизмов, и таким образом возможна параллельная работа монтажных кранов разной грузоподъемности на смежных захватках на монтаже разных конструкций. В случае использования комплексного метода монтажа конструкций, преимущественно для одноэтажных промышленных зданий легкого типа (простые), в сетевой модели поэлементная детализация монтажа надземной части не используется, и монтаж надземной части в этом случае изображается в виде комплексного процесса “Возведение надземной части (№ захватки)” по аналогу с изображениями на моделях, представленных на предыдущих рисунках. Комбинирование данных положений, но уже с параллельным методом организации строительства таких объектов, закладываемого в варианты ОТС возведения, также возможно для сокращения сроков строительства, но при учете и обеспечении необходимым объемом материально-технических ресурсов.

Признаки, принципы классификации и группы одноэтажных промышленных зданий по сложности, в т.ч. в привязке к методам монтажа конструкций и достигаемому эффекту по каждому используемому методу, рассматриваются в лекционном материале по дисциплине.

На рисунке 26 представлен вариант топологии укрупненной сетевой модели для варианта ОТС возведения здания параллельным методом с разбиением на две захватки всех процессов после выполнения подготовительных работ. На рисунке 27 демонстрируется вариант топологии укрупненной сетевой модели для варианта ОТС возведения здания поточным методом с разбиением на две захватки всех процессов также после выполнения подготовительных работ.

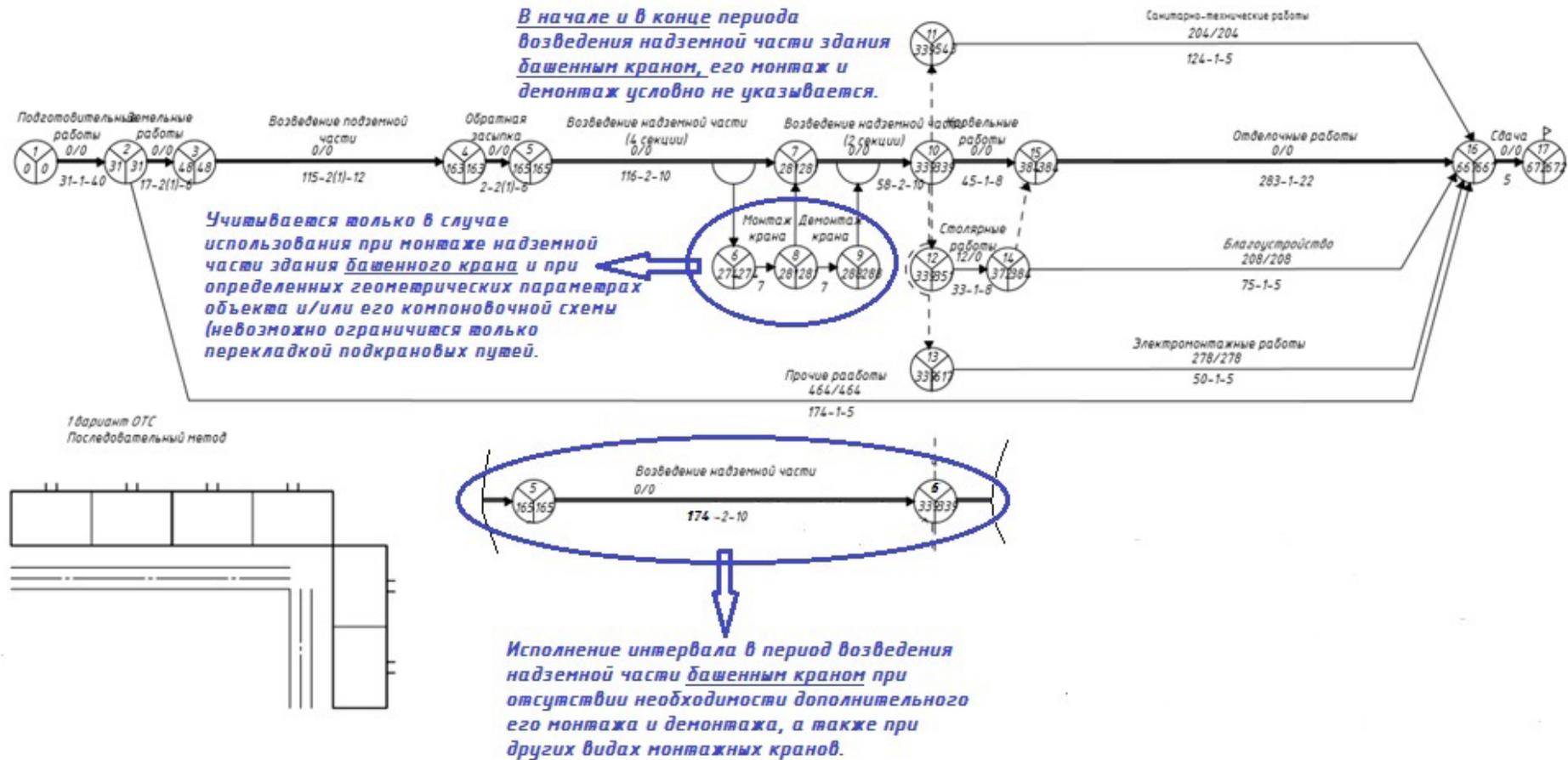


Рисунок 19. Укрупненный сетевой график для первого варианта ОТС возведения жилого дома.

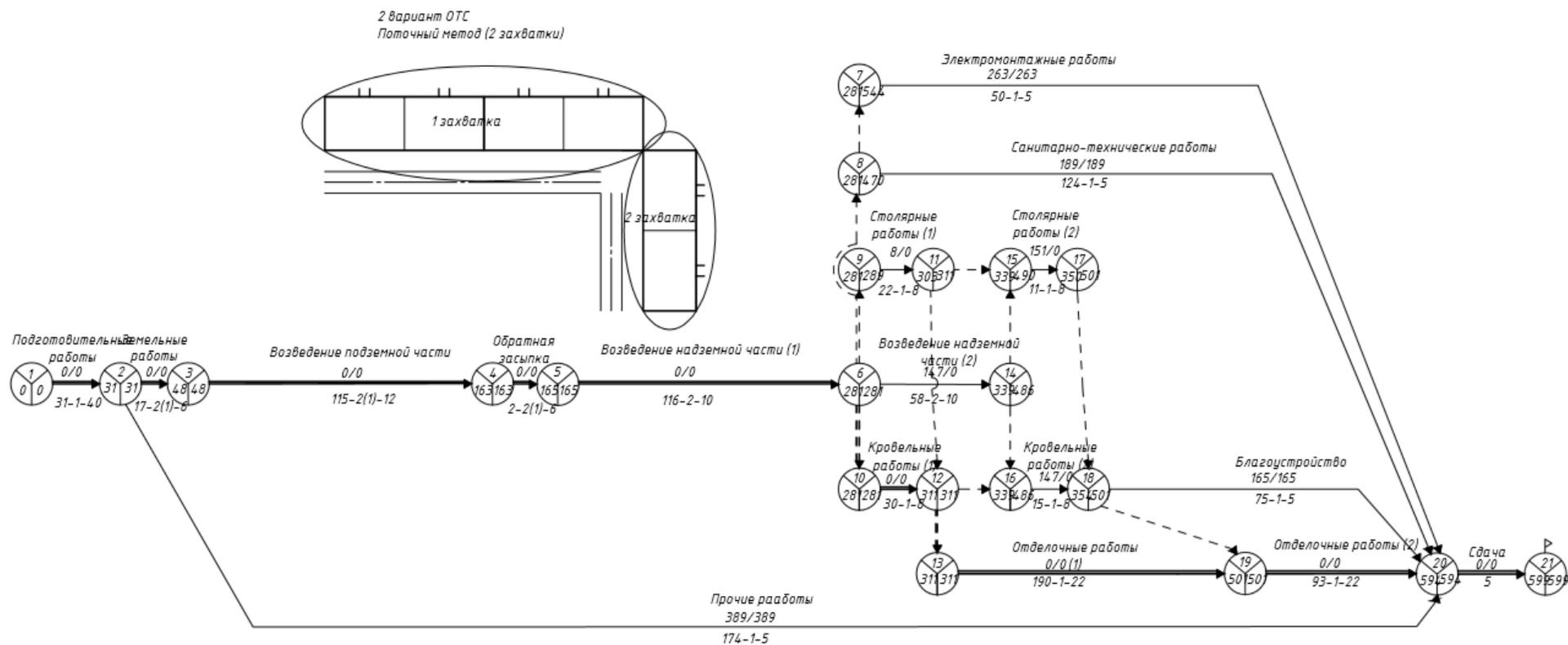


Рисунок 20. Укрупненный сетевой график для второго варианта ОТС возведения жилого дома.

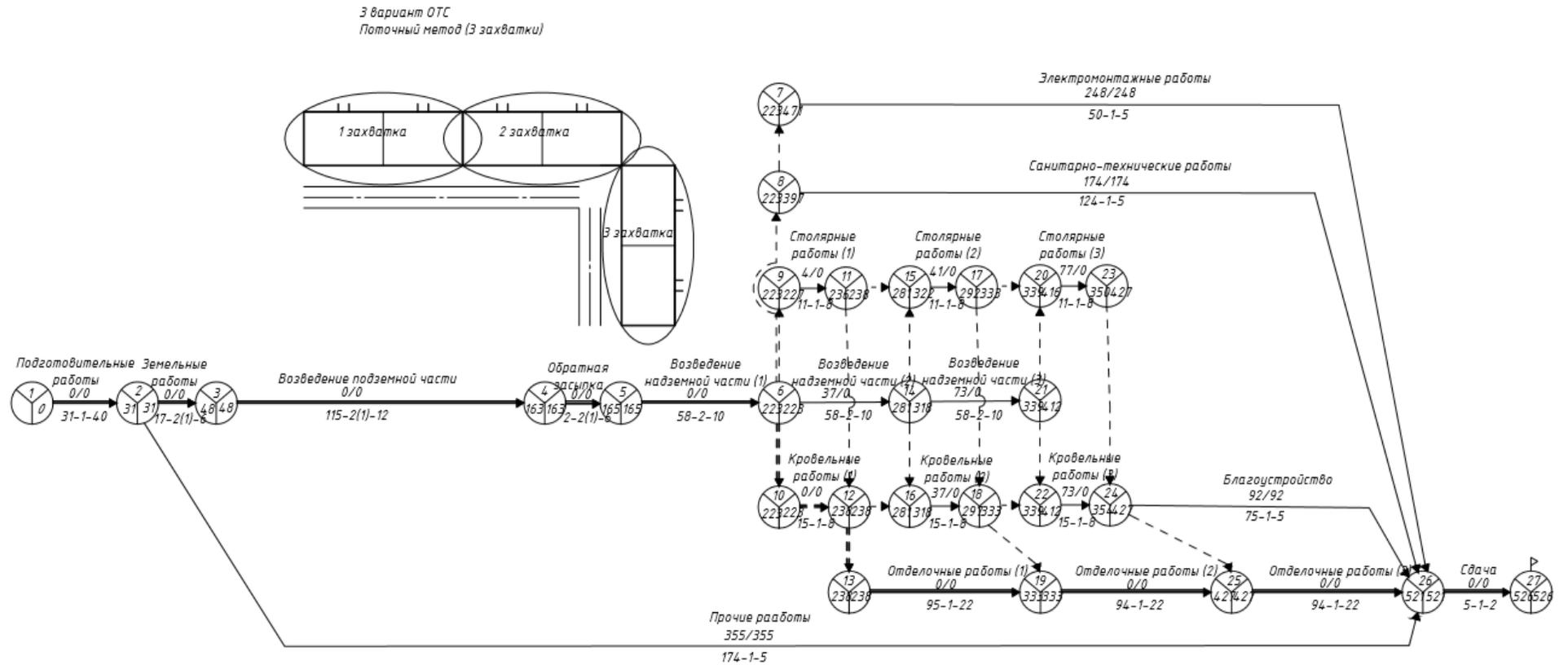
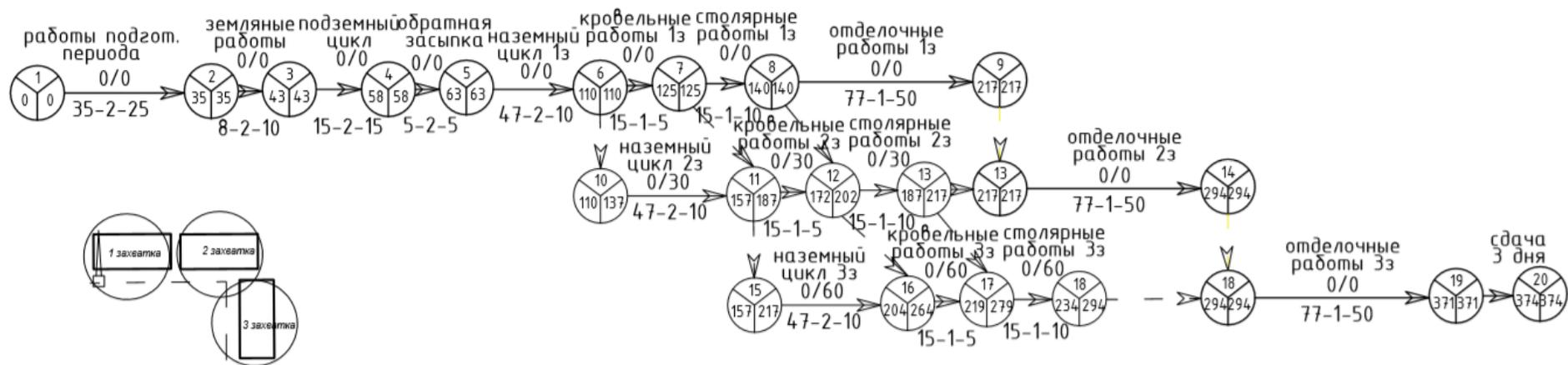


Рисунок 21. Укрупненный сетевой график для третьего варианта ОТС возведения жилого дома.



**Рисунок 22.** Вариант топологии укрупненного сетевого графика для варианта ОТС возведения здания поточным методом с тремя захватками после обратной засыпки (в данном примере общий резерв времени у работ записан в знаменателе, а частный в числителе; выполнение санитарно-технических, электромонтажных, прочих работ и благоустройства условно не показаны).



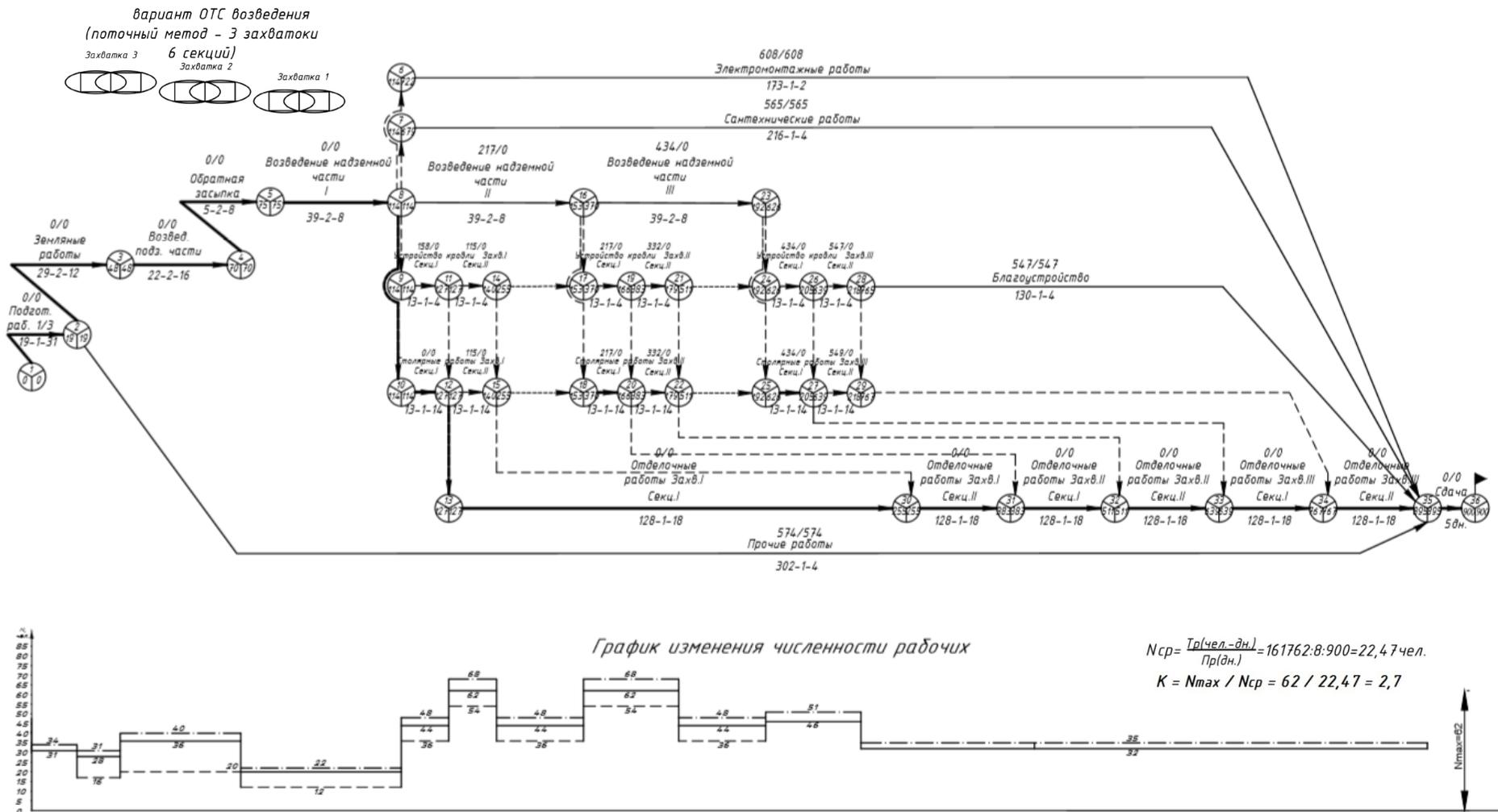
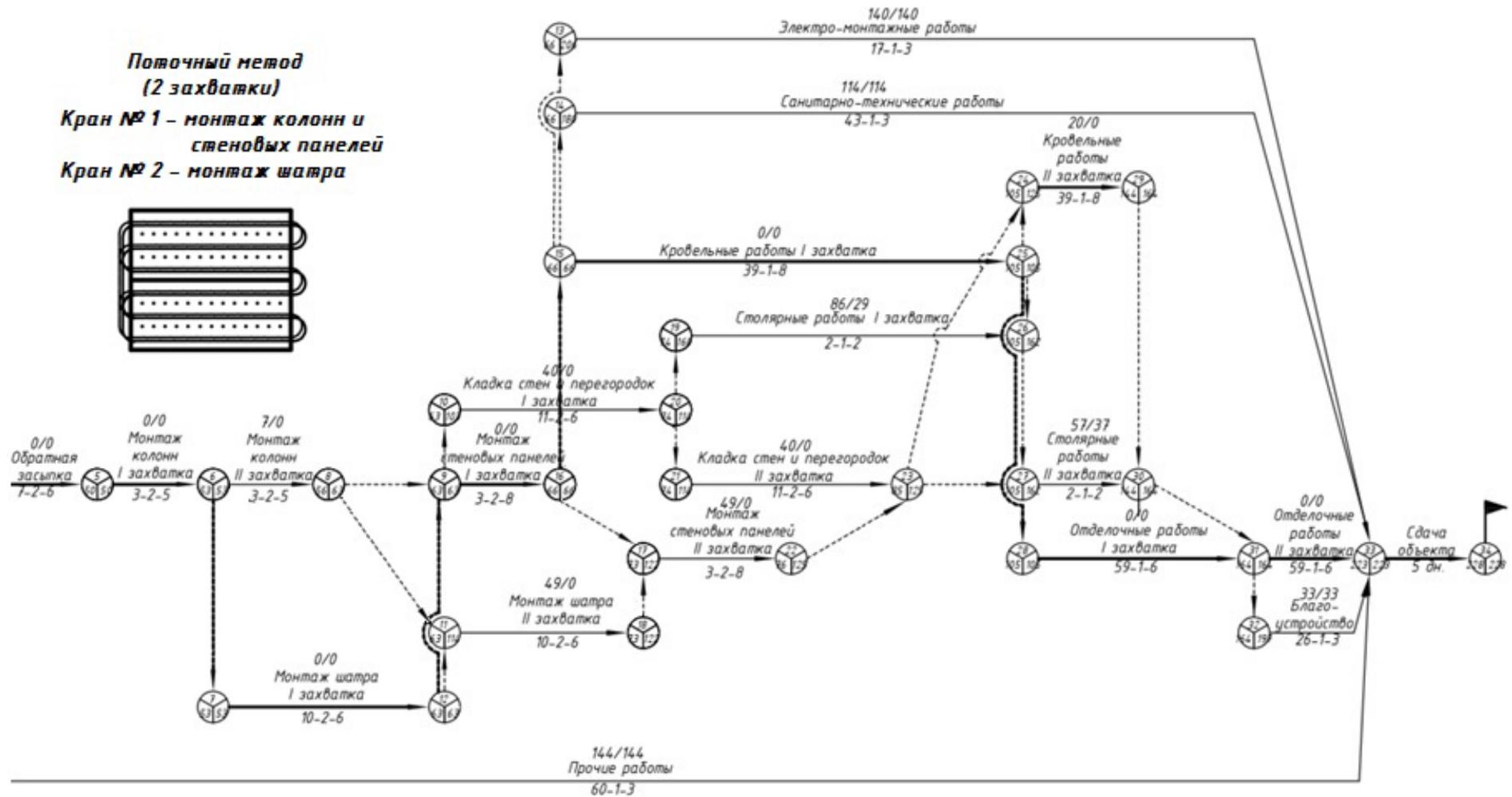
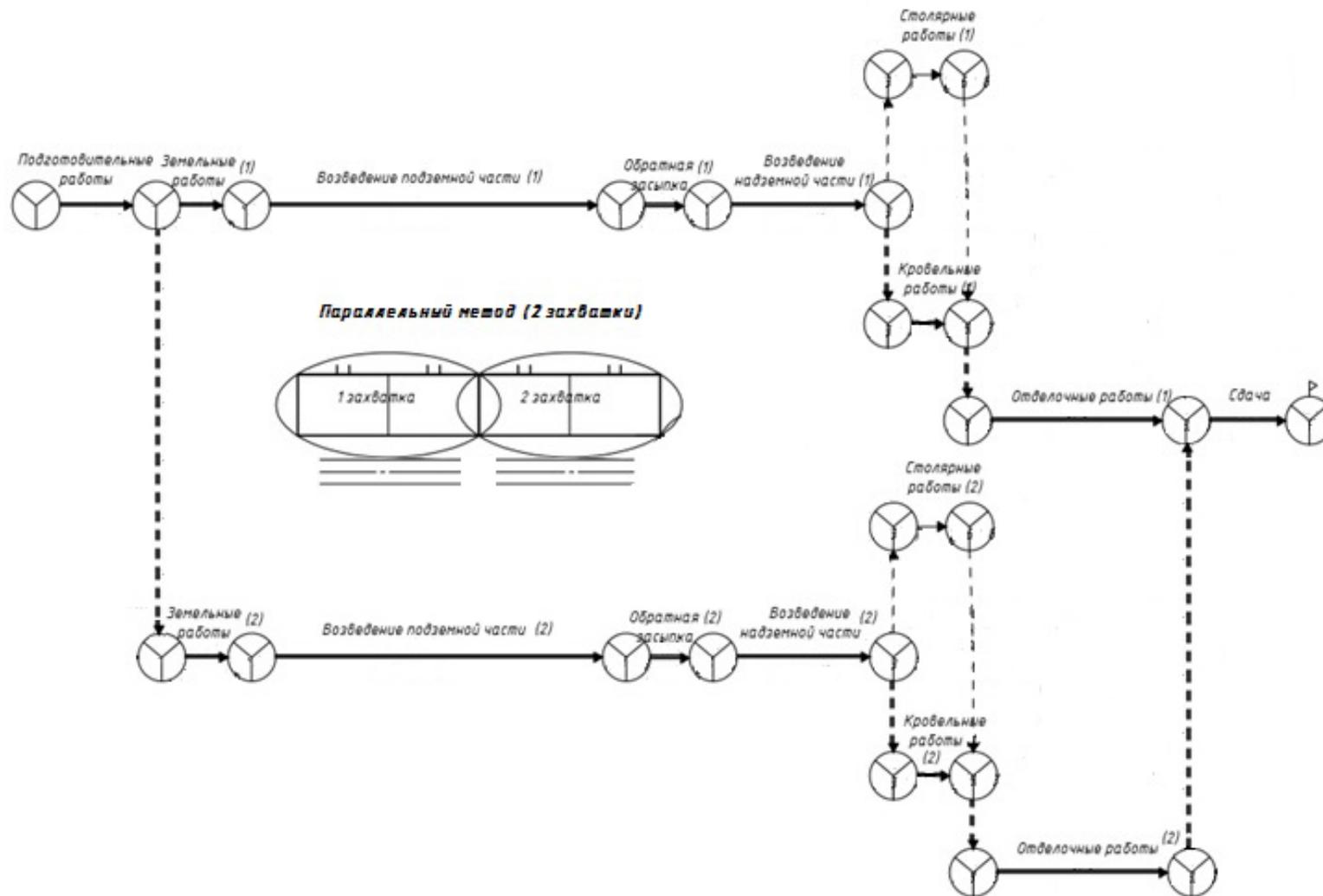


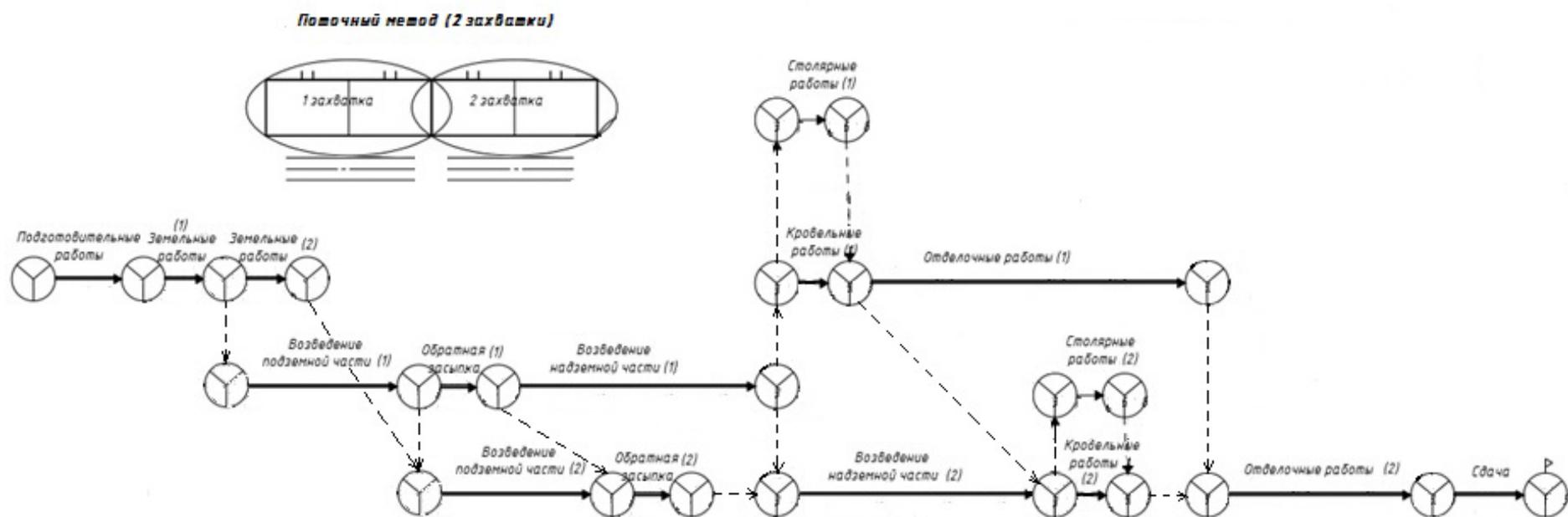
Рисунок 24. Вариант топологии укрупненного сетевого графика для варианта ОТС возведения здания поточным методом с разбиением возведения надземной части на три захватки и с посекционной разбивкой на шесть захваток кровельных, столярных и отделочных работ.



**Рисунок 25.** Фрагмент топологии укрупненного сетевого графика для варианта ОТС возведения одноэтажного промышленного здания поточным методом с разбиением всех работ после обратной засыпки на две захватки и с поэлементной детализацией для раздельного метода монтажа конструкций.



**Рисунок 26.** Вариант топологии укрупненной сетевой модели для варианта ОТС возведения здания параллельным методом с разбиением на две захватки всех процессов после выполнения подготовительных работ (выполнение санитарно-технических, электромонтажных, прочих работ и благоустройства условно не показаны).



**Рисунок 27.** Вариант топологии укрупненной сетевой модели для варианта ОТС возведения здания поточным методом с разбиением на две захватки всех процессов после выполнения подготовительных работ (выполнение санитарно-технических, электромонтажных, прочих работ и благоустройства условно не показаны).

Далее рассмотрим карточку-определитель работ и порядок ее заполнения.

Карточка-определитель работ составляется отдельно для каждой укрупненной сетевой модели, которые ранее были разработаны под соответствующие варианты организационно-технологических схем возведения объекта (а также, в дальнейшем, для детальной сетевой модели строительства объекта, разработанной на выбранный оптимальный вариант возведения), и служит для определения параметров соответствующих комплексных процессов и/или отдельных строительно-монтажных работ, учитываемых в сетевых моделях (продолжительность в днях, количество смен работы в день, количество рабочих в бригаде в смену).

Полученные параметры, как было сказано ранее, переносятся на соответствующие комплексные процессы или отдельные работы, учитываемые в сетевых моделях, далее проводится расчет всех временных параметров данных сетевых моделей графическим (секторным) способом и определяется критический путь в каждом укрупненном сетевом графике. Длины критических путей и являются продолжительностями возведения объекта по вариантам ОТС возведения, сравнение которых и производится для выбора оптимального варианта.

Примеры рассчитанных сетевых графиков, под варианты ОТС возведения, представлены на рисунках.

Форма карточки-определитель работ представлена в таблице 2, а указания по ее заполнению, отражены в соответствующих ячейках графа таблицы 2. Для примера, представленная карточка-определитель работ в таблице 2, заполнена в общем виде для укрупненной сетевой модели к 1-му варианту ОТС возведения 3х-этажного здания (см. рисунок 28). Для других укрупненных сетевых моделей к вариантам ОТС возведения объектов (а также в дальнейшем и для детального сетевого графика, построенного на основе выбранной оптимальной ОТС возведения), действия по заполнению (расчет) соответствующих карточек-определителей работ аналогичны. Отличаться карточки будут количеством наименований процессов или работ, вынесенных и учитываемых в сетевых моделях, и кратностью значений параметров (трудоемкость, машиноемкость, продолжительность), в зависимости от количества и состава захваток (варианта ОТС возведения объекта) и/или степени детализации графика (пример представлен в таблице 3).

В таблице 2:

- *Кодом процесса* (Графа 1) являются номера начального и конечного события каждой работы на сетевом графике;
- *Наименования комплексных процессов или отдельных работ* (Графа 2) должны совпадать с их наименованиями, принятыми на сетевых графиках, а их запись должна отражать технологическую последовательность ведения работ при возведении объекта;

- *Пункты ВПМТР, включенные в процесс* (Графа 3), это номера строк тех работ по ведомости потребности в материально-технических ресурсах (ВПМТР) (см. таблицу 1), которые формируют соответствующий комплексный процесс или номер строки самой работы в ВПМТР.

По всем другим графам, непосредственно в таблице 2 даны соответствующие указания по расчету с отсылкой к ведомости потребности в материально-технических ресурсах (см. таблицу 1), которая, к этому этапу, уже должна быть заполнена для объекта, так как данные берутся из нее.

В ячейках таблицы 2 “значение” или операция “Сумма по графам ВПМТР” в графах 4 (*Трудоемкость*), 5 (*Машиноемкость*) и 8 (*Продолжительность*) берется по соответствующим номерам работ в диапазоне строк графы 3 (*Пункты ВПМТР, включенные в процесс*).

*Количество машин* (Графа 6) и *Количество смен* (Графа 7) назначаются в зависимости от варианта ОТС возведения объекта, также еще на этапе заполнения ВПМТР, т.е. здесь по соответствующим номерам работ в диапазоне строк графы 3 (*Пункты ВПМТР, включенные в процесс*).

Как для укрупненных сетевых моделей, так и для детальной сетевой модели *Количество человек* (Графа 6) по соответствующим номерам работ в диапазоне строк графы 3 (*Пункты ВПМТР, включенные в процесс*):

- или рассчитывается (запись в ячейке Графы 6 – “*n* по расчету”) через формулу продолжительности для ручных работ (см. практическое занятие по теме “Определение продолжительности выполнения СМР. Разработка ВПМТР”), но когда в ней неизвестным параметром будет являться количество человек, а *Продолжительность* известный параметр и принимается по Нормам продолжительности (в ячейке Графы 8 – “*По ТКП*”, см. практическое занятие по теме “Нормативная база строительства, устанавливающая требования к Организации строительного производства”) или принимается по сетевому графику (в ячейке Графы 8 – “*По СГ*”, учитываются продолжительности работ, параллельно с которыми выполняются данные комплексные процессы и с учетом топологии сетевого графика);

- или выбирается фиксированное значение (запись в ячейке Графы 6 – “*n*”), когда на сетевой график вынесен(а) отдельная работа с соответствующим составом бригады либо комплексный процесс, в состав которого включены работы с соответствующим одинаковым составом бригады по ВПМТР;

- или рассчитывается как среднее арифметическое значение (запись в ячейке Графы 6 – “*n* среднее”) из соответствующего количества человек по всем учитываемым работам с неодинаковым составом бригад, по ВПМТР, формирующих данные комплексные процессы (только для укрупненных моделей);

– или совсем не учитывается (запись в ячейке Графы 6 – “-”), если расчет продолжительности в ВПМТР велся по формуле для механизированных работ (только для детального сетевого графика).

Для ручных работ или ручных комплексных процессов, в карточках возможно не указывать значения машиноемкостей и количества машин в соответствующих графах, по тем же основаниям, принимаемым и при заполнении ВПМТР (см. соответствующую тему практического занятия).

Таблица 2 – Карточка-определитель работ для укрупненной сетевой модели к 1 варианту ОТС возведения 3х-этажного здания (см. рисунок 28)

Код процесса	Наименование комплексного процесса	Пункты ВПМТР вкл. в процесс	Трудоёмкость, чел.-ч. (рабочих-строителей)	Машиноёмкость, маш.-ч. (ведущих машин)	Кол-во чел. / Кол-во машин (ведущих)	Кол-во смен	Продолжительность, дни
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	Подготовительные работы	1	значение	-	<i>n</i> по расчету / -	1	По ТКП
2-3	Земляные работы	2-7	Сумма по гр. 7 ВПМТР	Сумма по гр. 11 ВПМТР	<i>n</i> среднее / 1	2(1)	Сумма по гр. 15
3-4	Возведение подземной части	10-20	Сумма по гр. 7 ВПМТР	Сумма по гр. 11 ВПМТР	<i>n</i> среднее / 1	2(1)	Сумма по гр. 15
4-5	Обратная засыпка	8-9	Сумма по гр. 7 ВПМТР	Сумма по гр. 11 ВПМТР	<i>n</i> / 1	2(1)	Сумма по гр. 15
5-8	Возведение надземной части	21-38	Сумма по гр. 7 ВПМТР	Сумма по гр. 11 ВПМТР	<i>n</i> среднее / 1	2(1)	Сумма по гр. 15
8-10	Кровельные работы	39-41	Сумма по гр. 7 ВПМТР	-	<i>n</i> / -	1	Сумма по гр. 15
8-11	Столярные работы	42-47	Сумма по гр. 7 ВПМТР	-	<i>n</i> / -	1	Сумма по гр. 15
10-12	Отделочные работы и устройство полов	48-63	Сумма по гр. 7 ВПМТР	-	<i>n</i> среднее / -	1	Сумма по гр. 15
7-12	Санитарно-технические работы	64	значение	-	<i>n</i> по расчету / -	1	По СГ
6-12	Электромонтажные работы	65	значение	-	<i>n</i> по расчету / -	1	По СГ
9-12	Благоустройство	66	значение	-	<i>n</i> по расчету / -	1	По СГ
2-12	Прочие работы	67	значение	-	<i>n</i> по расчету / -	1	По СГ
12-13	Сдача	-	-	-	-	-	5

Вариантное проектирование производства работ в рассмотренном и представленном виде, с последующим выбором варианта по заданному критерию, в т.ч. поспособствует в дальнейшем достижению оптимального значения продолжительности возведения объекта в разрабатываемом детальном календарном плане (детальном сетевом графике) или получению значения продолжительности возведения объекта по детальному календарному плану, при необходимости, меньше оптимального значения.

# 1 вариант ОТС Последовательный метод

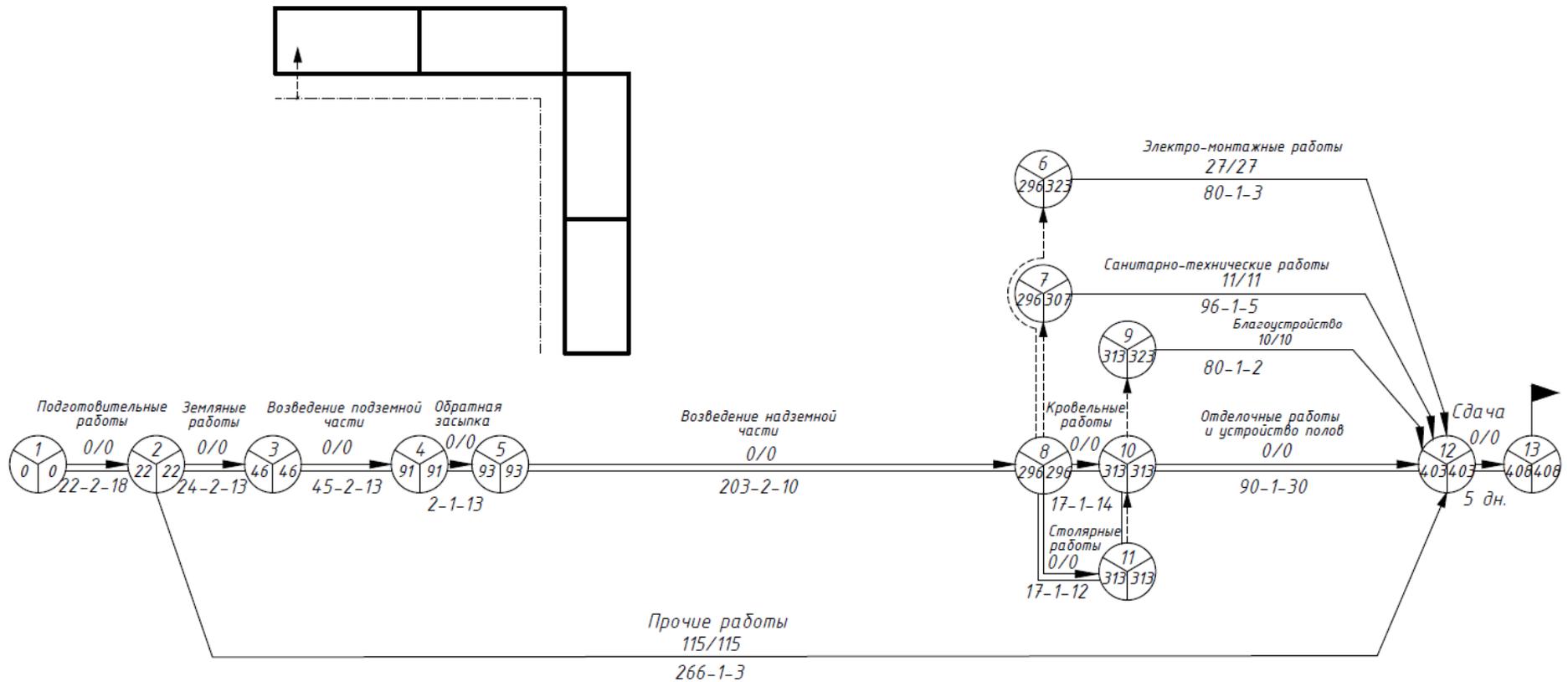


Рисунок 28. Укрупненный сетевой график для первого варианта ОТС возведения 3х-этажного здания.

### 3 вариант ОТС Поточный метод (3 захватки)

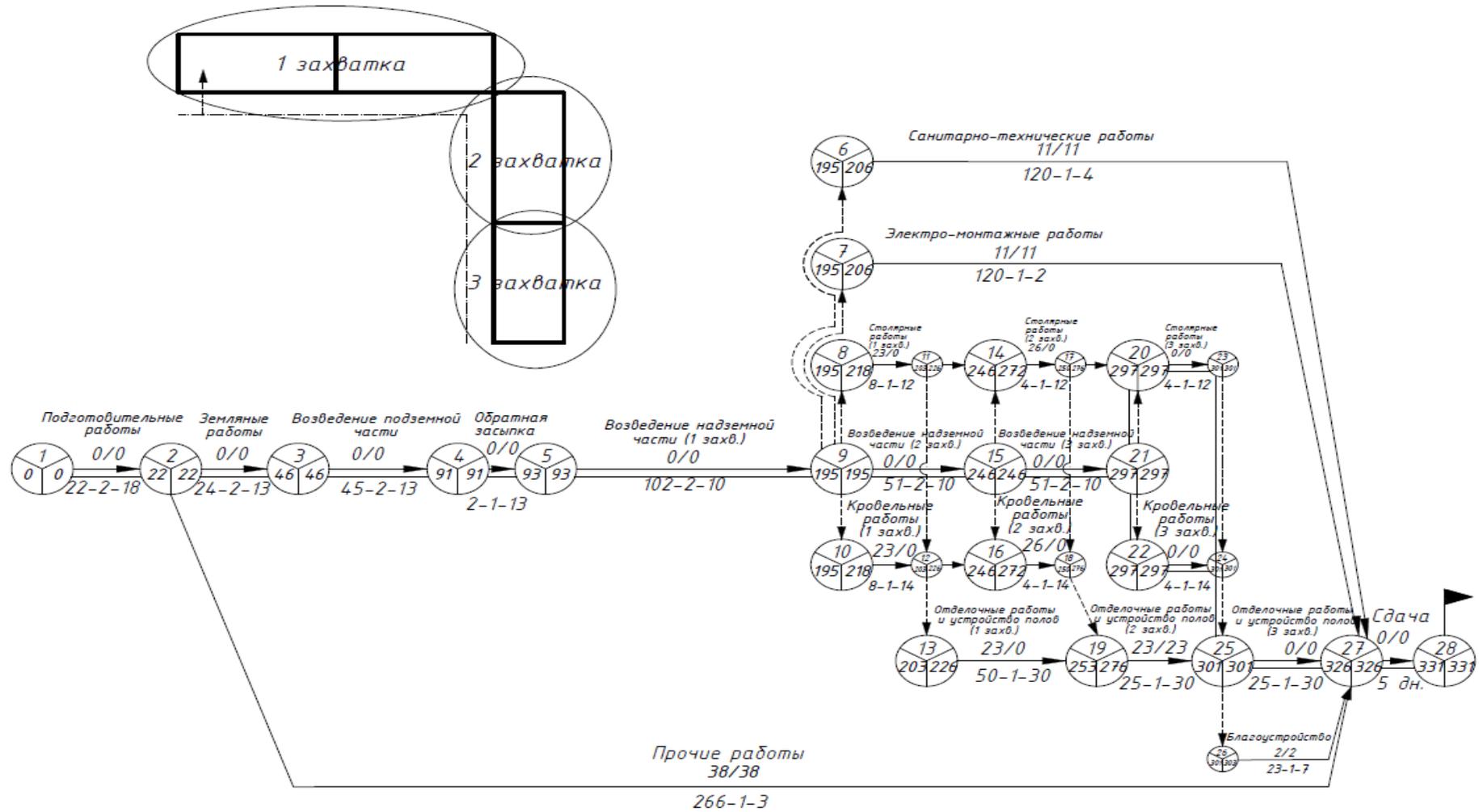


Рисунок 29. Укрупненный сетевой график для третьего варианта ОТС возведения 3х-этажного здания.

Таблица 3 – Карточка-определитель работ для укрупненной сетевой модели к 3 варианту ОТС возведения 3х-этажного здания (см. рисунок 29)

Код процесса	Наименование комплексного процесса (работы)	Пункты ВПМТР вкл. в процесс	Трудоёмкость, чел.-ч. (рабочих-строителей)	Машиноёмкость, маш.-ч. (ведущих машин)	Кол-во чел. / Кол-во машин (ведущих)	Кол-во смен	Продолжительность, дни
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	Подготовительные работы	1	6378,28	-	18 / -	2	22
2-3	Земляные работы	2-7	616,26	293,72	13 / 1	2	24
3-4	Возведение подземной части	10-20	4826,5	477,94	13 / 1	2	45
4-5	Обратная засыпка	8,9	142,99	2,12	13 / 1	1	2
5-9	Возведение надземной части (1 захв.)	21-38	2413,25	238,97	10 / 1	2	102
9-15	Возведение надземной части (2 захв.)	21-38	1206,63	119,49	10 / 1	2	51
15-21	Возведение надземной части (3 захв.)	21-38	1206,63	119,49	10 / 1	2	51
10-12	Кровельные работы (1 захв.)	39-41	928,27	-	14 / -	1	8
16-18	Кровельные работы (2 захв.)	39-41	464,14	-	14 / -	1	4
22-24	Кровельные работы (3 захв.)	39-41	464,14	-	14 / -	1	4
8-11	Столярные работы (1 захв.)	42-47	823,90	-	12 / -	1	8
14-17	Столярные работы (2 захв.)	42-47	411,95	-	12 / -	1	4
20-23	Столярные работы (3 захв.)	42-47	411,95	-	12 / -	1	4
13-19	Отделочные работы и устройство полов (1 захв.)	48-63	11673,10	-	30 / -	1	50
19-25	Отделочные работы и устройство полов (2 захв.)	48-63	5836,55	-	30 / -	1	25
25-27	Отделочные работы и устройство полов (3 захв.)	48-63	5836,55	-	30 / -	1	25
6-27	Санитарно-технические работы	64	3826,9	-	4 / -	1	120
7-27	Электромонтажные работы	65	1913,48	-	2 / -	1	120
26-27	Благоустройство	66	1275,66	-	7 / -	1	23
2-27	Прочие работы	67	6378,28	-	3 / -	1	266
27-28	Сдача объекта	-	-	-	-	-	5

Далее в группе предполагается решение задач по индивидуальным заданиям по данной теме из файла *“варианты индивидуальных заданий”*.

В соответствии с номером варианта из представленных в файле таблиц принимаются номера объектов и их описание. На данном этапе нормативная продолжительность возведения (*оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объекте строительства*) каждого из семи (7) объектов в “месяцах”, в т.ч. продолжительности подготовительных периодов по ним, по индивидуальному заданию, должны быть уже определены (см. тему практического занятия *“Нормативная база строительства, устанавливающая требования к Организации строительного производства”*). Для одного объекта, из семи (здесь выбирается объект с рассчитанной наибольшей нормативной продолжительностью его возведения) объектов по варианту, необходимо разработать различные ОТС его возведения и построить укрупненные сетевые модели под каждый вариант ОТС возведения объекта, руководствуясь представленным выше описанием выполняемых действий для этого и примерами на рисунках.

Далее, для заполнения карточек-определителей работ (определения продолжительности выполнения комплексных процессов в укрупненных сетевых моделях, и с учетом того, что только для данной задачи, когда объекты приняты по вариантам таблицы из файла, возможно графы 3, 4, 5, 6 и 7 не заполнять) и последующего расчета укрупненных сетевых графиков под разработанные варианты ОТС возведения объекта, и выбора, например, по критерию “время” или из учета преимуществ поточного метода организации строительства, наиболее оптимального варианта ОТС его возведения (только для данной задачи, когда объекты приняты по вариантам таблицы из файла) для дальнейшей разработки детального календарного плана, необходимо использовать следующие данные.

Количество дней в месяце принимать в среднем 21 день. Рассчитанную нормативную продолжительность возведения принятого объекта (одного из семи) в “месяцах” необходимо перевести в “дни” и вычесть из полученного значения продолжительность подготовительного периода у него в “днях”. Таким образом, на данном этапе определяется нормативная продолжительность возведения принятого объекта в “днях” без учета подготовительного периода. А далее исходя из среднего соотношения продолжительностей комплексных процессов по объектам (*в % от нормативной продолжительности возведения объекта в “днях” без учета подготовительного периода, без дифференциации по видам строительства, этажности и конструктивного решения объекта, только для данной задачи*) вычисляются требуемые продолжительности соответствующих комплексных процессов в “днях”, учитываемых в укрупненных сетевых моделях под варианты ОТС возведения принятого объекта:

- Земляные работы – 4,0 %;
- Возведение подземной части – 11,5 %;

- Обратная засыпка – 1,0 %;
- Возведение надземной части – 50,0 %;
- Столярные работы – 6,5 %;
- Кровельные работы – 5,0 %;
- Отделочные работы (в т.ч. устройство полов) – 22,0 %.

Для определения продолжительностей специальных видов работ в “днях”, учитываемых в укрупненных сетевых моделях под варианты ОТС возведения принятого объекта:

- Подготовительные работы (период) – см. значение выше;
- Санитарно-технические работы – см. описание заполнения карточки-определитель работ и таблицу 2;
- Электромонтажные работы – см. описание заполнения карточки-определитель работ и таблицу 2;
- Благоустройство – см. описание заполнения карточки-определитель работ и таблицу 2;
- Прочие работы – см. описание заполнения карточки-определитель работ и таблицу 2.

При выполнении индивидуальных заданий по данной теме из *файла “варианты индивидуальных заданий”* вариант ОТС возведения принятого объекта последовательным методом должен быть обязательно рассмотрен, а далее количество разрабатываемых вариантов ОТС возведения принятого объекта, количество и используемые методы организации строительства, с учетом или без учета уровня потребления ресурсов в них, критерий выбора оптимального варианта, принимает обучающийся самостоятельно на свой выбор. Разделение на захватки принятого объекта, с одинаковым или не одинаковым объемом в различном сочетании последовательности возведения, возможно как после обратной засыпки, так и до нее, в наборе вариантов. Башенный кран, при количестве этажей у объекта 5 и более, может быть принят и для возведении подземной части здания.

*По заданию преподавателя, в группе возможно решение задачи по данной теме с использованием индивидуально выданного объекта или объекта опять из файла “варианты индивидуальных заданий” с наибольшей нормативной продолжительностью его возведения. Но в этом случае для этого объекта необходимо в первую очередь, используя данные из Приложения 1 и Приложения 2 (см. файл “варианты индивидуальных заданий”), заполнить ведомость потребности в материально-технических ресурсах (см. соответствующую тему) для получения продолжительностей каждой отдельной СМР в ней, а далее в свое время и продолжительностей комплексных процессов в карточках-определителях работ, расчетным путем (а не через % и нормативную продолжительность). И только после этого провести разработку вариантов ОТС возведения этого объекта и выбрать оптимальный вариант по представленной выше методике.*

## **11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Организация и календарное планирование строительства объектов различного назначения. Разработка детального календарного плана (сетевого графика) строительства объекта в составе проекта производства работ (ППР)”**

### **Цель занятия:**

Изучение назначения и подходов к разработке детального сетевого графика на возведения объекта, и особенностей применения их при разработке календарного плана в составе ППР.

### **Содержание занятия:**

1. Совместно с группой обосновать необходимость разработки детального сетевого графика на возведения объекта и перечислить цели моделирования строительного производства.
2. Рассмотреть порядок, последовательность и правила разработки детального сетевого графика на возведение объектов различного назначения и условий строительства на примерах.
3. По индивидуальному заданию разработать детальную сетевую модель/сетевой график/календарный план на возведение выбранного объекта, с корректировкой, или без нее, результата по критерию “время”.
4. Рассмотреть возможные сферы применения детального сетевого графика (календарного плана) на возведение объекта.

### **Основная часть.**

Календарный план - это документ, отражающий последовательность выполнения работ, их совмещение, продолжительность выполнения, насыщенность трудовыми ресурсами, сроки начала и окончания каждой работы и общую продолжительность строительства объекта (комплекса объектов).

Нормальный ход строительства возможен только тогда, когда заблаговременно продумано, в какой последовательности будут вестись работы, какое количество рабочих, машин, механизмов и прочих ресурсов потребуется для каждой работы. Недооценка этого влечет за собой несогласованность действий исполнителей, перебои в их работе, затягивание сроков и, естественно, удорожание строительства.

Календарные планы являются основными документами во всех видах организационно-технологической документации.

В проекте производства работ (ППР) календарный план разрабатывается на строительство каждого отдельного объекта.

Календарный план строительства объекта в виде детального сетевого графика разрабатывается на основе выбранной ОТС возведения объекта (см. предыдущую тему практического занятия), базируясь на требованиях, изложенных в [3-5] и знаниях, полученных в процессе изучения дисциплины на лекциях и в [9-16].

Примеры календарных планов в виде детальных сетевых графиков, с учетом общих требований [3-5] и особенностей конструктивных схем возводимых объектов [14], учитываемых при их разработке, на основе ранее выбранной ОТС возведения объекта, представлены на рисунках 30 – 34. Степень детализации сетевых графиков, в представленных примерах, находящаяся на уровне пакета работ или отдельных СМР, достаточна для календарного плана строительства объекта в составе проекта производства работ (ППР), но работы могут укрупняться или разукрупняться при необходимости, в зависимости от их конкретных видов у объектов соответствующих конструктивных схем и выбранных методов организации строительства этих объектов.

При разработке календарного плана необходимо учитывать: номенклатуру СМР для данного объекта, оптимальный (нормативный) срок строительства, технологическую последовательность выполнения работ, максимально возможное совмещение по времени отдельных видов работ, поточность выполнения работ, применение комплексной механизации, соблюдение правил охраны труда и техники безопасности. Календарные сроки выполнения отдельных работ устанавливаются из условия технологической последовательности с учетом необходимости в минимально возможный срок предоставить фронт для начала последующих работ.

Составление детальной сетевой модели следует начинать и затем вести построение по ведущим работам, а далее привязывать работы, выполняемые одновременно с ведущими, в соответствии с выбранным методом организации строительства (ОТС возведения) объекта.

Обобщенно, строительство зданий различного назначения (с или без подвала) после производства подготовительных и земляных работ планируют в три цикла:

1 цикл – Возведение подземной части здания.

Ведущим процессом этого цикла следует считать монтаж/устройство конструкций подвала, при его наличии, или фундаментов, в случае если подвал отсутствует. Монтаж/устройство фундаментов ведут одновременно с ручной доработкой грунта и подсыпкой песчаного основания. Монтаж или кладка стен и перегородок в подвале – следующий ведущий процесс этого цикла, кроме основных работ в него включаются – устройство горизонталь-

ной гидроизоляции, крылец и приямков, а далее монтируются плиты перекрытия над подвалом. Засыпку пазух котлована изнутри и подсыпку под полы в подвале планируют параллельно устройству стен в подвале. Вертикальная гидроизоляция фундаментов проводится после окончания монтажа фундаментов и стен подвала до засыпки внешних пазух котлована одновременно с монтажом плит перекрытия над подвалом. Подготовку под полы и бетонирование полов в подвале возможно вести параллельно монтажу плит перекрытия над подвалом до конца производства обратной засыпки. Засыпку пазух котлована снаружи осуществляют после монтажа плит перекрытия над подвалом и выполнения вертикальной гидроизоляции фундамента. В случае отсутствия подвала обратная засыпка производится после монтажа фундаментов.

2 цикл – Возведение надземной части здания.

Ведущим процессом этого цикла является монтаж конструкций надземной части здания. Возможная степень детализации возведения надземной части здания рассмотрена на рисунках 30 – 34 и зависит от конструктивного решения здания, его назначения и этажности (комплексный процесс – для панельных, сборных и монолитных зданий, поэтажная (для панельных, сборных и монолитных зданий от четырех этажей) или поэлементная детализация (для одноэтажных промышленных зданий тяжелого типа), детализация по видам работ, в т.ч. по этажам для зданий от четырех этажей – для кирпичных зданий).

При наличии трех перекрытий над головой можно начинать столярные работы, а также черновые сантехнические и электромонтажные работы.

3 цикл – Организация отделочных работ.

До начала отделочных работ на секции должны быть выполнены кровельные и столярные работы, а также черновые санитарно-технические и электромонтажные работы.

Штукатурные работы начинают после полного окончания кровли на секции, здесь захваткой может назначаться этаж. Штукатурные работы начинают с санитарно-технических узлов, затем штукатурят комнаты, далее другие помещения и лестничные клетки. Плиточные работы, бетонные полы и устройство подготовки под полы выполняют в одном цикле со штукатурными работами. По окончании штукатурных работ в санитарных узлах и подготовки под полы облицовывают стены и настилают полы. Цементную стяжку под полы устраивают после штукатурных работ те же бригады.

Малярные работы ведут на всех этажах одновременно в два этапа:

- подготовка под окраску или оклейку;
- оклейка и окраска за последний раз.

Настилка паркета и устройство полов из линолеума, ламината производится вслед за последним мокрым процессом на секции.

Для промышленных зданий также надо учитывать вышеперечисленные циклы, но в увязке с монтажом фундаментов под технологическое оборудование (открытый или закрытый способы) и монтажом технологического оборудования (совмещенный, отдельный, комбинированный способы), и учесть испытание, апробацию оборудования и пусконаладочные работы в четвертом цикле.

После разработки сетевой модели (см. рисунки 30 – 34) с учетом вышесказанного, с количеством событий в пределах до 100 ед., необходимо заполнить для нее карточку-определитель (см. предыдущую тему практического занятия и пример в таблице 4), рассчитать сетевой график графическим способом и определить критический путь, длина которого будет являться продолжительностью возведения объекта. Если продолжительность строительства по сетевому графику будет превышать, рассчитанную ранее, оптимальную (нормативную) продолжительность возведения объекта, то необходимо провести корректировку графика по критерию “время” для достижения оптимального (нормативного) срока (см. соответствующую тему практического занятия). Для этого необходимо рассмотреть работы, лежащие на критическом пути, и дополнительно, где это еще возможно, применить к ним приемы корректировки по времени (перераспределение трудовых ресурсов, совмещение технологических процессов во времени, привлечение дополнительных ресурсов) или увеличить количество человек в бригаде, для сокращения продолжительности данных работ до требуемых значений. Далее необходимо пересчитать сетевой график и получить окончательное значение длины критического пути.

После того как будет достигнута оптимальная (нормативная) продолжительность возведения объекта, сетевой график необходимо привязать к календарной шкале (см. соответствующую тему практического занятия). Привязка работ сетевого графика к календарной шкале осуществляется по времени раннего начала работ и с учетом принятого масштаба. Данный процесс считается завершающим этапом разработки календарного плана.

Таблица 4 – Пример карточки-определителя работ для детального сетевого графика (демонстрируется пример без привязки к конкретному сетевому графику)

Код процесса	Наименование работ	Пункты в ВПМТР, эдд. в процесс	Суммарная трудоемкость, чел.-д.	Суммарная стоимость, руб.	Кол-во рабочих	Кол-во машин	Самостоятельность	Продолжительность, дн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	Подготовительные работы	1	9896,72	-	40		1	31
2-3	Разработка грунта бульдозером	3	-	6,78	-	1	2	1
3-4	Разработка грунта экскаватором	4	-	74,90	-	1	2	3
5-6	Ручная доработка Подсыпка песчаного основания Уплотнение грунта	5,6,7	537,91	-	6	-	1	12
4-7	Монтаж ленточного фундамента	9,10	3157,32	1257,80	3	1	2	87
8-12	Подготовка подполья в подвале	12	1940,06	-	22	-	1	12
7-11	Монтаж плит перекрытий над подвалом	13	631,46	116,56	4	1	2	10
9-10	Вертикальная гидроизоляция	11	968,31	-	18	-	1	7
11-13	Обратная засыпка	8	70,19	0,64	6	1	2	6
13-14	Кладка наружных и внутренних стен 1-3 этаж (1 этаж)	14,15	6206,24	-	20	-	2	20
14-19	Кладка наружных и внутренних стен 4-5 этаж (1 этаж)	14,15	4137,49	-	20	-	2	13
20-28	Кладка наружных и внутренних стен 1-3 этаж (2 этаж)	14,15	6206,24	-	20	-	2	20
28-31	Кладка наружных и внутренних стен 4-5 этаж (2 этаж)	14,15	4137,49	-	20	-	2	13
33-43	Кладка наружных и внутренних стен 1-3 этаж (3 этаж)	14,15	6206,24	-	20	-	2	20
43-51	Кладка наружных и внутренних стен 4-5 этаж (3 этаж)	14,15	4137,49	-	20	-	2	11

17-23	Кладка кирпичных перегородок (1 этаж)	16	971,77	-	8	-	1	16
29-38	Кладка кирпичных перегородок (2 этаж)	16	971,77	-	8	-	1	16
53-65	Кладка кирпичных перегородок (3 этаж)	16	971,77	-	8	-	1	15
19-21	Монтаж плит покрытия (1 этаж)	18	68,57	-	4	-	2	2
32-36	Монтаж плит покрытия (2 этаж)	18	68,57	-	4	-	2	2
52-54	Монтаж плит покрытия (3 этаж)	18	68,57	-	4	-	2	2
22-25	Устройство кровли (1 этаж)	22	14,77	-	8	-	1	15
37-42	Устройство кровли (2 этаж)	22	14,77	-	8	-	1	15
55-68	Устройство кровли (3 этаж)	22	14,77	-	8	-	1	15
18-24	Столярные работы (1 этаж)	23,24	10,70	-	4	-	1	22
30-39	Столярные работы (2 этаж)	23,24	10,70	-	4	-	1	22
49-63	Столярные работы (3 этаж)	23,24	10,70	-	4	-	1	22
26-35	Оштукатуривание поверхностей (1 этаж)	26	4304,74	-	32	-	1	17
45-59	Оштукатуривание поверхностей (2 этаж)	26	4304,74	-	32	-	1	17
71-76	Оштукатуривание поверхностей (3 этаж)	26	4304,74	-	32	-	1	17
27-34	Подготовка под полы (1 этаж)	23	3054,47	-	24	-	1	16
46-56	Подготовка под полы (2 этаж)	23	3054,47	-	24	-	1	16
72-75	Подготовка под полы (3 этаж)	23	3054,47	-	24	-	1	16
34-40	Плиточные работы (1 этаж)	27,29	2442,69	-	24	-	1	13
56-66	Плиточные работы (2 этаж)	27,29	2442,69	-	24	-	1	13

75-80	Плиточные работы (3 залл)	27,29	2442,69	-	24	-	1	13
41-50	Малярные работы (1 залл)	28,30	2732,29	-	24	-	1	13
67-74	Малярные работы (2 залл)	28,30	2732,29	-	24	-	1	14
81-83	Малярные работы (3 залл)	28,30	2732,29	-	24	-	1	14
50-61	Оклейка стен обоями (1 залл)	31	1989,20	-	24	-	1	11
74-77	Оклейка стен обоями (2 залл)	31	1989,20	-	24	-	1	11
83-84	Оклейка стен обоями (3 залл)	31	1989,20	-	24	-	1	10
62-64	Устройство ламелеума (1 залл)	33	494,30	-	24	-	1	3
78-79	Устройство ламелеума (2 залл)	33	494,30	-	24	-	1	3
85-86	Устройство ламелеума (3 залл)	33	494,30	-	24	-	1	2
64-73	Устройство полов из ДСП (1 залл)	32	1089,73	-	24	-	1	6
79-82	Устройство полов из ДСП (2 залл)	32	1089,73	-	24	-	1	6
86-87	Устройство полов из ДСП (3 залл)	32	1089,73	-	24	-	1	5
16-70	Черновые э/э работы	33	1388,42	-	3	-	1	30
70-87	Чистовые э/э работы	33	595,04	-	3	-	1	13
15-69	Черновые с/т работы	34	3471,06	-	8	-	1	46
69-87	Чистовые с/т работы	34	1487,60	-	3	-	1	38
76-87	Благоустройство	36	2975,19	-	12	-	1	23
2-87	Прочие работы	37	6942,11	-	3	-	1	174
87-88	Сдача объекта	-	-	-	-	-	-	3

Далее в группе предполагается решение задач по построению детальной сетевой модели (графика, календарного плана), на основе выбранной оптимальной ОТС возведения, для объекта из предыдущей темы практического занятия, с учетом Примерного перечня работ, выполняемых при возведении объектов различного назначения из Приложения 1 (см. файл “варианты индивидуальных заданий”) по представленной выше методике.

Детальный сетевой график

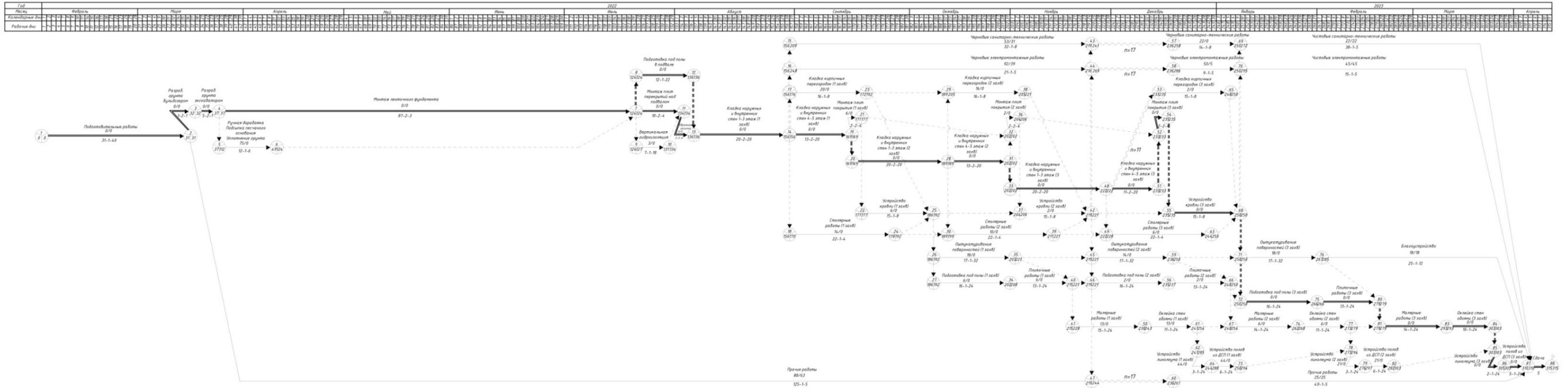


Рисунок 30. Детальный сетевой график на строительство 5-этажного кирпичного жилого дома поточным методом (три захватки после обратной засыпки).

Календарный план строительства

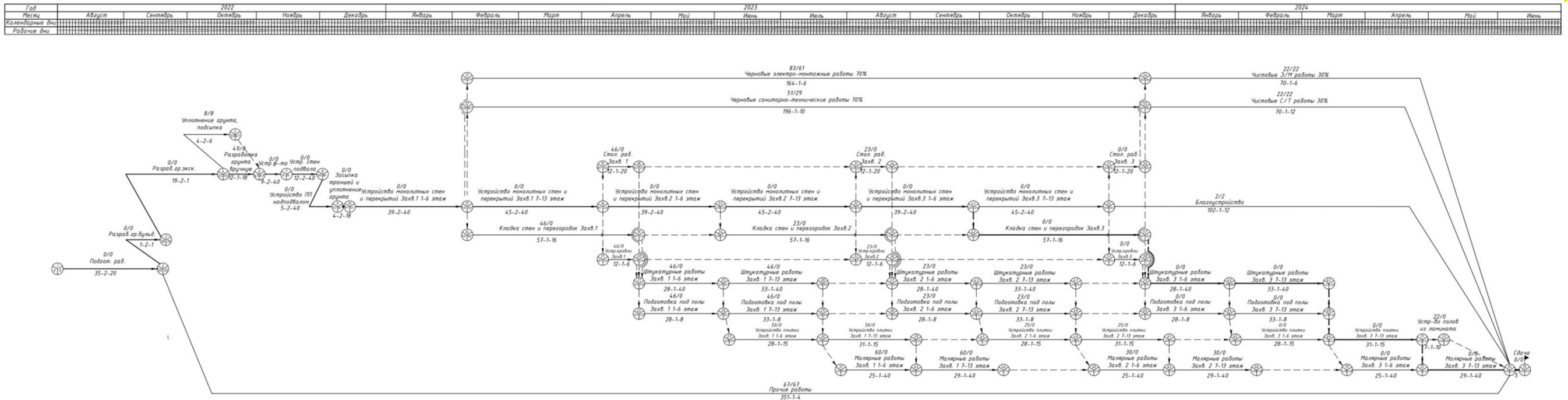


Рисунок 31. Детальный сетевой график на строительство 13-этажного монолитного жилого дома поточным методом (три захватки после обратной засыпки).

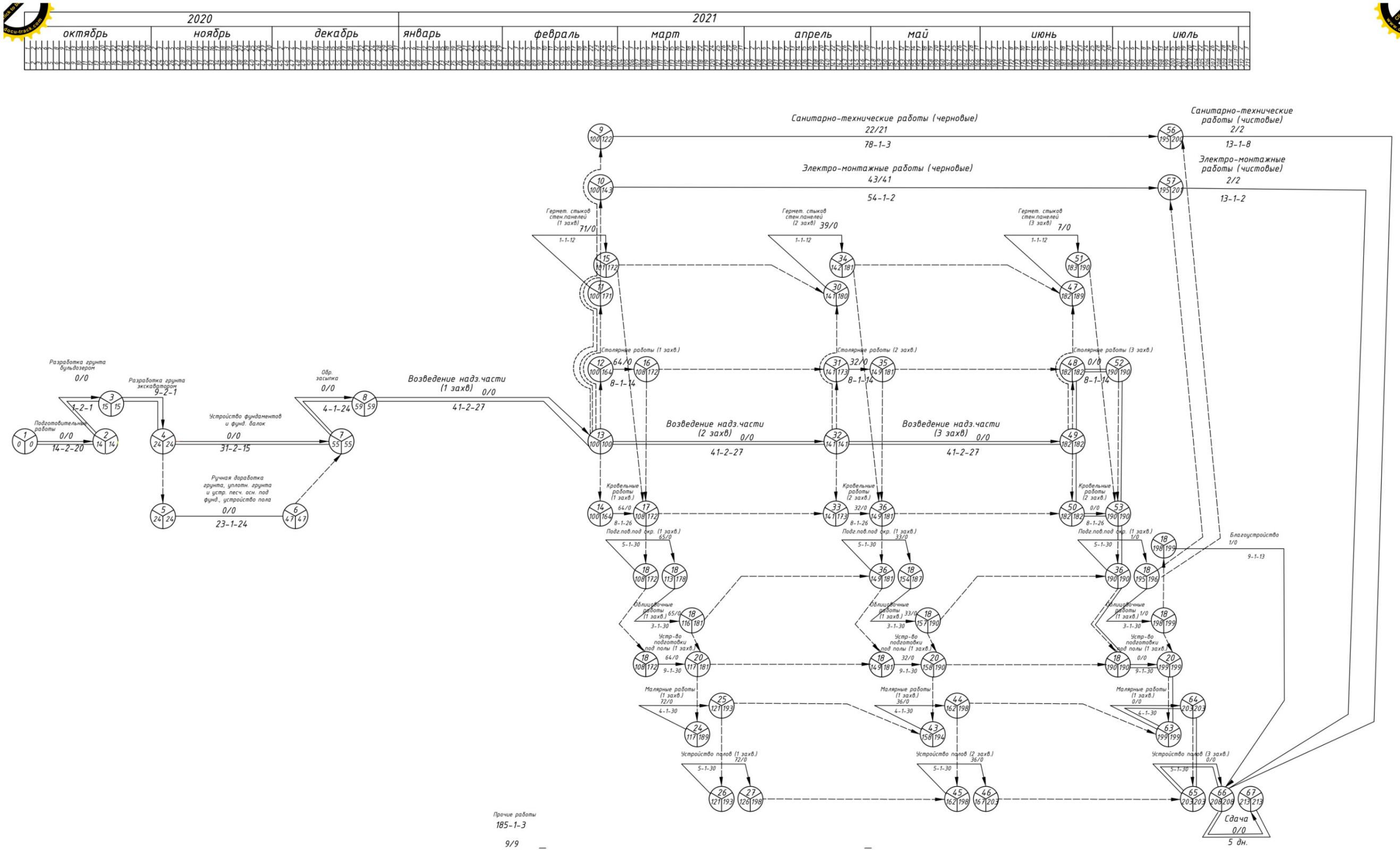


Рисунок 32. Детальный сетевой график на строительство 9-этажного панельного жилого дома поточным методом (три захватки после обратной засыпки).

Детальный календарный план

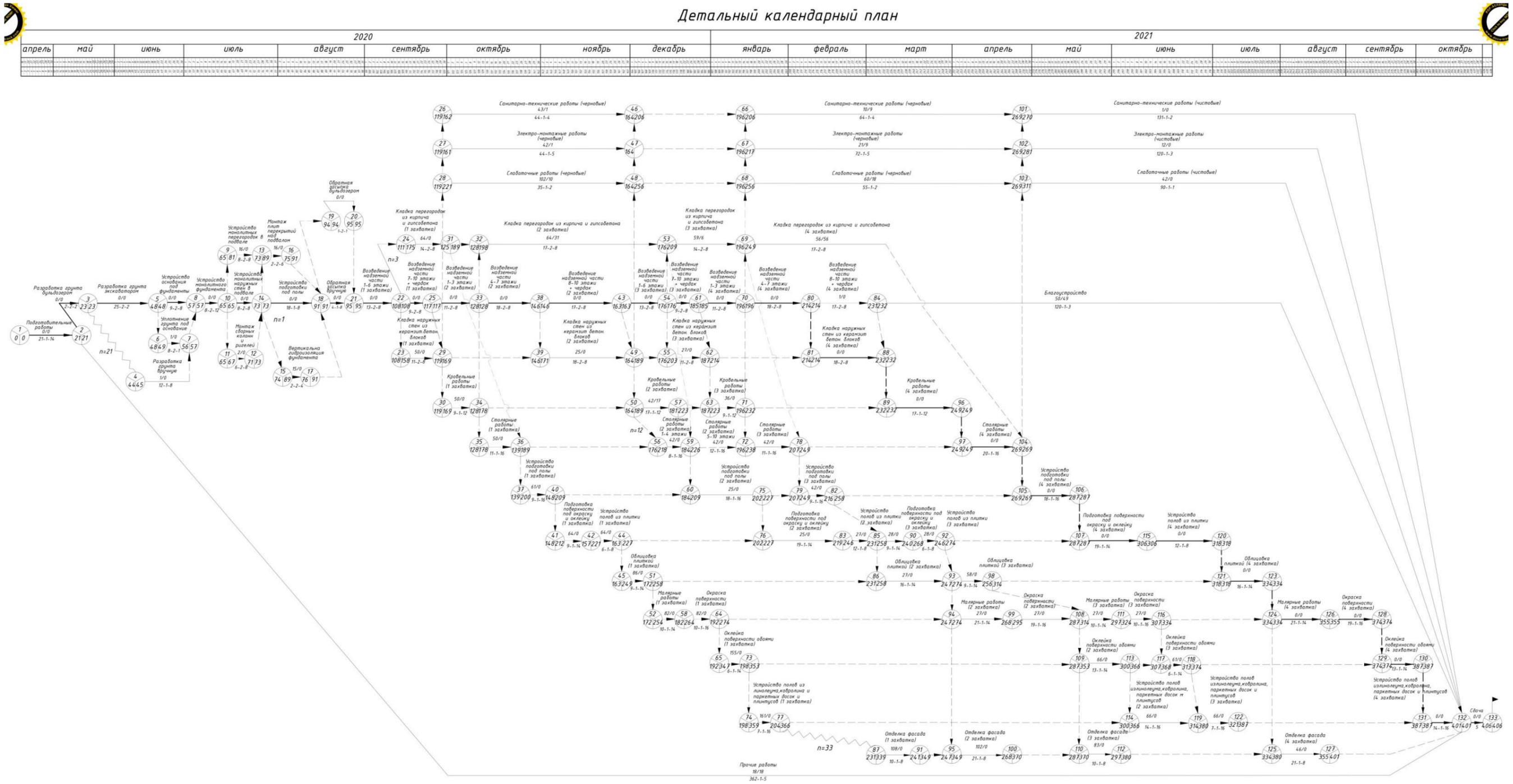


Рисунок 33. Детальный сетевой график на строительство 10-этажного каркасного жилого дома поточным методом (четыре захватки после обратной засыпки).

# Детальный календарный план строительства

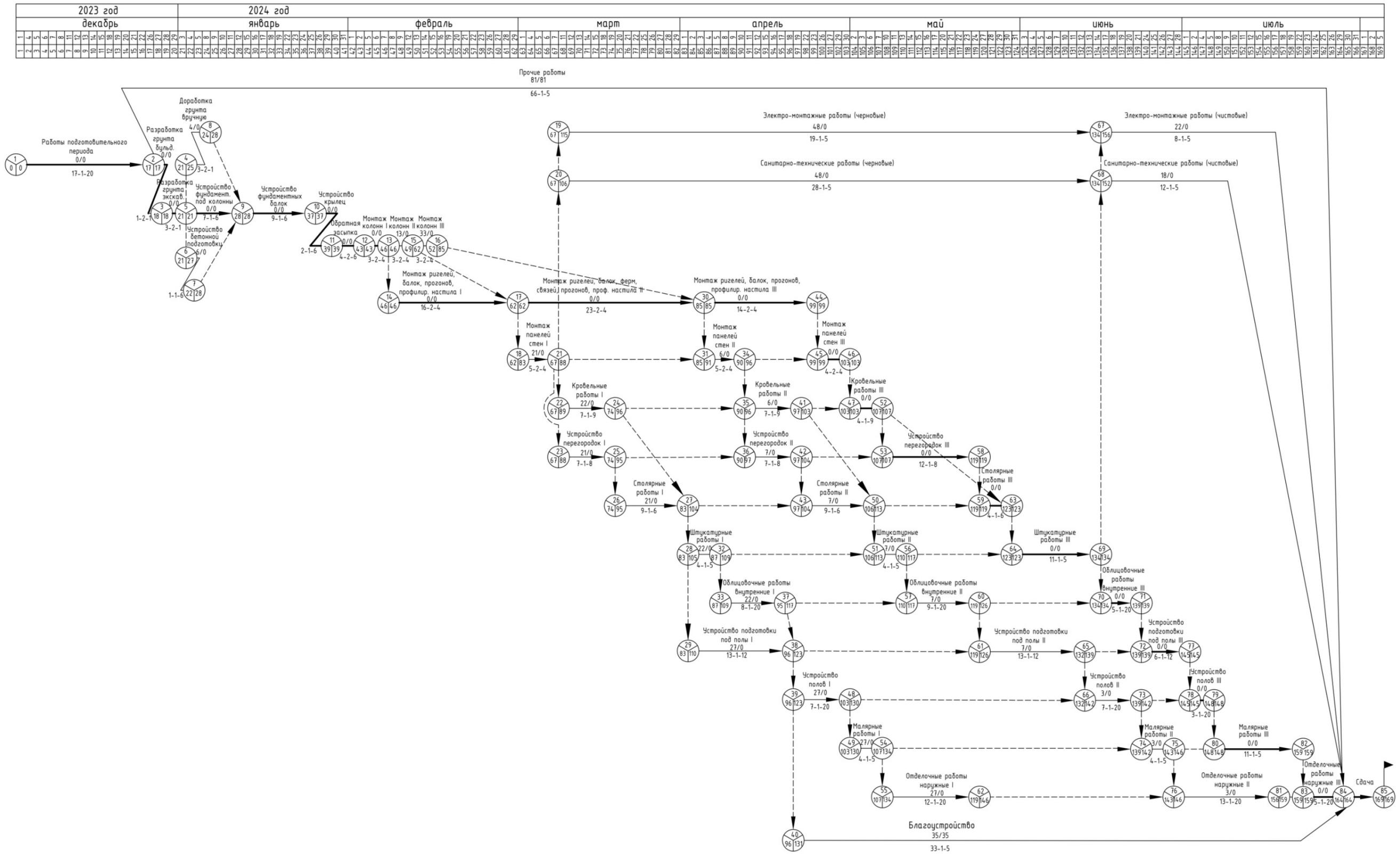


Рисунок 34. Детальный сетевой график на строительство 1-этажного промышленного здания (тяжелого типа) поточным методом (три захватки после обратной засыпки с поэлементной детализацией монтажа конструкций каркаса (раздельный метод)).

## **. 12. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Документооборот мастера”.**

**Цель занятия:** Изучение структуры и содержания документации которую ведут линейные руководители на строительной площадке. Ознакомление с порядком заполнения основных и специальных журналов регистрации работ в строительстве.

### **Содержание занятия:**

1. Совместно с группой перечислить основные и специальные журналы регистрации работ в строительстве, которые должен заполнять мастер на строительной площадке.

2. Рассмотреть назначение и форму документов линейных руководителей, а также правила их оформления и применения

### **Основная часть.**

Одной из основных действующих фигур на строительной площадке является линейный руководитель – мастер. От того насколько чётко и оперативно он выполняет свои обязанности во многом зависит конечный результат строительства. Перечень документов, которые должен вести линейный руководитель очень велик, поэтому важно знать их назначение, своевременно заполнять и использовать.

**Журнал первичного и последующего инструктажа на рабочем месте** является важным документом, отражающим результаты обучения персонала правилам охраны труда. Ответственные лица вносят в него все факты и итоги инструктажей. Важность этого документа очевидна. Он позволяет обеспечить безопасность на рабочем месте и предотвратить возможные негативные последствия.

Первичным документом мастера(прораба), отражающим ход строительства от начала до сдачи объекта в эксплуатацию, является **журнал производства работ**. Журнал ведётся на строительстве каждого объекта или части объекта. Если один руководитель работ ведёт строительство нескольких больших однотипных объектов, расположенных на одной площадке и принадлежащих одному заказчику, то для каждого объекта отводится определённое количество страниц. В этот журнал заносятся все работы, в том числе производимые и субподрядчиком.

Ответственность за ведение журнала возлагается на мастера (прораба).

При переходе строительства объекта к другой организации, в том числе и временно к субподрядной, или замене мастера журнал передаётся по приемно-сдаточному акту с соответствующей записью в нём.

Мастер ведёт постоянный контроль качества выполненных бригадами работ и заносит ежедневно сведения в журнал.

Прораб или начальник участка проверяет качество и принимает по акту работы, выполненные субподрядными организациями.

Поэтапная проверка качества строительно-монтажных работ производится главным инженером в присутствии мастера, прораба, делается обязательная оценка качества выполненных работ. При обнаружении дефектов главный инженер делает пометку с конкретным указанием методов их устранения.

Все контролирующие лица от вышестоящих организаций, от технических инспекций по качеству строительства, технадзор заказчика, авторский надзор, госстройнадзор делают отметки и вносят свои замечания в журнал. Не позже чем на следующий день после получения замечания мастер должен сделать запись о принятых мерах в связи с этим замечанием.

Журнал должен быть пронумерован, прошнурован, опечатан и подписан начальником производственно-технического отдела строительного управления. При сдаче законченного объекта журнал работ предъявляется комиссии как неотъемлемая часть исполнительной документации.

В Журнале производства работ 7 разделов:

Раздел 1 заполняется генеральным подрядчиком либо застройщиком с участием проектной организации и заказчика до начала строительных работ.

Раздел 2 заполняется руководителем генподрядчика либо застройщика.

В Разделе 3 отображается перечень актов промежуточной приемки ответственных конструкций и актов освидетельствования скрытых работ.

Раздел 4 заполняется ежедневно с первого дня работы на объекте строительства – это основная часть журнала производства работ. Этот раздел должен содержать сведения о начале и окончании работ, отражать ход их выполнения, а также включать сведения о методах производства строительных работ; о применяемых материалах; об отступлениях от рабочих чертежей (с указанием причин) и их согласовании; об изменении местоположения охранных, защитных и сигнальных ограждений, о переносе транспортных и пожарных проездов, о прокладке, перекладке и разборке временных инженерных сетей; о наличии и исполнении схем операционного контроля качества; о метеорологических и других особых условиях работ; о готовых изделиях и конструкциях, о вынужденных простоях строительных машин (с указанием принятых мер), об испытаниях оборудования, систем, сетей и устройств (опробование вхолостую или под нагрузкой, подача электроэнергии, испытания на прочность и герметичность и другие); об исправлениях или о переделках выполненных строительных работ (с указанием виновных). Описание должно производиться по конструктивным элементам здания (сооружения) с обозначением осей, рядов, отметок, этажей, ярусов, секций и помещений, где выполнялись строительные работы.

Раздел 5 - Перечень специальных журналов работ, например:

- Журнал бетонных работ;

- Журнал сварочных работ;
- Журнал антикоррозионной защиты сварочных соединений;
- Журнал замоноличивания монтажных стыков и узлов;
- Журнал работ по монтажу строительных конструкций;
- Журнал монтажных соединений на болтах;
- Журнал сварки труб технологических трубопроводов;
- Журнал сварочных работ по монтажу технологического оборудования.

Какие именно журналы надо вести зависит от конкретного вида работ

В таблицу Раздела 6 Журнала производства работ вписывают замечания лиц, контролирующих производство и безопасность строительных работ, а также уполномоченных представителей проектной организации или ее авторского надзора.

В разделе 7 отмечаются сведения о проведении контролирующими органами проверок соблюдения требований ТНПА при строительстве (реконструкции, реставрации, капитальном ремонте и благоустройстве), утвержденной проектной документации, а также соответствия используемых материалов, изделий и конструкций проектным решениям и сертификатам для обеспечения эксплуатационной надежности, и безопасности.

Форма журнала производства работ приведена в СН 1.03.04-2020 (Приложение М)

***Журнал входного контроля продукции*** - документ, в котором отмечают входной контроль поступивших заказчику сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий, строительных материалов и изделий с целью установления соответствия продукции требованиям нормативно-технической документации и (или) контракта на поставку.

Входному контролю качества подлежит вся продукция и материалы, которые используются при изготовлении строительных материалов и изделий и строительстве объектов.

Контроль включает выполнение следующих процедур:

- проверка наличия и комплектности сопроводительных документов;
- внешний осмотр поступившей продукции (сохранность упаковки, комплектность, наличие маркировки и т.д.);
- проверка достаточности приведенных в сопроводительной документации данных о качестве продукции;



**Журнал учёта и осмотра съёмных грузозахватных приспособлений** и тары— это документ, который фиксирует итоги проверок грузозахватных приспособлений.

Учетный номер	Подразделение (филиал)	Наименование съёмного грузозахватного приспособления	Изготовитель и дата изготовления	Грузоподъемность (кг)	Дата учета	Дата осмотра	Результат осмотра	Подпись должностного лица, проводившего осмотр
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Рис 35. Журнал учёта и осмотра съёмных грузозахватных приспособлений

**Журнал учёта выдачи средств индивидуальной защиты** — это регистр, который помогает вести учет СИЗ, включая маски и перчатки.

Дата выдачи	Фамилия, имя, отчество получившего СИЗ	Профессия, должность получившего СИЗ	Наименование выдаваемых СИЗ	Единица измерения	Количество выдаваемых СИЗ	Подпись
1	2	3	4	5	6	7

Рис 36. Журнал учёта выдачи СИЗ

С 20 июля 2024г. действуют [СП 1.03.16-2024](#), которыми определены процессы формирования и ведения исполнительной документации в электронном виде при возведении, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте объектов классов сложности К-1-К-4. При этом данные правила следует применять совместно с другими ТНПА и НПА, устанавливающими требования к форме и содержанию исполнительной документации на бумажных носителях.

Исполнительная документация в электронном виде: исполнительная документация, сформированная в виде электронных документов, форма и содержание которых определены соответствующими нормативными правовыми актами и техническими нормативными правовыми актами в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности.

### 13. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ТЕМЕ “Автоматизация процесса построения сетевых графиков”.

**Цель занятия:** Определение сфер применения программного обеспечения в сетевом планировании, а также актуальности использования компьютерных технологий при построении сетевых графиков.

### **Содержание занятия:**

1. Анализ функциональных возможностей программного обеспечения для построения сетевых графиков.

2. Сравнение соответствующих программных продуктов.

### **Основная часть.**

Часто объем расчетов в сетевом планировании и управлении настолько велик, что требует применения компьютерных технологий. Для решения подобных задач используется специальный класс программного обеспечения — системы календарного планирования и контроля реализации проектов (системы управления проектами). Они обеспечивают поддержку основных процессов временного, ресурсного и стоимостного планирования и контроля на основе алгоритмов сетевого планирования и метода критического пути.

Сегодня для реализации различных по сложности календарных планов в составе ППР используются такие современные инструменты как Microsoft Project, Oracle Primavera, Rillsoft Project, Spider Project, и т.п. Преимущественно в данных программных комплексах первичным является создание именно линейных моделей возведения зданий.

Специалист, для использования перечисленных программных продуктов для разработки календарных планов строительства объекта, должен обладать знаниями работы не только в самих программах, но и понимать, в чем заключается сам процесс создания моделей строительного производства, т.е. обладать полными знаниями в области организации строительства, понимать и уметь рассчитывать все временные параметры работ, специфику назначения взаимосвязей между ними, владеть основами графического моделирования. И тогда не принципиально, какую компьютерную программу он будет знать, и использовать для создания календарного плана, результат будет достигнут.

Для формирования понимания процесса разработки календарных планов и моделирования строительного производства в целом, именно сетевая модель и позволяет заложить основы, и является наиболее подходящей, так как в сетевой модели используется более наглядная форма представления информации, абсолютно достоверно через систему событий и технологических зависимостей определяется принятая взаимозависимость работ; выявляются критические и некритические работы, и соответственно, определяется критический путь, как наибольший, характеризующий продолжительность строительства; по некритическим работам - рассчитываются возможные резервы времени для использования их при проведении корректировок планов и управления производством.

В связи с этим рассмотрим, какие сегодня существуют прикладные программные комплексы, позволяющие формировать и рассчитывать

именно сетевые графики, и как эти программы соответствуют существующим обозначениям (линии, стрелки, кружки), элементам (работа, событие, зависимость, ожидание), параметрам (раннее начало, позднее окончание, общий и частный резерв времени работы, продолжительность критического пути), правилам построения и способам расчета (графический, табличный) сетевых моделей.

Рассмотрим пример построения сетевого графика в прикладной программе «NetGraph». Это продвинутая и лёгкая в освоении прикладная программа для разработки и моделирования сетевых графиков, построена на базе графов, имеет опцию-калькулятор для расчёта итоговых параметров обработанного массива информации после каждого события-узла.

Процесс создания модели начинаем с добавления необходимого количества событий с помощью кнопки «Добавить событие», расставляя и проводя нумерацию согласно графику. Данному процессу соответствует рисунок 37.

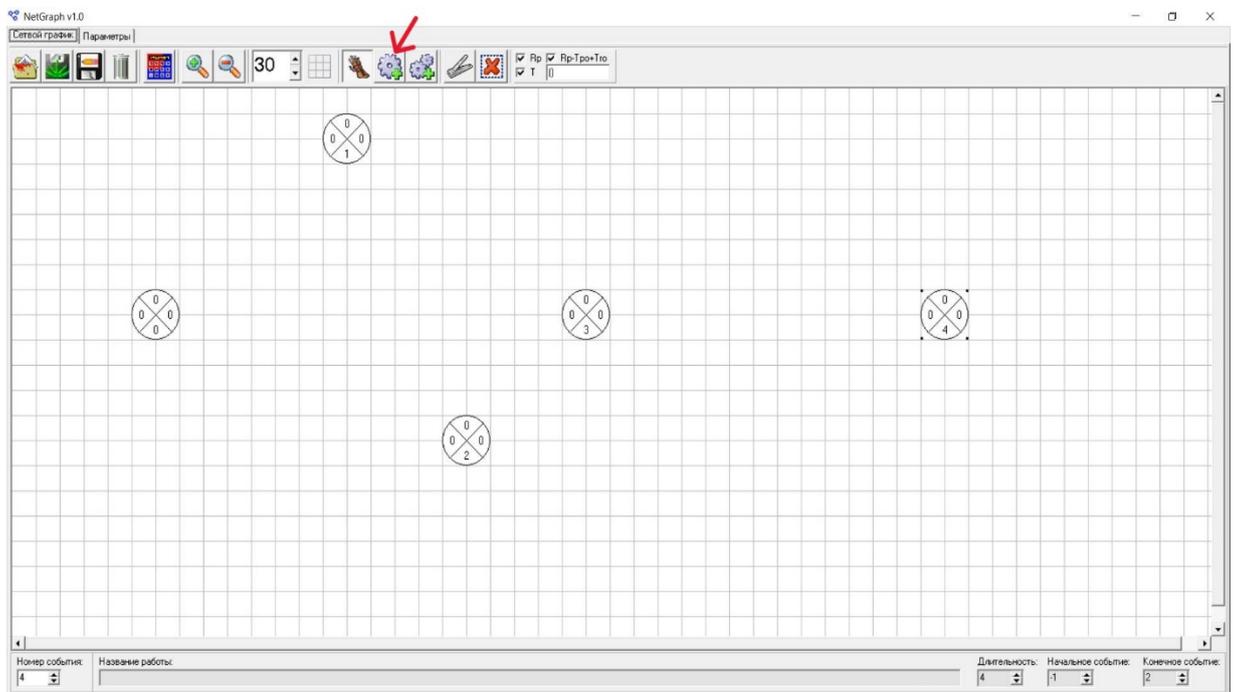
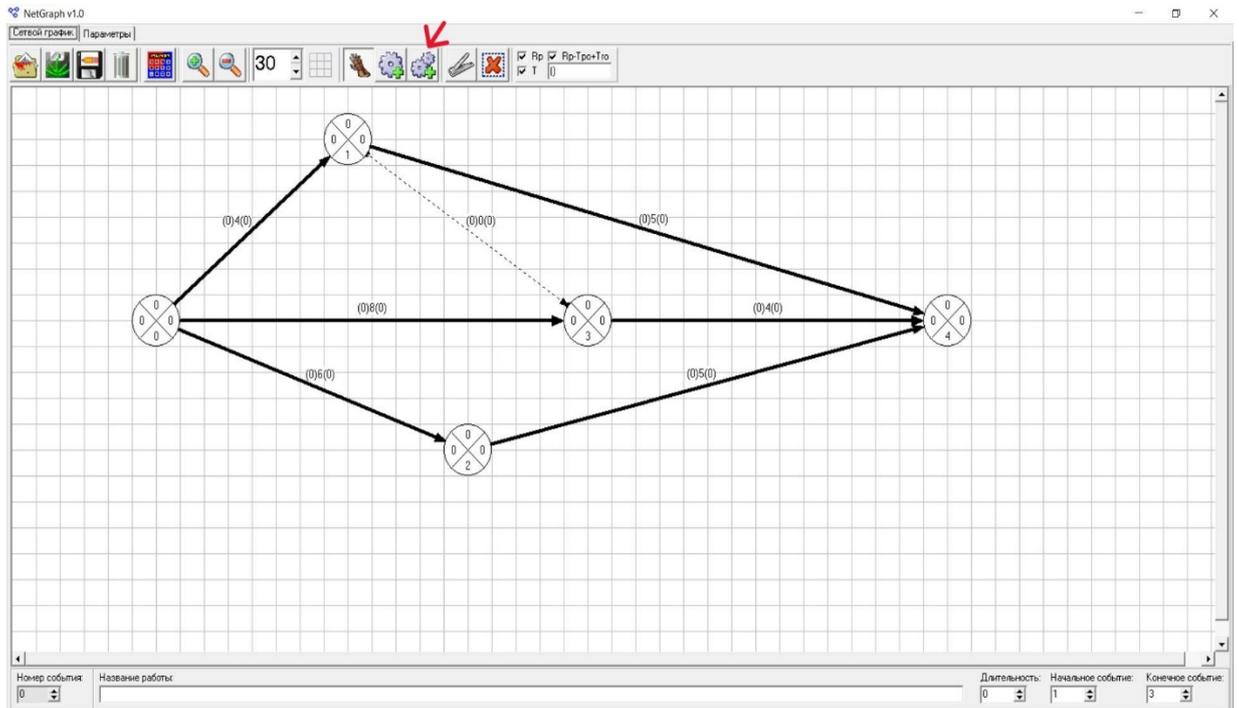


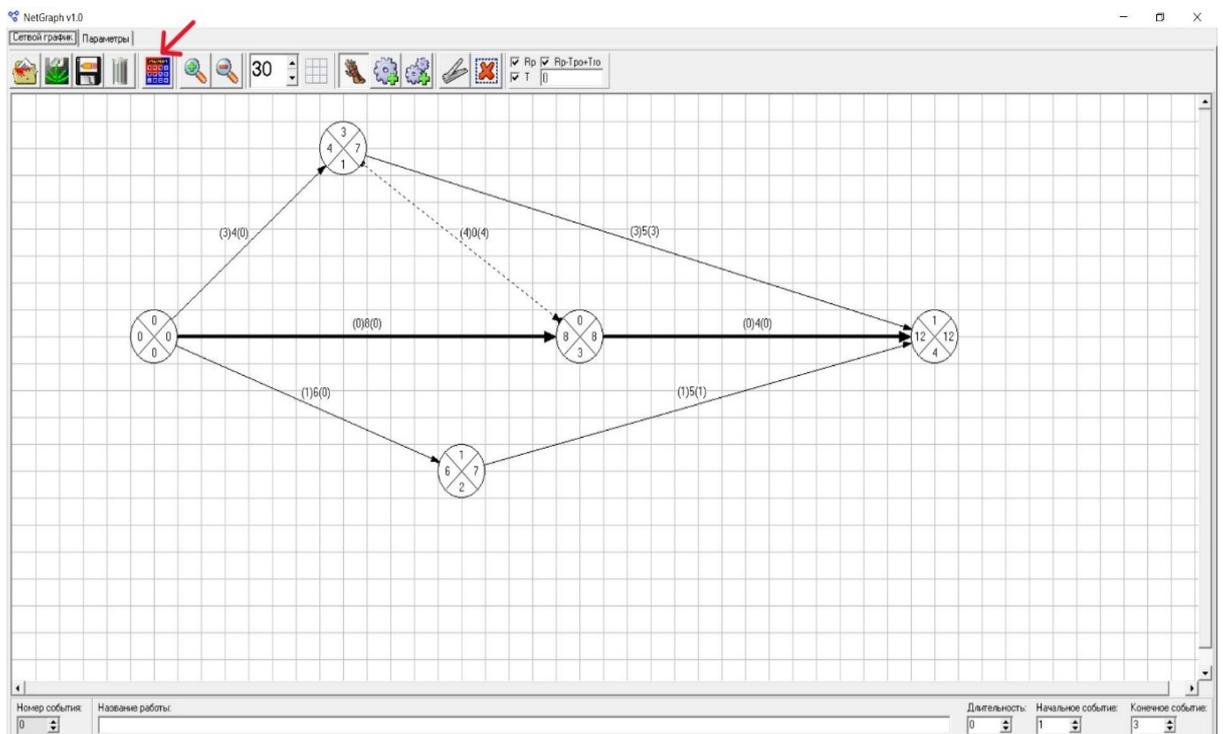
Рис 37. Добавление событий

После расставления всех событий создаем связи между ними, добавляя работу с помощью кнопки «Добавить работу». Выполнение этой операции отражает рисунок 38. Таким образом получаем промежуточный результат.



**Рис 38.** Добавление работ и их продолжительности

Конечный результат получаем нажатием кнопки «Расчёт параметров» (рассчитаны раннее начало, позднее окончание, общий и частный резерв времени работы, продолжительность критического пути).



**Рис 39.** Результат расчёта сетевого графика

При нажатии на вкладку «Параметры» получаем конечный результат в виде расчетной таблицы с отображением наименования работ. Итоговую таблицу можно экспортировать в Excel.

NetGraph v1.0

Сетвой график **Параметры**

Код	Название	t	Трн	Тро	Тпн	Тпо	Рп	Рс
0-1		4	0	4	3	7	3	0
0-2		6	0	6	1	7	1	0
0-3		8	0	8	0	8	0	0
1-3		0	4	8	8	8	4	4
1-4		5	4	12	7	12	3	3
3-4		4	8	12	8	12	0	0
2-4		5	6	12	7	12	1	1

Рис 40. Таблица параметров

Еще одна прикладная программа для построения и расчёта сетевых графиков – это «Borghiz». Далее проведем расчёт с помощью этой программы. Процесс создания модели начинаем с ввода параметров элементов (начало, конец и длину элемента).

Borghiz - расчёт сетевых графиков в редакции Александра Пушкина

Критический путь [L=8]: '1' -> '4'

Нач. точка 1 Кон. точка 4

К-во предш. работ	Начало	Конец	Продолжит.	В.Р.Н.	В.Р.О.	В.П.Н.	В.П.О.	О.З.В.	Ч.З.В.	Дата
0	1	2	4	0	4	4	8	4	0	30.12.1899
0	1	3	6	0	6	2	8	2	0	30.12.1899
0	1	4	8	0	8	0	8	0	0	30.12.1899
1	2	5	5	4	9	3	8	-1	-1	03.01.1900
1	2	4	0	4	4	8	8	4	4	03.01.1900
1	3	5	5	6	11	3	8	-3	-3	05.01.1900
2	4	5	4	8	12	4	8	-4	-4	07.01.1900

Рис 41. Ввод параметров элементов сетевого графика

После ввода начальных параметров (начало, конец и длину элемента), вводим начальную (1) и конечную (5) точки. В результате, получаем значения (раннее начало, ранее окончание, позднее начало, позднее окончание, общие и частные запасы времени).

Borghiz - расчёт сетевых графиков в редакции Александра Пушкина

Критический путь [L=8]: '1' -> '4'

Нач. точка 1 Кон. точка 4

К-во предш. работ	Начало	Конец	Продолжит.	В.Р.Н.	В.Р.О.	В.П.Н.	В.П.О.	О.З.В.	Ч.З.В.	Дата
0	1	2	4	0	4	4	8	4	0	30.12.1899
0	1	3	6	0	6	2	8	2	0	30.12.1899
0	1	4	8	0	8	0	8	0	0	30.12.1899
1	2	5	5	4	9	3	8	-1	-1	03.01.1900
1	2	4	0	4	4	8	8	4	4	03.01.1900
1	3	5	5	6	11	3	8	-3	-3	05.01.1900
2	4	5	4	8	12	4	8	-4	-4	07.01.1900

Рис 42. Ввод начальной и конечной точки

Далее выбираем из выпадающего списка события и располагаем их по номерам с помощью кнопки «Вставить текущую точку».

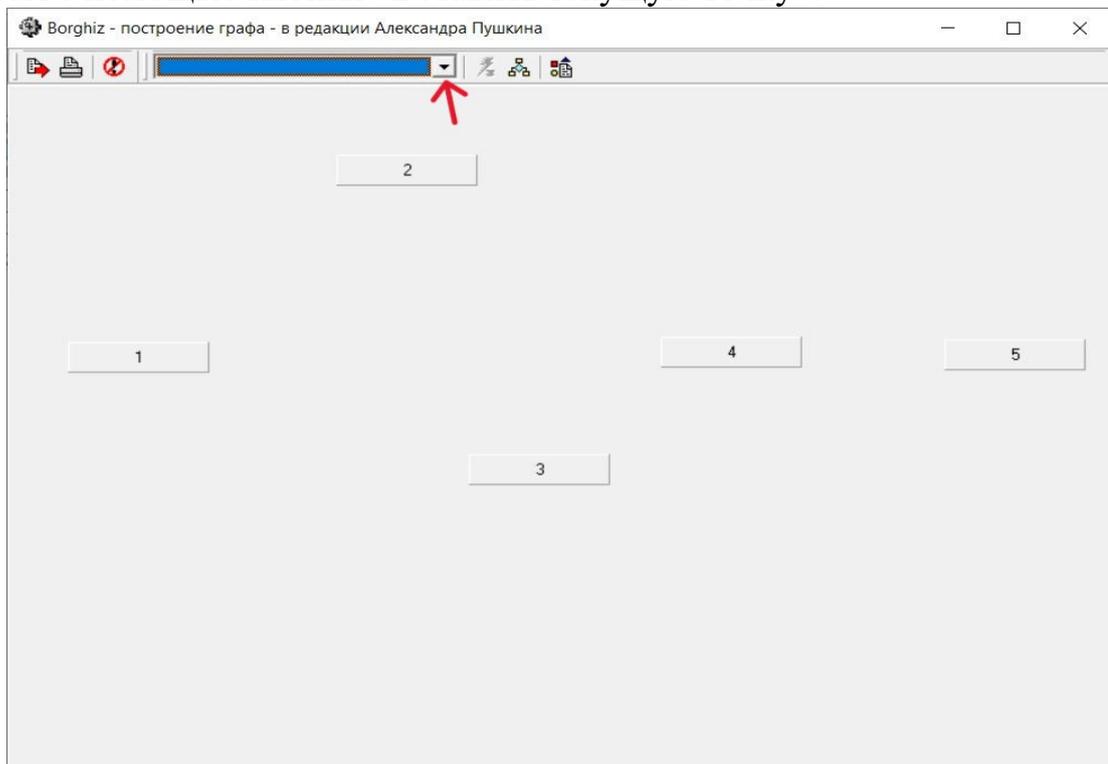


Рис 43. Компоновка модели

Затем нажимаем кнопку «Отрисовать граф» и получаем конечный результат в виде сетевого графика.

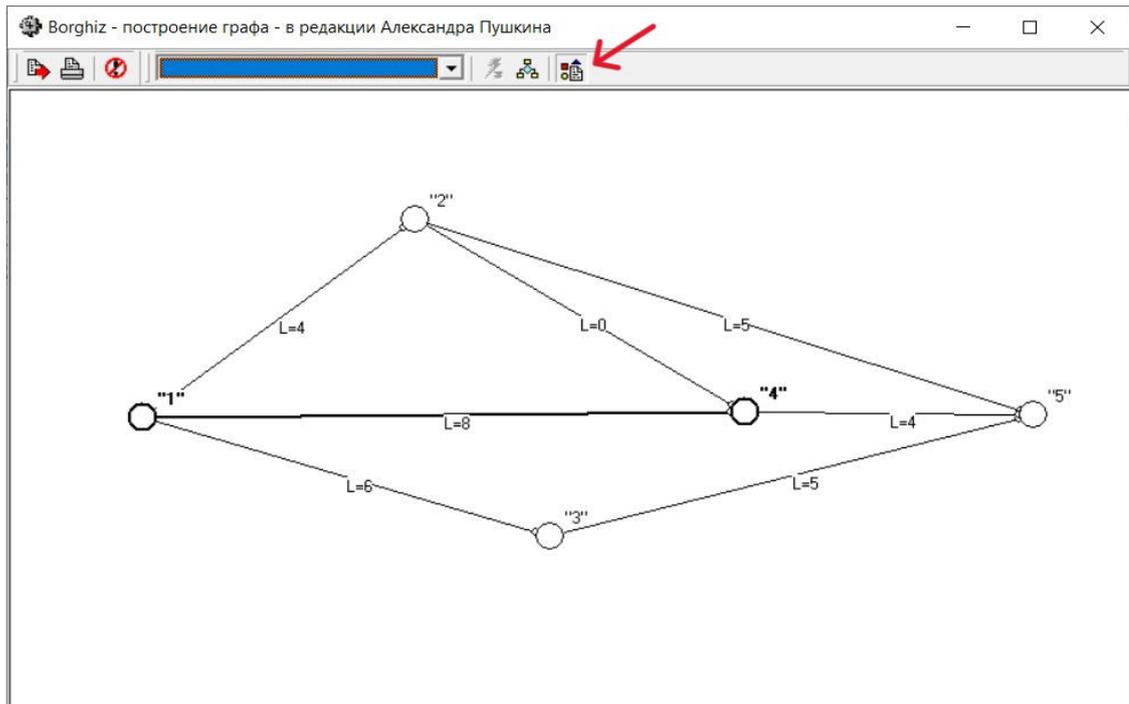


Рис 44. Итоговый график

Так же приведём пример построения сетевого графика типа «вершина-работа» с помощью программного комплекса СПУ.

Для начала определим параметры для расчёта сетевого графика типа «вершина-работа»:

$t$  - длительность задачи

**Трн** - ранний срок начала задачи  $T_{рн}(i, j) = T_{р}(i)$

**Тро** - ранний срок окончания задачи  $T_{ро}(i, j) = T_{р}(i) + t(i, j)$ ;

**Тр (i)** - ранний срок наступления события  $i$  (время, необходимое для выполнения всех задач, предшествующих данному событию);

**Тп (i)** - поздний срок наступления события  $i$  (это такое время наступления события  $i$ , превышение которого вызовет аналогичную задержку наступления завершающего события сети); **Тпн** - поздний срок начала задачи

$T_{пн}(i, j) = T_{п}(j) - t(i, j)$ ;

**Тпо** - ранний срок окончания задачи  $T_{по}(i, j) = T_{п}(j)$ ;

**Рп** - полный резерв времени  $R_{п}(i, j) = T_{п}(j) - T_{р}(i) - t(i, j)$ ;

**Рс** - свободный резерв времени  $R_{с}(i, j) = T_{р}(j) - T_{р}(i) - t(i, j)$ ;

Часть параметров записывается на сетевом графике внутри квадрата, обозначающего задачу, стрелками обозначены связи между задачами:

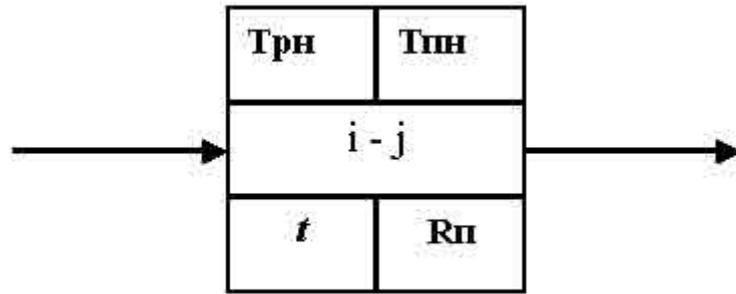


Рис 45. Квадрат сетевого графика

Процесс создания модели начинаем с добавления необходимого количества работ с помощью кнопки «Новая задача».

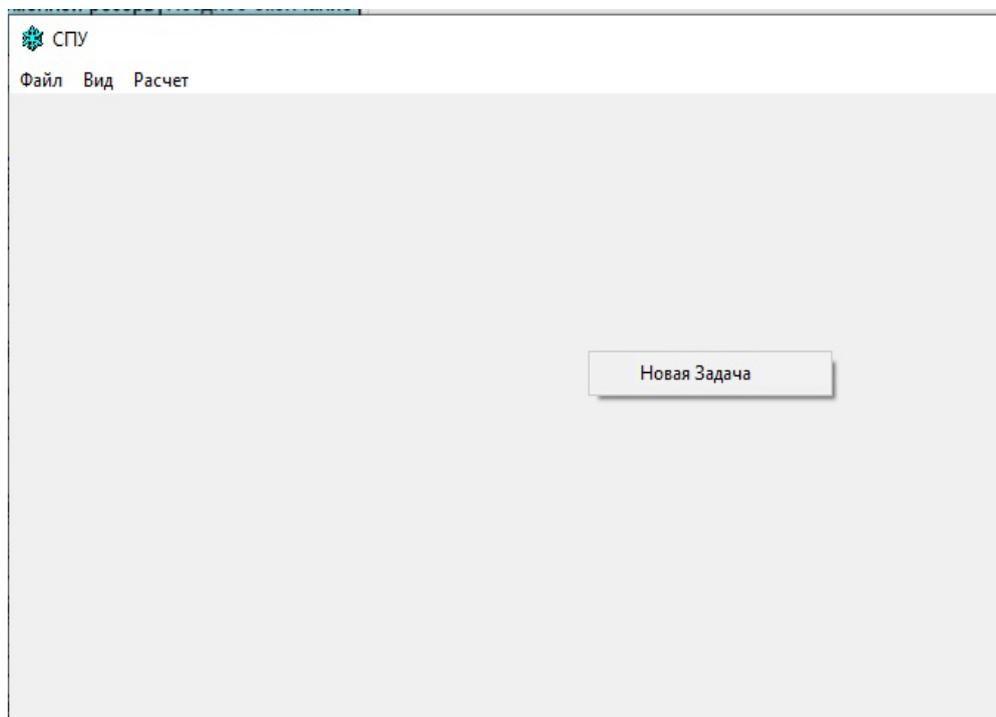


Рис 46. Добавление новой задачи

Щелкнув правой кнопкой мышки по форме, откроем окно редактирования параметров задачи (вид окна показан ниже).

Все задачи делятся на три вида: **начальные**, **конечные** и **обычные**, причем количество начальных и конечных задач может быть больше единицы. У начальных задач нет предшественников, у конечных нет последователей. **ВНИМАНИЕ**. Назначение вида работы "Начало" или "Окончание" вызывает автоматическое удаление всех связей редактируемой задачи, так что их придется назначать заново. Графа "Название" используется для быстрого поиска нужной задачи на сетевом графике (при наведении курсора на задачу высвечивается подсказка). "Примечания" - просто более подробные

пояснения (можно не заполнять), а "Отчетность" - название события, которым завершается данная задача (эта фраза будет использована при автоматическом формировании названия событий).

Создаём нужное количество задач и устанавливаем им длительность.

Рис 46. Окно редактирования параметров задачи

Далее щелкнув правой кнопкой мышки по задаче, получим возможность выполнить одну из четырех операций:

- **Создать связь** (указать предшествующую задачу);
- **Удалить связь** (отменить предшествующую задачу);
- **Изменить задачу** (открыть окно редактирования параметров задачи);
- **Удалить задачу** (вместе с задачей удаляются все связи, в которых она участвует).

В программе используется только один вид связи между задачами - "ПРЕДШЕСТВЕННИК". Порядок связывания задач примерно такой: сначала щелкаем правой мышкой по задаче, выбираем "Создать Связь", затем курсором в виде руки щелкаем по задаче-предшественнику. Между двумя задачами рисуется стрелка, направленная от предшественника к последователю и обозначающая, что последующая задача не может начаться пока не закончится предшествующая. Правила построения сетевых графиков требуют, чтобы более ранние события находились на графике слева, а более

поздние - справа. Такое правило позволяет лучше увидеть возникновение **циклов** на сетевом графике. Если у Вас **вместо стрелки нарисована прямая** линия, значит данное условие не выполняется. Передвиньте левой мышкой задачи или события в нужную сторону.

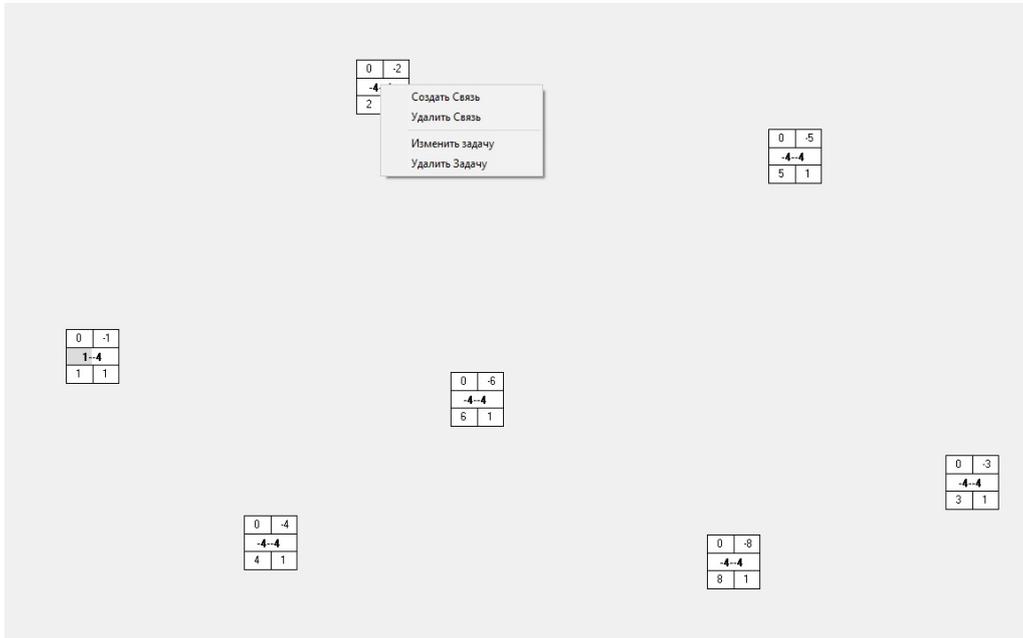


Рис 46. Создание связей

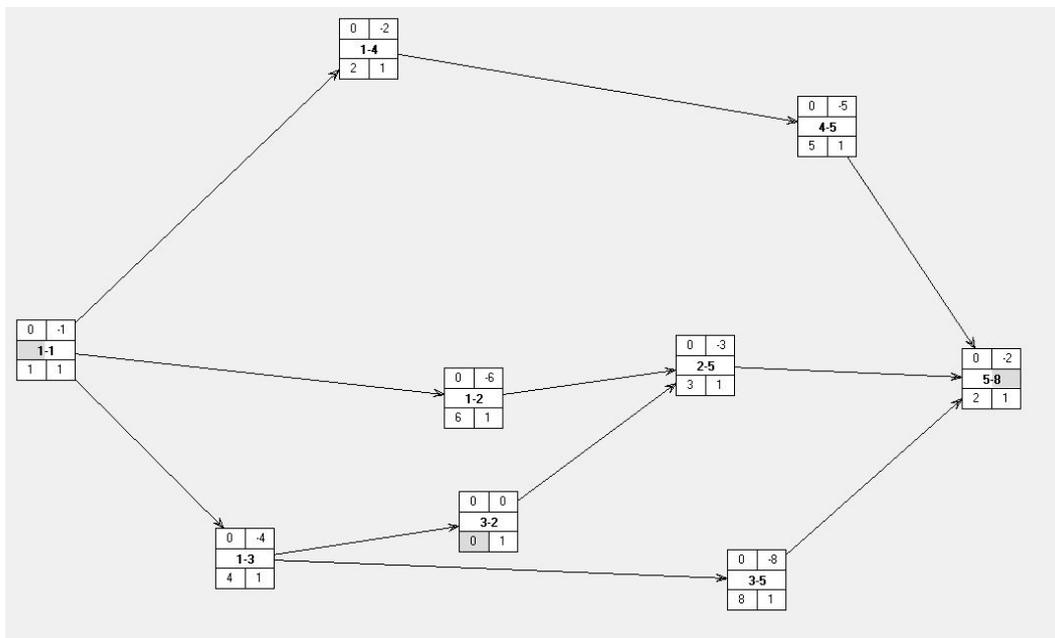


Рис 46. Сетевая модель со связями

После создания связей на верхней панели нажимаем кнопку «Расчёт» и получаем итоговый результат.

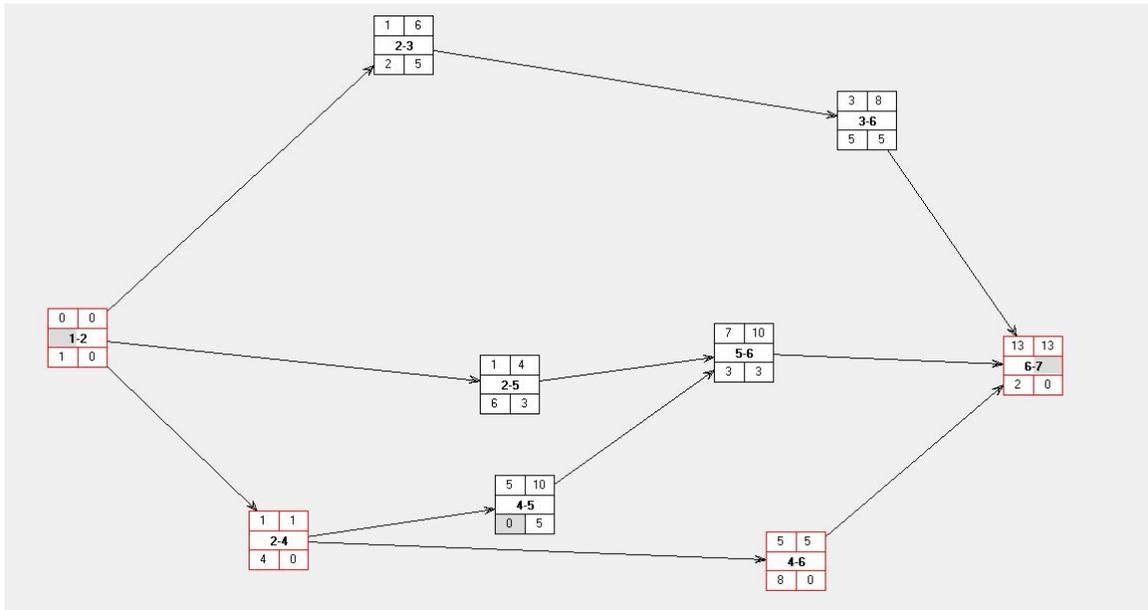


Рис 46. Итоговый результат

Так же полученные значения можно вывести в табличном виде, нажав на верхней панели «Вид», а затем «Таблица»

СПУ

Файл Вид Расчет

Код	t	Трн	Тро	Тпн	Тпо	Рп	Рс
1-2	1	0	1	0	1	0	0
2-3	2	1	3	6	8	5	0
2-4	4	1	5	1	5	0	0
2-5	6	1	7	4	10	3	0
3-6	5	3	8	8	13	5	5
5-6	3	7	10	10	13	3	3
4-6	8	5	13	5	13	0	0
6-7	2	13	15	13	15	0	0
4-5	0	5	5	10	10	5	2

Рис 47. Результат расчёта в табличном виде

Таким образом, комбинирование теоретических знаний по построению сетевых графиков и работа с программными продуктами позволяют автоматизировать и тем самым ускорить процесс построения сетевых графиков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. КОДЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОБ АРХИТЕКТУРНОЙ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ от 17 июля 2023 г. № 289-З.
2. СП 1.03.11-2023 Продолжительность строительства. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объектах строительства. Порядок определения. – Минск : Минстройархитектуры, 2023. – с.
3. СН 1.03.04-2020 Организация строительного производства. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 49 с.
4. СН 1.03.01-2019 Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 129 с.
5. СП 1.03.01-2019 Отделочные работы. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 24 с.
6. СП 1.03.16-2024 Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде. – Минск : Минстройархитектуры, 2024. – с.
7. ТКП 45-1.03-63-2007 (02250) Монтаж зданий. Правила механизации. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 88 с.
8. Правила по охране труда при выполнении строительных работ : утв. Пост. Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь 31.05.2019 № 24/33.
9. Пикус, Д. М. Организация и управление в строительстве : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / Д. М. Пикус, Н. И. Зайко. - Минск : РИВШ, 2021. - 166 с. : ил.
10. Разработка основных элементов проекта производства работ на строительство отдельного объекта [Электронный ресурс] : методические указания по курсовому проектированию для студентов специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 02 02 - «Экспертиза и управление недвижимостью», 1-27 01 01 - «Экономика и организация производства» направление 1-27 01 01-17 «Экономика и организация производства /строительство/» всех форм обучения / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью» ; сост.: Д. М. Пикус [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023. – Деп. в БНТУ 04.04.2023, № ДЕРВНТУ-2023-120.
11. Лазаренков, А. М. Охрана труда в строительстве: учебное пособие / А. М. Лазаренков, Л. П. Филянович. – Минск, РИВШ, 2018. – 440 с.
12. Зайко, Н. И. Организация строительства. Методические рекомендации для подготовки к экзаменам студентам спец. 1-70 02 01 “Промышл. и граждан. строит.” дневной и заочной форм обучения: Учебное издание в

- 2-ух частях / Н. И. Зайко, Е. В. Штурбина. – Минск: БНТУ, 2012. – 228 с.
13. Трушкевич, А.И. Организация проектирования и строительства: учебник / А. И. Трушкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Выш. шк., 2011. – 479 с.
  14. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства : учебник для студентов, обучающихся по специальности 290300 "Промышленное и гражданское строительство" направления 653500 — "Строительство" / Л. Г. Дикман. - Изд. 7-е, стереотипное. - Москва : Издательство АСВ, 2017. - 586 с.
  15. Набздоров, С. В. Организация строительного производства : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий / С. В. Набздоров. - Горки : БГСХА, 2018. - 188 с.
  16. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование : учебное пособие : 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" / А. Ю. Михайлов. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 295 с.