

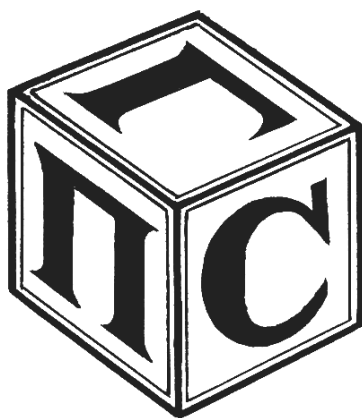
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»
дневной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2023

УДК 69.05
ББК 38.6
О64

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
«12» сентября 2023 г., протокол № 2

Составители: канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова;
ст. преподаватель Л. В. Курносенко

Рецензент ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Методические рекомендации содержат теоретическую часть и пример решения задачи практического занятия.

Учебное издание

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть 1

| | |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | С. В. Данилов |
| Корректор | А. А. Подошевка |
| Компьютерная верстка | Н. П. Полевничая |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Практическое занятие «Формирование структуры управления строительной организацией»..... | 4 |
| 2 Практическое занятие «Определение трудоемкости, продолжительности выполнения работ, производительности труда в строительстве»..... | 4 |
| 3 Практическое занятие «Линейные графики и циклограммы. Их построение и применение»..... | 12 |
| 4 Практическое занятие «Организация и расчет ритмичных, кратноритмичных и неритмичных потоков»..... | 13 |
| 5 Практическое занятие «Сетевые графики. Построение, расчет, применение»..... | 25 |
| 6 Практическое занятие «Определение нормативной и фактической продолжительности строительства объекта»..... | 36 |
| 7 Практическое занятие «Оптимизация сетевых графиков по времени и трудовым ресурсам, материалам и машинам»..... | 38 |
| Список литературы..... | 43 |
| Приложение А..... | 44 |

Составление калькуляции трудовых затрат. После определения объема работ рассчитываются затраты труда по формуле

$$Q = \frac{V \cdot N}{8}, \quad (2.1)$$

где Q – затраты труда, чел.-дн.;

V – объем работ в физических единицах измерения;

N – норма времени на единицу измерения объема работ;

8 – число часов в рабочей смене.

Калькуляция затрат труда (таблица 2.2) составляется с выведением укрупненной нормы времени на единицу измерения для всех основных технологических процессов, выполняемых при монтаже конструкций.

Таблица 2.2 – Калькуляция трудовых затрат

| Обоснование | Наименование работ | Единица измерения | Объем | Затраты труда | | Состав звена | | |
|-------------|--------------------|-------------------|-------|--|-------------------------------------|--------------|--------|------------|
| | | | | на единицу измерения, чел.-ч маш.-ч | на весь объем, чел.-дн. маш.-см. | Профессия | Разряд | Количество |
| | | | | | | | | |

Для определения продолжительности выполнения работ и производительности труда в строительстве выполняется построение календарного графика производства работ (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Календарный график производства работ

| Наименование работ | Единица измерения | Объем работ | Норма времени на единицу, чел.-дн., маш.-см. | Затраты труда на объем, чел.-дн., маш.-см. | Состав звена | Количество рабочих в смену | Количество смен | Продолжительность работ, дн. | Рабочие дни | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------|--|--|--------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Пример расчета

Рассчитать трудоемкость, продолжительность выполнения работ и производительность труда на монтаж конструкций каркаса и стеновых панелей одноэтажного промышленного здания. Работы ведутся поточным методом на двух захватках в две смены.

Здание имеет следующие объемно-планировочные характеристики:

- длина здания – 96 м;
- ширина здания – 54 м;

- величина пролета – 18 м;
- шаг крайних и средних колонн – 12 м;
- высота до низа несущих конструкций – 13,2 м.

Компоновочная схема здания представлена на рисунках 2.1 и 2.2.

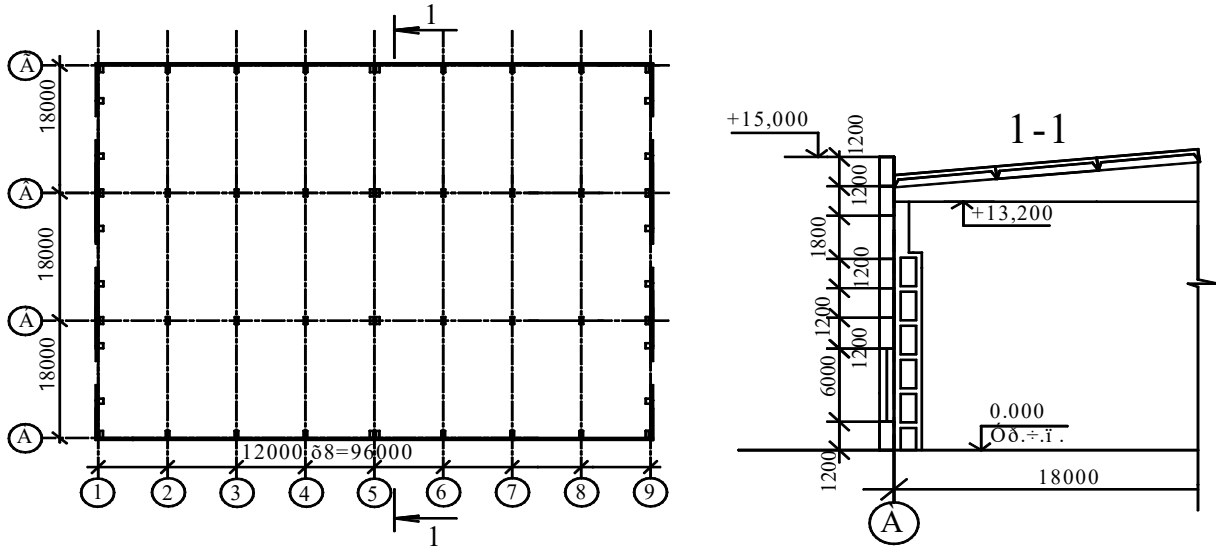


Рисунок 2.1 – Фрагмент плана и разреза здания

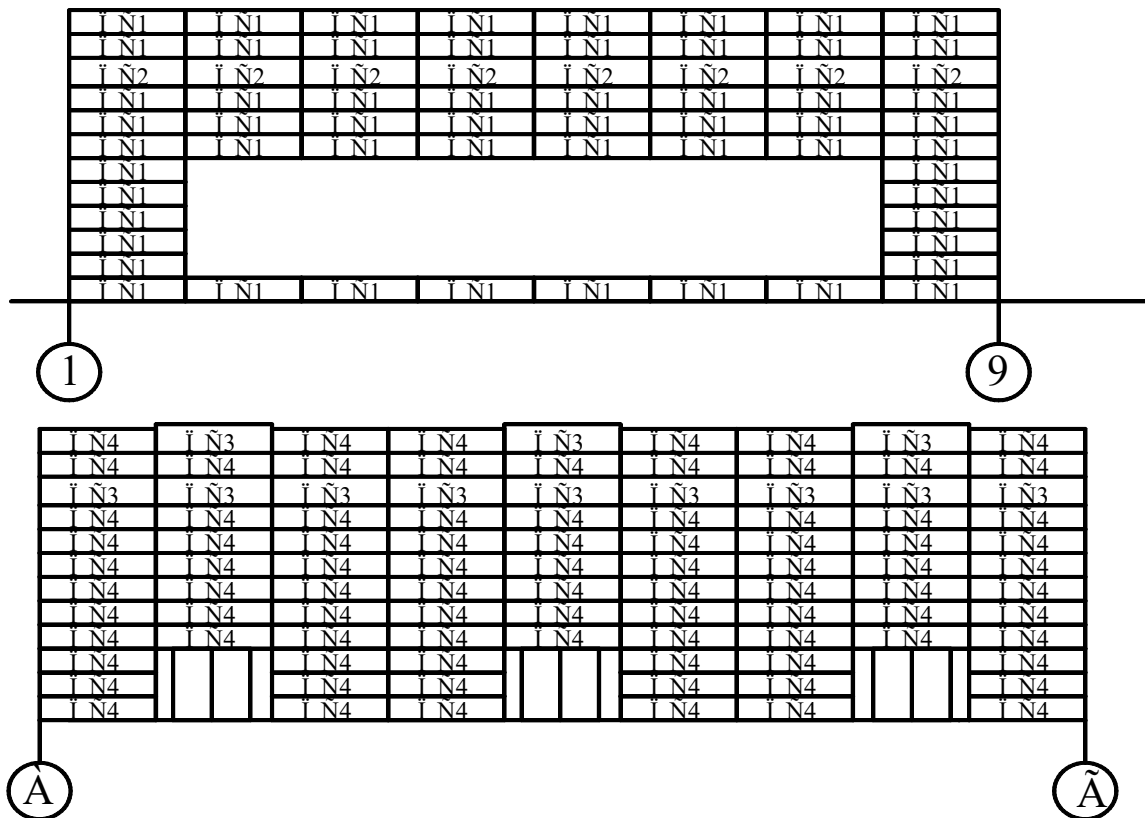


Рисунок 2.2 – Схема раскладки стеновых панелей

Определение объемов работ. Подсчет объемов строительного-монтажных работ производится в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Ведомость объемов монтажных и сопутствующих работ

| Наименование видов работ | Наименование сборных элементов | Марка элемента | Количество, шт. | Масса элементов, т | | Единица измерения | Норма на единицу объема | Потребное количество |
|--|--------------------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | одного | всех | | | |
| Выгрузка и установка колонн | Колонны крайнего ряда | К-1 | 20 | 9,1 | 182 | | | |
| Выгрузка и установка колонн | Колонны среднего ряда | К-2 | 20 | 13,7 | 274 | | | |
| Выгрузка и установка колонн фахверка | Колонны фахверка | КФ-1 | 12 | 9,1 | 109,2 | | | |
| Выгрузка и установка стеновых панелей | Стеновая панель | ПС-1 | 116 | 5,25 | 609 | | | |
| | | ПС-2 | 16 | 7,8 | 124,8 | | | |
| | | ПС-3 | 24 | 3,9 | 93,6 | | | |
| | | ПС-4 | 174 | 3,2 | 556,8 | | | |
| Выгрузка и установка стропильных балок | Балки стропильные | БС-1 | 30 | 9,1 | 273 | | | |
| Выгрузка и установка плит покрытия | Плиты покрытия | П-1 | 144 | 5,7 | 820,8 | | | |
| Сварка стыков стропильных балок | | | 30 | | | м | 1 | 30 |
| Сварка стыков плит покрытия | | | 144 | | | м | 0,5 | 72 |
| Сварка стыков стеновых панелей | | | 330 | | | м | 0,64 | 211,2 |
| Заделка колонн в стаканах фундаментов | | К-1 | 20 | | | м ³ | 0,2 | 4 |
| | | К-2 | 20 | | | м ³ | 0,2 | 4 |
| Заделка стыков плит покрытия | | | 2160 м | | | м ³ | 0,01 | 18,6 |
| Заделка стыков: вертикальных горизонтальных | Стеновые панели | | 420 м | | | м ³ | 0,03 | 12,6 |
| | | | 3960 м | | | м ³ | 0,01 | 39,6 |
| Антикоррозионное покрытие сварных соединений: плит покрытий стропильных балок стеновых панелей | | | 144 | | | 10 стыков сварных соединений | 0,4 | 57,6 |
| | | | 30 | | | | 0,2 | 6 |
| | | | 330 | | | | 0,4 | 132 |
| Итого | | | | | 3304 | | | |

Калькуляция затрат труда приведена в таблице 2.5. Расчеты ведутся по [3–7].

Для данного здания согласно подсчитанным объемам работ (см. таблицу 2.4) и калькуляции трудовых затрат (см. таблицу 2.5) разработан вариант календарного графика монтажа конструкций (таблицу 2.7).

Таблица 2.5 – Калькуляция затрат труда

| Обоснование | Наименование работ | Единица измерения | Объем | Затраты труда | | Состав звена | | |
|---------------------------------------|---|----------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------|------------|
| | | | | на единицу измерения, чел.-ч маш.-ч | на весь объем, чел.-дн. маш.-см. | Профессия | Разряд | Количество |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Колонны</i> | | | | | | | | |
| Е1-5 т. 1, т. 2, п.11 | Выгрузка колонн массой до 10 т | 100 т | 2,91 2 | <u>3,2</u> | <u>1,16</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,6 | 0,58 | Такелажник | 2 | 2 |
| Е1-5 т. 1, т. 2, п.13 | Выгрузка колонн массой до 18 т | 100 т | 2,74 | <u>2,8</u> | <u>0,96</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,4 | 0,48 | Такелажник | 2 | 2 |
| Е4-1-4 т. 1, т. 2 п. 7, в, г | Установка колонн в стаканы фундаментов массой до 10 т | 1 шт. | 32 | <u>7,0</u> | <u>28,0</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,4 | 5,6 | Такелажники | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 2 |
| | | | | | | 2 | 1 | |
| Е4-1-4 т. 1, т. 2, п. 7, в, г | Установка колонн в стаканы фундаментов массой до 15 т | 1 шт. | 20 | <u>9,0</u> | <u>22,5</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,8 | 4,5 | Такелажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 2 |
| | | | | | | 2 | 1 | |
| Е4-1-25 т.1, п. 2 | Заделка колонн в стаканах фундаментов | Один стык | 40 | <u>1,2</u> | <u>6,0</u> | Монтажник | 4 | 1 |
| | | | | – | – | | 3 | 1 |
| | Итого | | | | <u>58,62</u> 11,16 | | | |
| | Итого на один элемент | | | | <u>1,12</u> 0,21 | | | |
| <i>Стропильные балки</i> | | | | | | | | |
| Е1-5 т. 1, т. 2 п. 11, а, б | Выгрузка подстропильных балок массой до 10 т | 100 т | 2,73 | <u>3,2</u> | <u>1,09</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,6 | 0,55 | Такелажник | 2 | 2 |
| Е4-1-6 т. 1, т. 4, п. 3 а, б | Установка стропильных балок пролетом до 18 м | 1 шт. | 30 | <u>8,00</u> | <u>30,0</u> | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | 1,60 | 6,0 | Монтажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | | | | | | 2 | 1 | |
| Е22-1-2, п. 9, б | Сварка стыков балок | 10 м шва | 3,0 | <u>6,4</u> – | <u>2,4</u> – | Электросварщик | 5 | 1 |
| Е4-1-20, п. 2 | Антикоррозионное покрытие сварных соединений | 10 стыков соединений | 6,0 | <u>1,1</u> | <u>0,83</u> | Монтажник | 4 | 1 |
| | | | | – | – | | 2 | 1 |

Продолжение таблицы 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------------|---|------------------------------|-------|--------------------|-----------------------|----------------|---|---|
| | Итого | | | | <u>34,32</u> 6,55 | | | |
| | Итого на один элемент | | | | <u>1,14</u> 0,22 | | | |
| <i>Плиты покрытия</i> | | | | | | | | |
| Е4-1-7, п. 12 | Установка плит перекрытия площадью до 36 м ² | 1 шт. | 144 | <u>1,9</u> 0,47 | <u>34,2</u> 8,46 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Монтажник | 3 | 2 |
| | | | | | | | 2 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| Е1-5, т. 1, т. 2, п. 8, а, б | Выгрузка плит краном массой груза до 6 т | 100 т | 8,21 | <u>3,4</u> 1,7 | <u>3,50</u> 1,75 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Такелажник | 2 | 2 |
| Е22-1-2, п. 9, б | Сварка стыков плит покрытия | 10 м шва | 7,2 | <u>6,4</u> – | <u>5,76</u> – | Электросварщик | 5 | 1 |
| Е4-1-20, п. 2 | Антикоррозионное покрытие сварных соединений вручную | 10 стыков сварных соединений | 57,6 | <u>1,1</u> – | <u>7,92</u> – | Монтажник | 4 | 1 |
| | | | | | | | 2 | 1 |
| Е4-1-26, п. 4, б | Заливка швов плит перекрытия | 100 м шва | 21,60 | <u>2,1</u> – | <u>5,67</u> – | Монтажник | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | Итого | | | | <u>57,05</u> 10,21 | | | |
| | Итого на один элемент | | | | <u>0,40</u> 0,07 | | | |
| <i>Стеновые панели</i> | | | | | | | | |
| Е1-5, т. 1, т. 2, п. 6, а, б | Выгрузка стеновых панелей краном массой до 4 т | 100 т | 6,51 | <u>4,6</u> 2,3 | <u>3,74</u> 1,87 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Такелажник | 2 | 2 |
| Е1-5, т. 1, т. 2 п. 8, а, б | Выгрузка стеновых панелей краном массой до 6 т | 100 т | 9,95 | <u>3,8</u> 1,9 | <u>4,72</u> 2,36 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Такелажник | 2 | 2 |
| Е4-1-8, т. 1, т. 2, п. 2 | Установка панелей наружных стен площадью до 10 м ² | 1 шт. | 174 | <u>3,0</u> 0,75 | <u>65,25</u> 16,31 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Монтажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | | | | | | 2 | 1 | |
| Е22-1-2, п. 9, б | Сварка стыков стеновых панелей | 10 м шва | 21,12 | <u>6,4</u> – | <u>16,90</u> – | Монтажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | | | | | | | 2 | 1 |

Окончание таблицы 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|---|------------------------------|-------|-------------------|------------------------|----------------|---|---|
| Е4-1-8, т. 1, т. 2, п. 3 | Установка панелей наружных стен площадью до 15 м ² | 1 шт. | 140 | <u>4,0</u> 1,0 | <u>70,0</u> 17,5 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Монтажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | | | | | | | 2 | 1 |
| Е4-1-8, т. 1, т. 2, п. 4 | Установка панелей наружных стен площадью до 25 м ² | 1 шт. | 140 | <u>4,8</u> 1,2 | <u>84,0</u> 21,0 | Машинист | 6 | 1 |
| | | | | | | Монтажник | 5 | 1 |
| | | | | | | | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | | | | | | | 2 | 1 |
| Е4-1-20, п. 2 | Антикоррозионное покрытие сварных соединений вручную | 10 стыков сварных соединений | 132 | <u>1,1</u> – | <u>18,15</u> – | Электросварщик | 5 | 1 |
| Е4-1-26, п. 1, а | Заливка швов панелей стен | 100 м шва | 43,80 | <u>12,0</u> – | <u>65,7</u> – | Монтажник | 4 | 1 |
| | | | | | | | 3 | 1 |
| | Итого | | | | <u>328,46</u> 59,04 | | | |
| | Итого на один элемент | | | | <u>0,99</u> 0,18 | | | |
| | Всего | | | | <u>478,45</u> 86,96 | | | |

Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практическом занятии (см. таблицу 2.6).

Таблица 2.6 – Исходные данные

| Вариант | Параметры одноэтажного промышленного здания с железобетонным каркасом | | | | | Отметка низа стропильных конструкций |
|---------|---|--------|--------|------------|---------|--------------------------------------|
| | длина | ширина | пролет | Шаг колонн | | |
| | | | | крайних | средних | |
| 1 | 90 | 108 | 18 | 6 | 6 | 15,6 |
| 2 | 96 | 36 | 12 | 6 | 6 | 13,2 |
| 3 | 84 | 24 | 12 | 6 | 6 | 13,2 |
| 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 96 | 72 | 12 | 12 | 12 | 8,4 |
| 6 | 84 | 36 | 12 | 12 | 12 | 15,6 |
| 7 | 96 | 90 | 18 | 6 | 12 | 13,2 |
| 8 | 72 | 36 | 12 | 6 | 6 | 7,2 |
| 9 | 108 | 54 | 18 | 6 | 6 | 10,8 |
| 10 | 114 | 84 | 12 | 6 | 6 | 15,6 |
| 11 | 108 | 108 | 18 | 6 | 6 | 8,4 |
| 12 | 72 | 90 | 18 | 12 | 12 | 14,4 |

3 Практическое занятие «Линейные графики и циклограммы. Их построение и применение»

Результатом практической работы является расчет и построение фрагментов линейных графиков и циклограмм производства строительно-монтажных работ. Варианты для ее выполнения принимаются согласно исходным данным к практической работе № 2 и соответствуют таблице 2.6.

Линейный график представлен в практической работе № 2, как календарный график производства работ, а циклограмма – на рисунке 3.1 с необходимыми расчетами по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Таблица технологических расчетов к циклограмме

| Наименование работ | Единица измерения | Объем работ по захваткам | | Трудоемкость работ по захваткам, | | Принятая трудоемкость работ на весь объем, чел.-дн. маш.-см. | Количество смен в сутки | Продолжительность работ на захватках, дн. | | Принятый состав бригады | |
|---|-------------------|--------------------------|---------|----------------------------------|--------------------------|--|-------------------------|---|-----|-------------------------------|------------|
| | | | | чел.-дн. | маш.-см. | | | | | Наименование профессии | Количество |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | | | 1 | 2 | | |
| Выгрузка и установка колонн в стаканы фундаментов | 1 шт. | 20 | 20 | $\frac{22,4}{4,2}$ | $\frac{22,4}{4,2}$ | $\frac{40,0}{8,0}$ | 2 | 2 | 2 | Монтажник 5 4 3 2 | 1 1 |
| Выгрузка и установка стропильных балок | 1 шт. | 15 | 15 | $\frac{17,1}{6}$ 3,3 | $\frac{17,1}{6}$ 3,3 | $\frac{30,0}{6,0}$ | 2 | 1,5 | 1,5 | Машинист 6 | 1 1 |
| Выгрузка и установка плит покрытия | 1 шт. | 72 | 72 | $\frac{28,8}{5,04}$ | $\frac{28,8}{5,04}$ | $\frac{50,0}{10,0}$ | 2 | 2,5 | 2,5 | | |
| Выгрузка и установка колонн фахверка | 1 шт. | 6 | 6 | $\frac{6,91}{1,26}$ | $\frac{6,91}{1,26}$ | $\frac{7,0}{1,0}$ | 2 | 1 | 1 | | |
| Выгрузка и установка стеновых панелей | 1 шт. | 16 5 | 16 5 | $\frac{41,0}{6}$ 29,7 | $\frac{41,0}{6}$ 29,7 | $\frac{80,0}{59,0}$ | 2 | 4 | 4 | | |

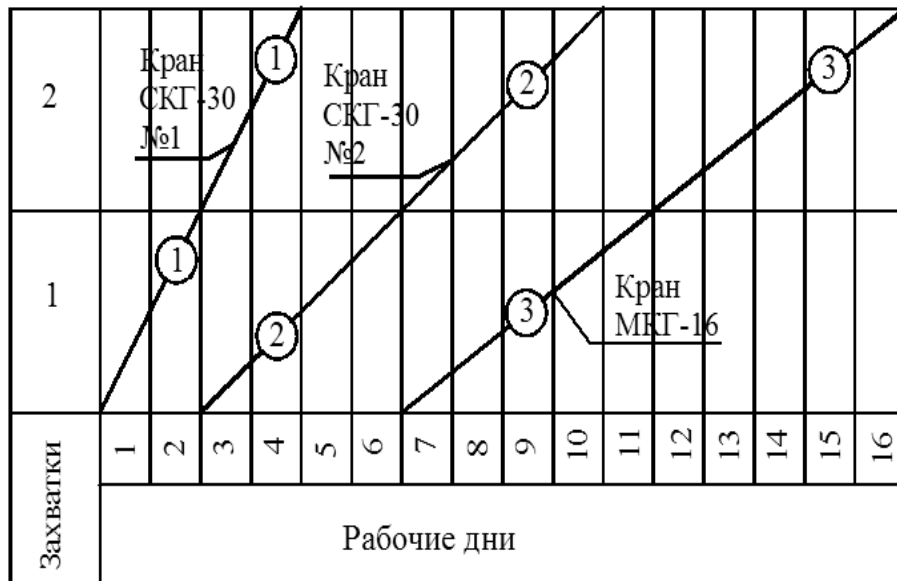


Рисунок 3.1 – Циклограмма производства работ

4 Практическое занятие «Организация и расчет ритмичных, кратноритмичных и неритмичных потоков»

Проектирование и расчет строительного потока

Параметры строительных потоков. Параметры строительных потоков подразделяются на пространственные, технологические (организационные) и временные.

Пространственные параметры.

Захватка m – часть здания или его конструктивный элемент, в пределах которого развиваются и увязываются между собой частные потоки, входящие в состав специализированного потока.

Участок – часть возводимого здания, в пределах которого развиваются взаимосвязанные специализированные потоки, входящие в состав объектного потока.

Делянка – фронт работы одной бригады.

Ярус – участок условного деления объекта по вертикали.

Технологические параметры.

Число потоков n – количество частных потоков (бригад) в составе специализированного потока.

Объем работ V – количество выполняемой работы в физических единицах измерения.

Трудоемкость Q – затраты труда на выполнение работы в человеко-днях.

Интенсивность I – количество продукции, выпускаемое строительным потоком за единицу времени.

Временные параметры.

Ритм потока t – продолжительность работы бригады на одной захватке.

Шаг потока k – промежуток времени между началом работ двух смежных частных потоков.

Период развертывания T_p – время, в течение которого в поток включаются все потоки.

Период выпуска продукции T_{np} – время, в течение которого выпускается готовая строительная продукция.

Технологический (организационный) перерыв $t_{пер}$ – промежуток времени между окончанием предыдущего и началом последнего потока.

Основные закономерности, технологическая увязка и расчет параметров ритмичных потоков

Основные закономерности:

- работу на каждой последующей захватке начинают с интервалом, равным шагу потока;
- на одной захватке может работать одна бригада (звено);
- размер каждой захватки остается неизменным для всех видов работ, выполняемых на захватках;
- после выполнения всего комплекса работ на одной захватке работы на последующих захватках заканчивают не позднее чем через интервал, равный шагу потока.

Используя временные параметры и обозначения, продолжительность ритмичного потока можно выразить следующими формулами:

$$T = T_1 + T_2; \quad (4.1)$$

$$T_1 = (n - 1) \cdot t; \quad (4.2)$$

$$T_2 = m \cdot k. \quad (4.3)$$

В ритмичном потоке $t = k$. Тогда

$$T = (n - 1) \cdot t + m \cdot t = (n + m - 1) \cdot t. \quad (4.4)$$

Циклограмма строительного потока показана на рисунке 4.1.

Так, при заданной общей продолжительности строительства T и известном количестве бригад n и захваток m величина шага потока определяется по формуле

$$t = \frac{T}{m + n - 1}. \quad (4.5)$$

Количество бригад при заданном T и принятых t и m составляет

$$n = \frac{T}{t} + 1 - m. \quad (4.6)$$

Количество захваток

$$m = \frac{T}{t} + 1 - n. \quad (4.7)$$

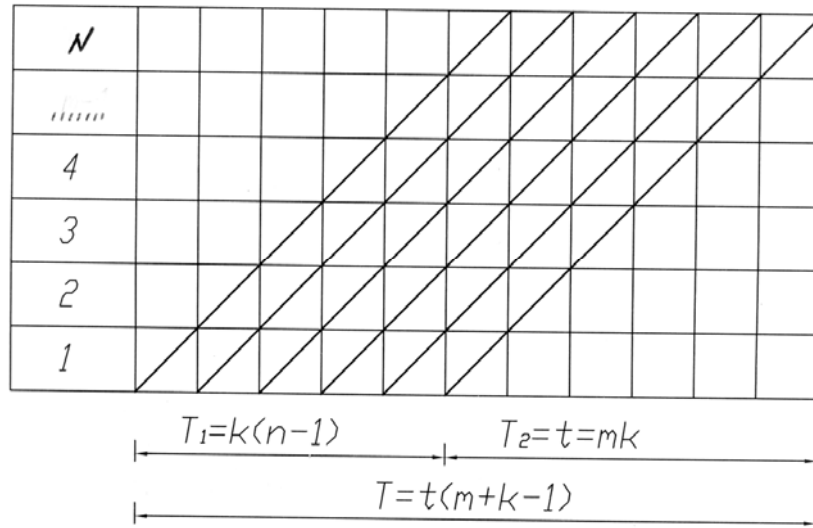


Рисунок 4.1 – Циклограмма строительного потока

Если технологический или организационный перерывы не учтены в продолжительности шага потока, то их значения включают в расчетную формулу общей продолжительности потока:

$$T = (m + n - 1) \cdot t + \sum t_{\text{пер}}. \quad (4.8)$$

Ритмичный поток можно изобразить с помощью линейного графика и циклограммы.

Пример расчета

Составить график производства работ и определить общую продолжительность выполнения работ, включенных в специализированный поток.

Исходные данные: количество бригад $n = 3$; объемы работ на захватках одинаковые; число захваток $m = 8$; ритмы работы бригад $t = k = 1$ дн.

Решение

$$T = (8 + 3 - 1) \cdot 1 = 10 \text{ дн.}$$

Строим линейный график (рисунок 4.2) и циклограмму (рисунок 4.3) равноритмичного специализированного потока.

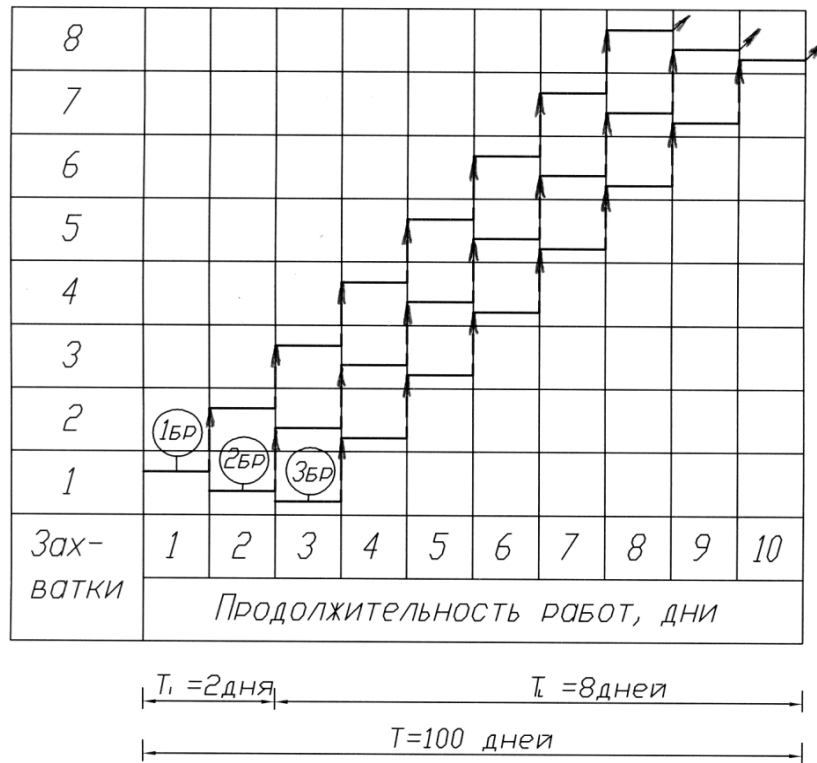


Рисунок 4.2 – Линейный график специализированного равноритмичного потока

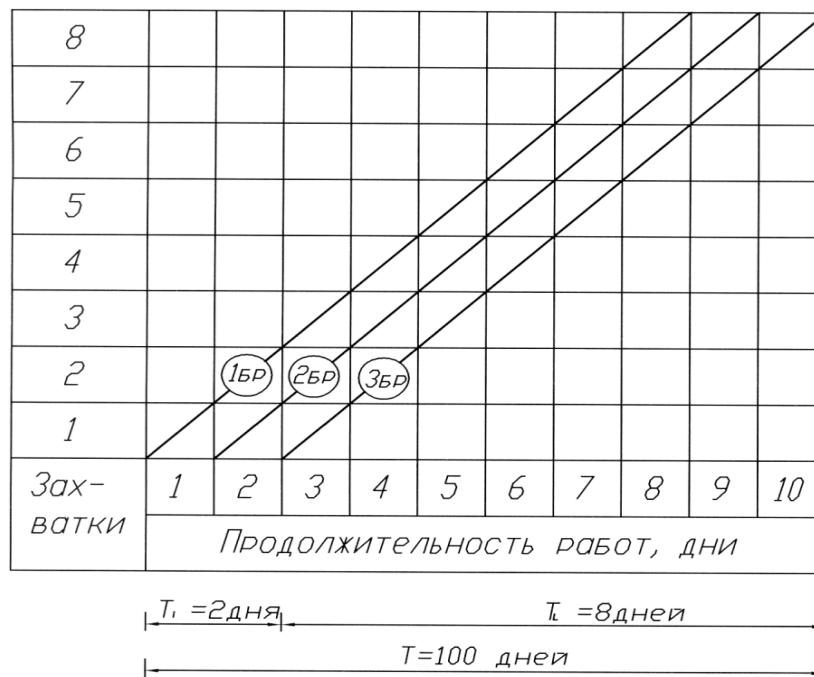


Рисунок 4.3 – Циклограмма специализированного равноритмичного потока

Организация потока с постоянным не единым, но кратным ритмом работы бригад (кратноритмичный поток)

Пример расчета

Составить график производства работ (линейный и циклограмму) и определить общий срок строительства пяти монолитных фундаментов.

Исходные данные

1 Состав работ:

- установка опалубки;
- монтаж арматурных изделий;
- укладка бетонной смеси;
- распалубка конструкций.

2 Объемы работ на захватках одинаковые.

3 Технологический перерыв между укладкой бетонной смеси и распалубкой конструкций принять равным двум дням.

4 Число захваток $m = 5$.

5 Ритмы работы бригад: $t_1 = 1$; $t_2 = 1$; $t_3 = 3$; $t_4 = 1$ дн.

Изначально произведем графическое построение специализированного потока в форме циклограммы (рисунок 4.4), что даст возможность определить основные временные параметры потока в соответствии с исходными данными.

После уравнивания потока можно будет сравнить полученную общую продолжительность потока с начальной.



Рисунок 4.4 – Циклограмма кратноритмичного потока до уравнивания

Уравнивание кратноритмичных специализированных потоков по ускоренному ритму

Линейный график и циклограмма специализированного потока при уравнивании его по ускоренному ритму показаны на рисунке 4.5.

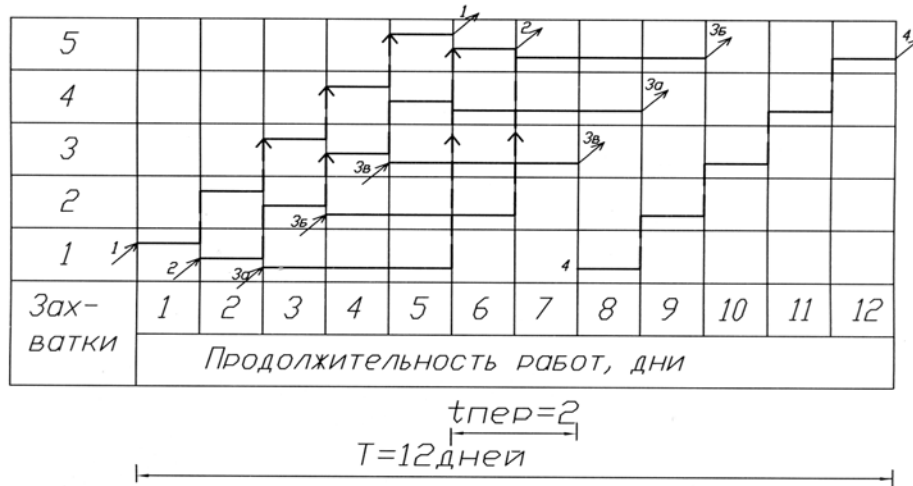
Для определения процесса с максимальным ритмом определяется общее потребное количество бригад:

$$N = \frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \frac{3}{1} = 3.$$

Общее число бригад

$$n^1 = 6 (1, 2, 3a, 3б, 3в, 4).$$

а)



б)

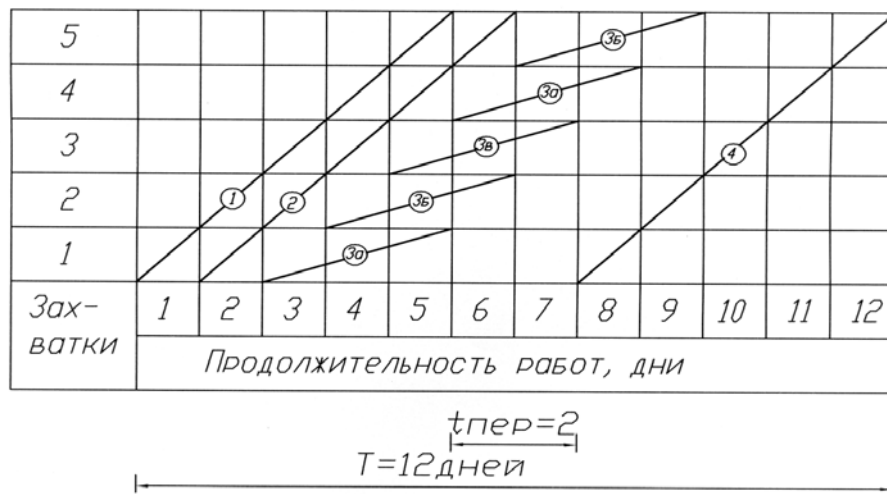


Рисунок 4.5 – Линейный график (а) и циклограмма (б) специализированного потока при уравнивании его по ускоренному ритму

Период развертывания потока

$$T_p = t_{\min} \cdot (n^1 - 1) + t_{\text{пер}}. \quad (4.9)$$

Тогда

$$T_p = 1 \cdot (6 - 1) + 2 = 7 \text{ дн.}$$

Общая продолжительность потока после уравнивания определится по формуле

$$T = t_{\min} \cdot (m + n^1 - 1) + t_{\text{пер}} \cdot \quad (4.10)$$

Отсюда

$$T = 1 \cdot (5 + 6 - 1) + 2 = 12 \text{ дн.}$$

Уравновешивание кратноритмичных специализированных потоков по замедленному ритму

Линейный график и циклограмма специализированного кратноритмичного потока при уравновешивании его по замедленному ритму показаны на рисунке 4.6.

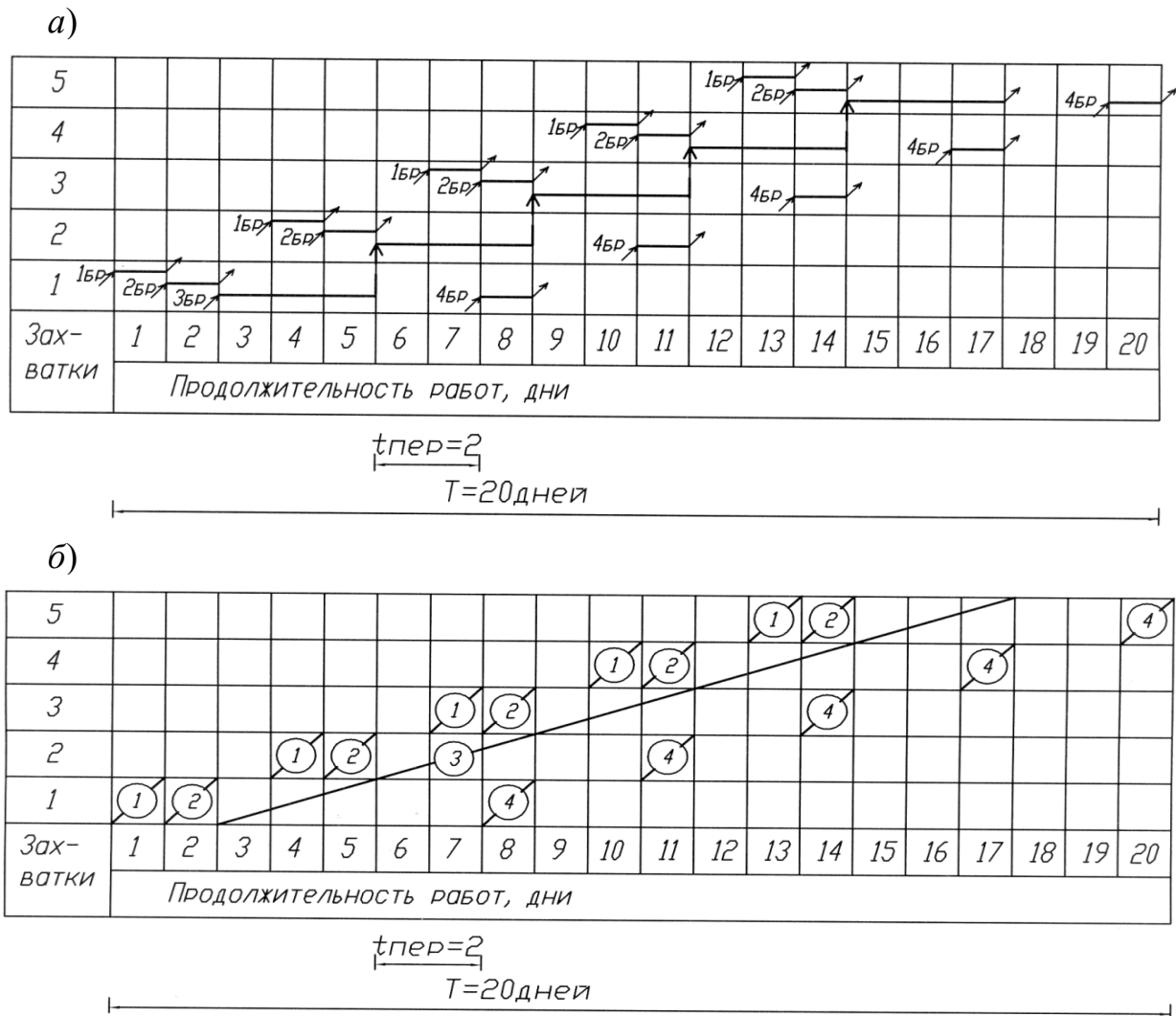


Рисунок 4.6 – Линейный график (а) и циклограмма (б) специализированного кратноритмичного потока при уравновешивании его по замедленному ритму

- Уравновешивание по замедленному ритму достигается следующими путями:
- путем введения различной сменности для выполнения различных работ;
 - путем вывода бригад на резервные объекты;

– путем введения различной системы захваток.

При выполнении первого, второго и четвертого процессов бригады после завершения установленного объема работ на соответствующих захватках высвобождаются на два дня для работы на других объектах.

Организация неритмичного потока с однородным изменением ритма

Для неритмичного потока с однородным изменением ритма необходимо определить сроки начала работы бригад потока, при этом учесть, что на одной и той же захватке одновременно не могут работать две разные бригады (основное условие потока) и одновременно не может быть необоснованного разрыва во времени между началом работы последующих бригад на одной и той же захватке. Расчет таких сроков может быть выполнен как графическим, так и аналитическим способом. Варианты заданий выдаются преподавателем и принимаются по таблице А.3.

Пример расчета

Требуется составить график производства работ (линейный и циклограмму) и определить общий срок строительства по исходным данным таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные и расчет параметров

| Бригада | Наименование параметров | Захватка | | | |
|---------|---|----------|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Ритмы работы бригад, дн. | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 2 | | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 4 | | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 1 | Сроки окончания работы бригад по захваткам, дн. | 2 | 6 | 8 | 9 |
| 2 | | 6 | 10 | 12 | 13 |
| 3 | | 10 | 14 | 16 | 17 |
| 4 | | 14 | 18 | 20 | 21 |

Расчет выполняем следующим образом.

1 Просматриваются ритмы бригад, из них выбирается наибольший (в данном случае наибольшее значение имеет ритм работ на второй захватке, который равен 4).

2 Далее определяются сроки окончания работ первой бригады по захваткам и записываются в первой строке второй части таблицы 4.1. Расчет выполняем путем последовательного сложения ритмов работ по захваткам.

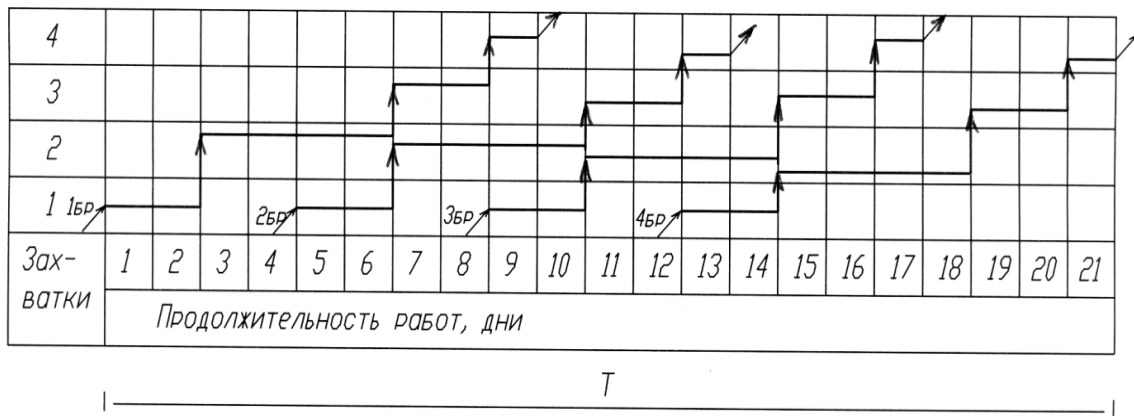
3 Определяются сроки окончания работ всех бригад по захваткам и записываются во второй части таблицы.

4 Срок окончания работ каждой последующей бригадой на первой захватке определяется сложением срока окончания работы предшествующей бригады с величиной наибольшего ритма (в данном случае эта величина равна 4). Так,

для второй бригады этот срок будет $2 + 4 = 6$; для третьей бригады: $6 + 4 = 10$; для четвертой бригады: $10 + 4 = 14$.

5 На остальных захватках сроки окончания можно определить таким же способом, прибавляя по нарастающим итогам к рассчитанному сроку окончания работ каждой бригады на первой захватке ритм работы бригады на последующих захватках (рисунок 4.7).

а)



б)

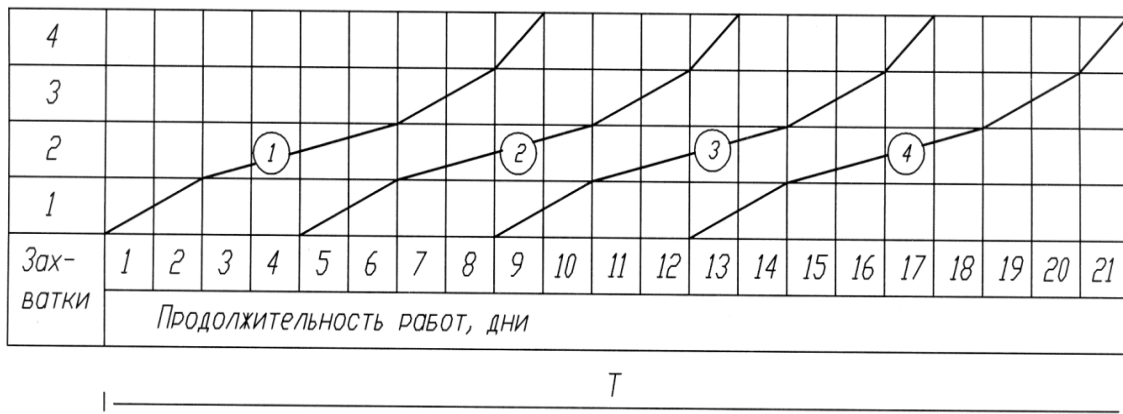


Рисунок 4.7 – Линейный график (а) и циклограмма (б) специализированного неритмичного потока с однородным изменением ритма

Расчет неритмичного потока с однородным изменением ритма с использованием матриц

Матрица – это прямоугольная таблица с пересекающимися строками и столбцами. В местах их пересечения (т. е. в клетках), над которыми можно производить математические операции, записывают исходную информацию.

Расчет с помощью матриц выполняют следующим образом.

1 Вначале составляется матрица, содержащая сведения о временных параметрах всех входящих в специализированный поток частных потоков. В середину клеток матрицы записывается продолжительность работ бригад на захватках.

2 Сначала в конце каждого столбца проставляется продолжительность ра-

боты бригад $\sum K_i$, для чего суммируется продолжительность их работ на всех захватках.

3 Затем в верхний левый угол первой клетки заносится время начала работы первой бригады на первой захватке (за начало отсчета принимают нуль), а в нижний правый угол - окончание работы бригады, которое равно времени начала работы плюс ее продолжительность.

4 Время окончания работы на первой захватке считается началом работы данной бригады на второй захватке, поэтому это время без изменений переносится в левый верхний угол второй клетки того же столбца. Суммируя это время с продолжительностью работы на второй захватке, определяют время окончания работы. Полученное время записывается в нижний правый угол второй клетки. Таким образом, рассчитывают начало и окончание работ на всех захватках первой бригады. Дальнейший расчет по столбцам ведется в зависимости от продолжительности работы бригад.

5 Если продолжительность работы последующей бригады больше продолжительности работы предыдущей, то расчет ведется сверху вниз, а если меньше, то снизу вверх.

6 Цифра в нижнем углу последней клетки матрицы показывает общую продолжительность выполнения работ.

7 После расчета параметров потока с использованием матрицы строится циклограмма потока.

Пример расчета

Дана матрица с информацией неритмичного потока с однородным изменением ритма (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Исходные данные

| Захватка | Бригада | | | |
|----------|---------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 2 | 1 | 3 |

Общая продолжительность работы второй бригады больше продолжительности работ первой бригады (8 больше, чем 4), поэтому расчет начала и окончания работ второй бригады на захватках начинается сверху вниз, т. е. с момента, когда освободится первая захватка.

Для этого из нижнего угла первой клетки первого столбца время, характеризующее окончание работ на первой захватке, переносится в левый верхний угол первой клетки второго столбца. Далее расчет аналогичен предыдущему.

Так как продолжительность работы третьей бригады меньше продолжительности работ второй бригады (4 меньше, чем 8), то расчет начала и окончания работ третьей бригады ведется снизу вверх. Поэтому вначале в левый

угол последней клетки третьего столбца переносится время окончания работ второй бригады на последней захватке. Также это время переносится в правый нижний угол вышележащей клетки, где оно соответствует окончанию работы третьей бригады на предыдущей захватке. Начало работы бригады на этой захватке определяется как разность между полученным временем и продолжительностью работы бригады на захватке. Аналогично заполняются все клетки матрицы (таблица 4.3). Общая продолжительность выполнения работ равна 19 дн.

Таблица 4.3 – Расчет неритмичного потока с однородным изменением ритма с использованием матрицы

| Захватка | Номер бригады | | | | ΣK_j | Σt_{nep_j} | $\Sigma K_j + \Sigma t_{nep_j}$ |
|--------------|---------------|---|----|----|--------------|--------------------|---------------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 6 | 7 | 7 | 3 | 10 |
| | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 0 | 3 |
| | 1 | 3 | 7 | 10 | | | 10 |
| 2 | 1 | 3 | 7 | 10 | 7 | 5 | 12 |
| | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 5 | 8 | 13 | | | 13 |
| 3 | 2 | 5 | 8 | 13 | 7 | 7 | 14 |
| | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 |
| | 3 | 7 | 9 | 16 | | | 16 |
| 4 | 3 | 7 | 9 | 16 | 7 | 9 | 16 |
| | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 6 | 3 |
| | 4 | 9 | 10 | 19 | | | 19 |
| ΣK_i | 4 | 8 | 4 | 12 | 28 | 3 | 31 |

После расчета параметров потока с использованием матрицы для наглядности этого примера построим циклограмму потока (рисунок 4.8).

| Захватка | Рабочие дни | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 4.8 – Циклограмма неритмичного потока с однородным изменением ритма, рассчитанного с использованием матрицы

Организация неритмичного потока с неоднородным изменением ритма

В таком потоке ритм работы каждой бригады по захваткам может иметь самые различные значения. В связи с этим непрерывность работы каждой отдельной бригады потока, кроме первой, может быть обеспечена главным образом за счет изменения сроков начала работ последующей бригады с учетом сроков окончания работ предшествующей. Варианты заданий выдаются преподавателем и принимаются по таблице А.3.

Рассмотрим порядок и методику расчета на примере работы трех бригад на четырех захватках. Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчет неритмичного потока с неоднородным изменением ритма

| Бригада | Наименование параметров | Захватка | | | | Продолжительность работы без учета разрыва | Часть таблицы |
|---------|---|----------|---------|---------|---------|--|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 1 | Ритмы работы бригад, дн. | 2 | 7 | 3 | 2 | 14 | 1 |
| 2 | | 5 | 2 | 4 | 2 | 13 | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 | |
| 1 | Сроки окончания работы бригад по захваткам, дн. | 1...2 | 3...9 | 10...12 | 13...14 | – | 2 |
| 2 | | 3...7 | 10...11 | 13...16 | 17...18 | – | |
| 3 | | 10...12 | 13...15 | 17...19 | 20...21 | – | |
| 2 | Величина разрыва в работе бригад между захватками | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 3 |
| 3 | | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | |

После расчета параметров потока с использованием матрицы строятся линейный график (рисунок 4.9) и циклограмма потока (рисунок 4.10).

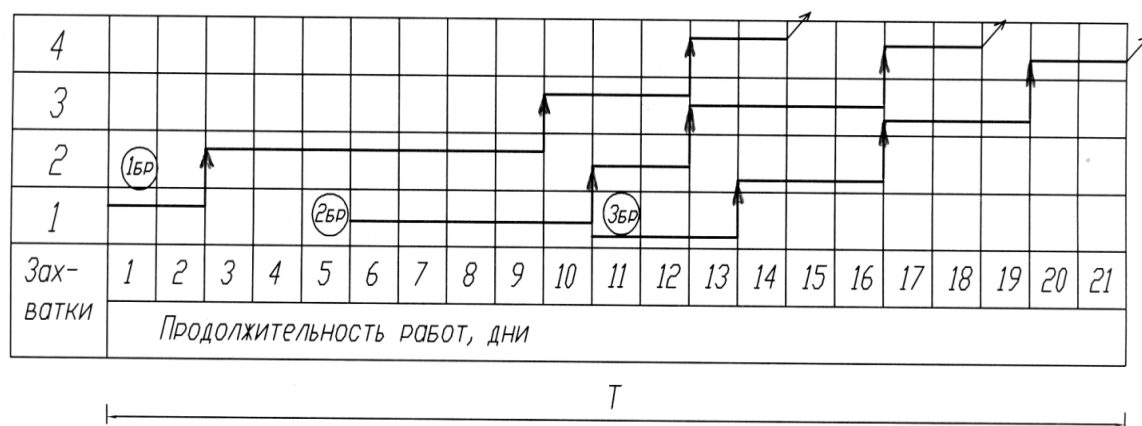


Рисунок 4.9 – Линейный график специализированного неритмичного потока с неоднородным изменением ритма

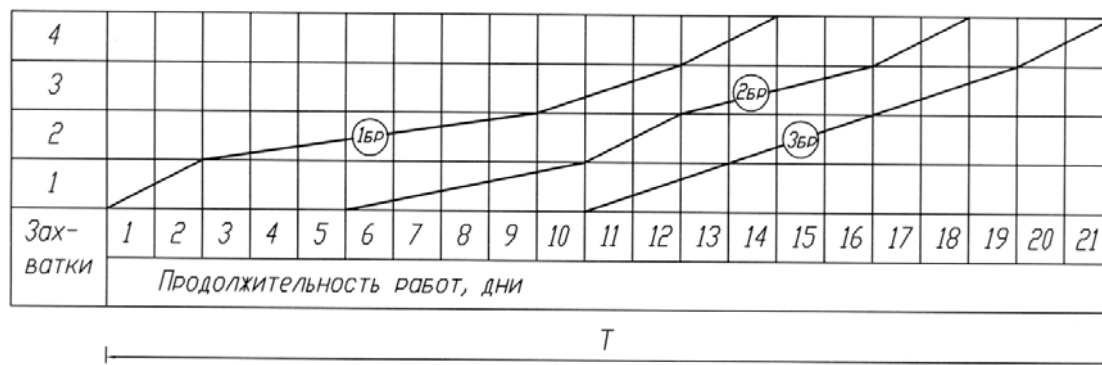


Рисунок 4.10 – Циклограмма специализированного неритмичного потока с неоднородным изменением ритма

5 Практическое занятие «Сетевые графики. Построение, расчет, применение»

Основные правила построения сетевых моделей

Сетевая модель изображается в виде графика, состоящего из стрелок и кружков или других геометрических фигур. В основе построения сети лежат два понятия: событие и работа.

Событие – это факт начала или окончания одной или нескольких работ, необходимый и достаточный для начала следующих работ. События изображаются кружками или другими геометрическими фигурами, внутри которых указывается определенный номер – код события. События ограничивают работу и по отношению к ней могут быть начальными и конечными.

Работа – это производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов и приводящий к достижению определенных результатов.

Изображается работа (рисунок 5.1) одной сплошной стрелкой, длина которой, если модель построена не в масштабе времени, произвольная. Над стрелкой указывается наименование работы, под стрелкой – продолжительность – число смен – количество исполнителей в смену.

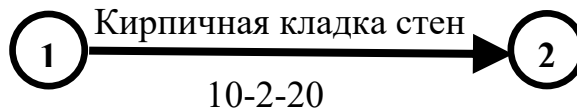
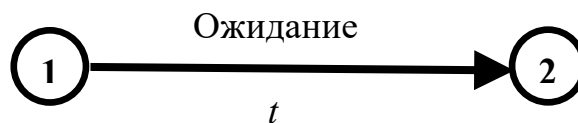


Рисунок 5.1 – Изображение работ

Ожидание – процесс, требующий затрат только времени и не потребляющий больше никаких ресурсов. Это технологические и организационные перерывы между работами. Изображается ожидание сплошной стрелкой (рисунок 5.2).



t – продолжительность ожидания

Рисунок 5.2 – Изображение ожидания

Зависимость – (фиктивная работа) вводится для отражения взаимосвязей между работами и не требует затрат никаких ресурсов. Изображается пунктирной стрелкой (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Изображение зависимости

Начальное событие работы 1 определяет начало данной работы и является конечным для всех предшествующих работ.

Конечное событие работы 2 определяет окончание данной работы и является начальным для последующих работ.

В сетевой модели есть два особых события:

1) исходное событие сетевой модели – это событие, которое не имеет предшествующих работ;

2) завершающее событие сетевой модели – это событие, которое не имеет последующих работ.

Непрерывная последовательность работ в сетевой модели образует *путь*.

Путь от исходного события до завершающего называется *полным путем*.

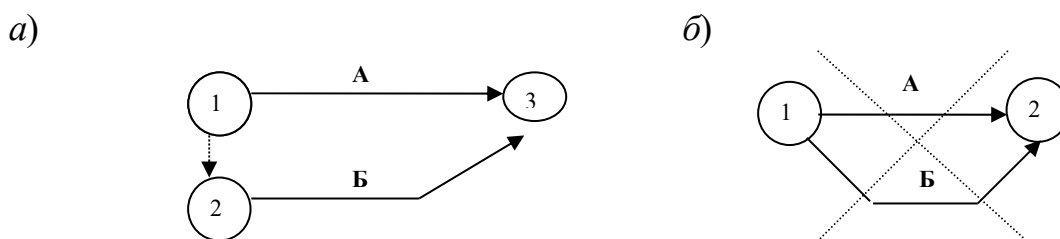
Полный путь максимальной длины называется *критическим путем* и определяет продолжительность строительства по графику.

Рассмотрим *основные правила построения сетевых моделей*.

1 Направление стрелок в сетевом графике принимается слева направо.

2 Форма графика должна быть простой, без лишних пересечений, большинство работ следует изображать горизонтальными линиями.

3 При изображении параллельных работ следует вводить в сетевой график дополнительно событие и зависимость, иначе работы будут иметь одинаковый код (рисунок 5.4).



а – правильное; б – неправильное

Рисунок 5.4 – Изображение параллельных работ

4 Если какие-либо работы можно начать после частичного выполнения предшествующей работы, то последнюю следует разбить на части, каждая из которых рассматривается как самостоятельная (рисунок 5.5).

Работу Б можно начать после выполнения 1/3 работы А, а работу В – после 2/3 работы А.

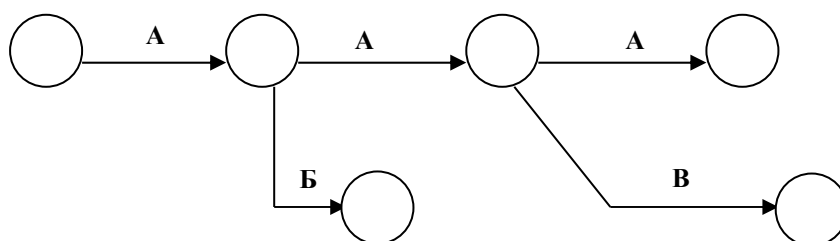


Рисунок 5.5 – Изображение сети с самостоятельной работой

5 Если после окончания работы А можно начать работу Б, после окончания работы В можно начать работу Г, а для начала работы Д необходим результат

работ А и В, то это изображается с помощью зависимостей следующим образом (рисунок 5.6).

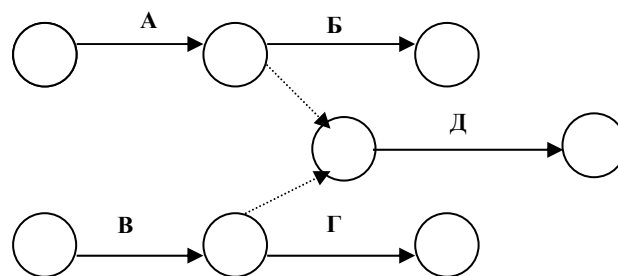


Рисунок 5.6 – Изображение сети с фиктивной зависимостью

6 В сетевом графике не должно быть «тупиков», «хвостов» и «замкнутых контуров» (рисунок 5.7).

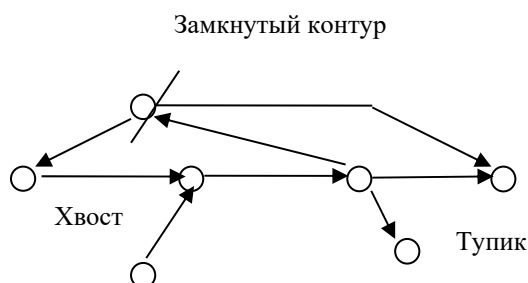


Рисунок 5.7 – Изображение замкнутого контура

Тупик – это событие, кроме завершающего, из которого не выходит ни одна работа.

Хвост – это событие, кроме исходного, в которое не входит ни одна работа.

Замкнутый контур – неправильное направление стрелок в сетевой модели, когда работы возвращаются к событию, из которого они вышли.

7 Правило изображения поточных работ (рисунок 5.8).

При изображении поточных работ особое внимание уделяется правильной разбивке работ по захваткам и выявлению взаимосвязей между работами.

На горизонтальном участке сетевой модели показывают или однородные работы на всех захватках, или весь комплекс работ на одной захватке.

При построении сетевой модели следует избегать так называемых прострелов, т. е. таких взаимосвязей между работами, когда начало нижерасположенных работ зависит не от конкретной предшествующей работы, а от всех вышерасположенных работ. Для этого все работы рекомендуется показывать со своими начальными и конечными событиями, особенно в средних рядах модели (см. рисунок 5.8, а).

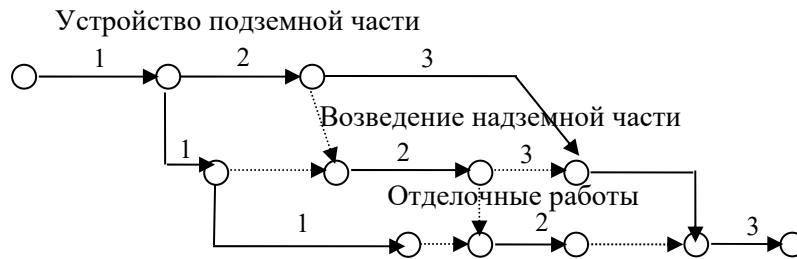
8 Нумерация событий должна соответствовать последовательности работ во времени, т. е. номер начального события работы должен всегда быть меньше номера конечного события работы.

9 Укрупнение работ на сетевой модели должно производиться с соблюде-

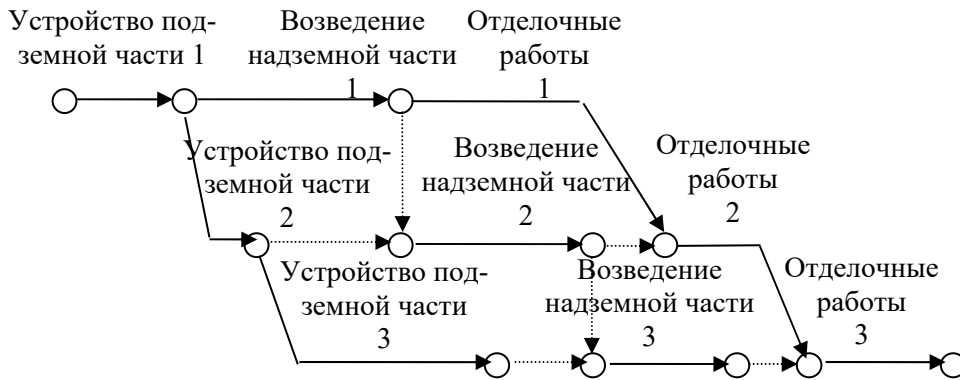
нием следующих правил:

- группа работ может быть показана как одна работа, если у нее есть одно общее начальное и одно общее конечное событие;
- укрупнять в одну работу можно только те работы, которые выполняются одним исполнителем;
- продолжительность укрупненной работы равна наибольшей продолжительности пути от начального до конечного события данной группы работ.

a)



b)



a – однородные работы на горизонтальном участке; *b* – комплекс работ на одной захватке на горизонтальном участке

Рисунок 5.8 – Изображение поточных работ

Расчет сетевых моделей

Временные параметры сетевых моделей рассчитываются согласно следующей кодировке событий (рисунок 5.9):

- $i-j$ – код рассматриваемой работы;
- $h-i$ – код предшествующей работы;
- $j-k$ – код последующей работы.

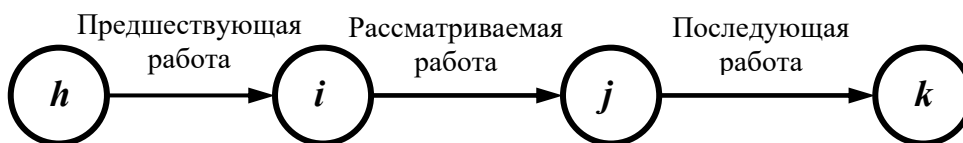


Рисунок 5.9 – Общая схема кодирования работ и событий

Расчет параметров производится по формулам

$$T_{i-j}^{pH} = \max(T_{h-i}^{pH} + T_{h-i}) = \max T_{h-i}^{pO}; \quad (5.1)$$

$$T_{i-j}^{pO} = T_{i-j}^{pH} + T_{i-j}; \quad (5.2)$$

$$T_{i-j}^{nO} = \min T_{j-k}^{nH} = \min (T_{j-k}^{nO} - T_{j-k}); \quad (5.3)$$

$$T_{i-j}^{nH} = T_{i-j}^{nO} - T_{i-j}; \quad (5.4)$$

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{nO} - T_{i-j}^{pO} = T_{i-j}^{nH} - T_{i-j}^{pH}; \quad (5.5)$$

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{pH} - T_{i-j}^{pO} = T_{j-k}^{pH} - (T_{i-j}^{pH} + T_{i-j}), \quad (5.6)$$

где T_{i-j} – продолжительность работы $i-j$;

T_{h-i} – продолжительность работы $h-i$;

T_{j-k} – продолжительность работы $j-k$;

T_{i-j}^{pH} – раннее начало работы $i-j$ – это самое раннее время начала работы $i-j$

при условии выполнения всех предшествующих работ;

T_{i-j}^{pO} – раннее окончание работы $i-j$ – это время окончания работы $i-j$ при условии, что она начата в ранние сроки;

T_{i-j}^{nH} – позднее начало работы $i-j$ – это самый поздний из допустимых сроков начала работы $i-j$, при котором не увеличивается общая продолжительность строительства по графику;

T_{i-j}^{nO} – позднее окончание работы $i-j$ – это время окончания работы $i-j$, если она начата в поздние сроки;

R_{i-j} – общий резерв времени работы $i-j$ – время, на которое можно перенести начало работы $i-j$ или увеличить ее продолжительность, не изменив общую продолжительность работ по графику;

r_{i-j} – частный резерв времени работы $i-j$ – это время, на которое можно перенести начало работы $i-j$ или увеличить ее продолжительность, не изменив при этом раннего начала последующей работы.

Частный резерв времени образуется тогда, когда в конечное событие работы входят две и более работ.

Резервы времени имеют некоторые особенности:

– если у какой-либо работы использовать общий резерв времени, то у всех последующих работ изменятся резервы времени;

– если у какой-либо работы использовать частный резерв времени, то резервы времени последующих работ не изменятся;

– при корректировке сетевых графиков по частным резервам времени

не требуется пересчета параметров сетевого графика, а при корректировке по общим резервам времени такой пересчет требуется.

Для построения сетевого графика следует произвести технологические расчеты и представить их в карточке-определителе работ и ресурсов сетевого графика в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Карточка-определитель работ и ресурсов сетевого графика

| Характеристика работы | | | | | | Основная строительная машина | | Количество смен | Число рабочих мест в смену | Состав бригады |
|-----------------------|------|-------------------|------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------|-----------------|----------------------------|----------------|
| Наименование | Шифр | Объем | | Трудоемкость, чел.-дн. | Продолжительность, дн. | Наименование | Количество | | | |
| | | Единица измерения | Количество | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

По данным карточки-определителя выполняется построение сетевого графика и его расчет секторным и табличным способами.

Секторный метод расчета сетевых моделей

При расчете модели секторным методом каждое событие делится на четыре сектора (рисунок 5.10) и все результаты расчета записываются непосредственно на самом графике. Этот способ является наиболее наглядным, но при корректировке необходимо строить новую модель.



Рисунок 5.10 – Изображение события

Порядок расчета

1 Нумеруем все события.

2 По формуле (5.1) определяем значения ранних начал работ и записываем их в левый сектор начального события работы. Раннее начало исходного события сетевой модели принимается равным нулю. Одновременно заполняем нижний сектор события, куда проставляется номер начального события предшествующей работы, через которую определено раннее начало работы.

3 В завершающем событии сетевого графика значение левого сектора определяет срок строительства по графику, поэтому оно приравнивается зна-

чению позднего окончания последней работы графика, т. е. в завершающем событии значения левого и правого секторов должны быть одинаковыми.

4 Правые сектора заполняем, вычитая из значения правого сектора конечного события работы продолжительность работы, и если из события выходят несколько работ, то расчет производим для каждой работы и из всех значений выбираем наименьшее. Расчет ведем от завершающего события сетевого графика к исходному, двигаясь против направления стрелок. При правильном расчете в исходном событии сетевого графика в обоих секторах получаются нулевые значения.

5 Общий резерв времени определяем вычитанием из значения правого сектора конечного события работы значения левого сектора начального события работы и продолжительности этой работы.

6 Частный резерв времени определяем вычитанием из значения левого сектора конечного события работы значения левого сектора начального события работы и ее продолжительности. Если у работы значения правого и левого секторов конечного события работы равны, то значения общего и частного резервов времени одинаковые.

7 Определяем критические работы (общий и частный резервы времени равны нулю) и отмечаем на графике критический путь. Критический путь должен проходить от исходного до завершающего события сетевого графика.

Табличный метод расчета сетевых моделей

Для расчета сетевых моделей табличным методом предварительно составляется таблица, в которую заносятся коды всех работ в порядке возрастания номеров начальных событий работ, продолжительность работ (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Расчет сетевых моделей

| Код предшествующей работы $h-i$ | Код работы $i-j$ | Продолжительность работы T_{i-j} | Срок работы | | | | Резерв работы | | Отметка критических работ |
|---------------------------------|------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|--|---------|---------------------------|
| | | | ранний | | поздний | | общий (гр. 6 – гр. 4), (гр. 7 – гр. 5) | частный | |
| | | | начало работы | окончание работы (гр. 3 + гр. 4) | начало работы (гр. 3 – гр. 7) | окончание работы | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Расчет всех параметров производится в следующем порядке.

1 Следует проанализировать сетевую модель и определить для каждой работы наличие предшествующих работ.

2 Для работ, не имеющих предшествующих работ, раннее начало принимается равным нулю. Раннее окончание работ определяется по формуле (5.2).

3 Раннее начало других работ определяется по формуле (5.1). Максимальное значение ранних начал определяет продолжительность строительства по графику.

4 Для всех работ, не имеющих последующих работ, принимаем позднее окончание равным продолжительности строительства по графику. Позднее начало работ определяем по формуле (5.4). Расчет проводим с конца таблицы к началу.

5 Позднее окончание предшествующих работ определяем по формуле (5.3).

6 Общий резерв времени определяем по формуле (5.5), вычитая из позднего начала работы ее раннее начало или из позднего окончания раннее окончание.

7 Частный резерв времени рассчитывается по формуле (5.6). Сопоставляем определенные значения резервов времени работ. Значения частного резерва времени не могут превышать значения общего резерва времени.

Выявляем критические работы, у которых отсутствуют резервы времени. Эти работы должны составить хотя бы один полный путь от исходного до завершающего события.

Построение сетевых графиков в масштабе времени

После того как график рассчитан, возникает необходимость построить его в более наглядной и удобной для использования на любом уровне управления форме, т. е. в масштабе времени.

Перевод безмасштабного графика в масштабный может быть выполнен двумя способами:

- 1) с сохранением сетевой модели;
- 2) переводом сетевого графика в линейный.

В первом случае график перечерчивают, располагая события в строгом соответствии с их ранними началами. Второй метод используется реже, т. к. он менее нагляден.

Для построения сетевого графика в масштабе времени необходимо выполнить следующее.

1 Определяется календарное время начала работ.

Целесообразно начинать строительство объекта в весенне-летние месяцы, т. к. первоначально выполняются земляные и бетонные работы, производство которых зимой приводит к удорожанию строительства.

2 Вычерчивается календарная шкала, количество порядковых дней в которой соответствует продолжительности строительства по графику. Календарные дни (даты) на ней указываются без учета выходных и праздничных дней. Календарная шкала будет иметь следующий вид (рисунок 5.11).

3 Сохраняя технологию, вычерчивают сетевую модель так, чтобы каждое событие располагалось согласно времени раннего начала работы.

4 На графике, построенном в масштабе времени, длина любой стрелки T (работы или зависимости) равна сумме продолжительностей работы t и ее частного резерва времени: $t_p - T = t + t_p$. Поэтому для работ, имеющих частные резервы времени, необходимо на стрелке выделить продолжительность работы t .

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|-------|
| Годы | 2022 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Месяцы | Июнь | | | | | | | | | | Июль | | | | | | |
| Календарные дни | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 1 | 2 | 4 | 5 | 8 | 9 | 10... |
| Порядковые дни | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17... |

Рисунок 5.11 – Форма календарной линейки

Пример расчета

На основании определенной номенклатуры и объемов работ (см. таблицу 2.4), выбранных методов производства работ, основных строительных машин и механизмов, расчета трудоемкости (см. таблицу 2.5) составляется карточка-определитель работ и ресурсов (таблица 5.3) и строится сетевой график. Затем выполняется оформление сети (кодируются работы, проставляются наименование и объемы, продолжительность, количество рабочих, сменность) и расчет секторным методом (рисунок 5.12).

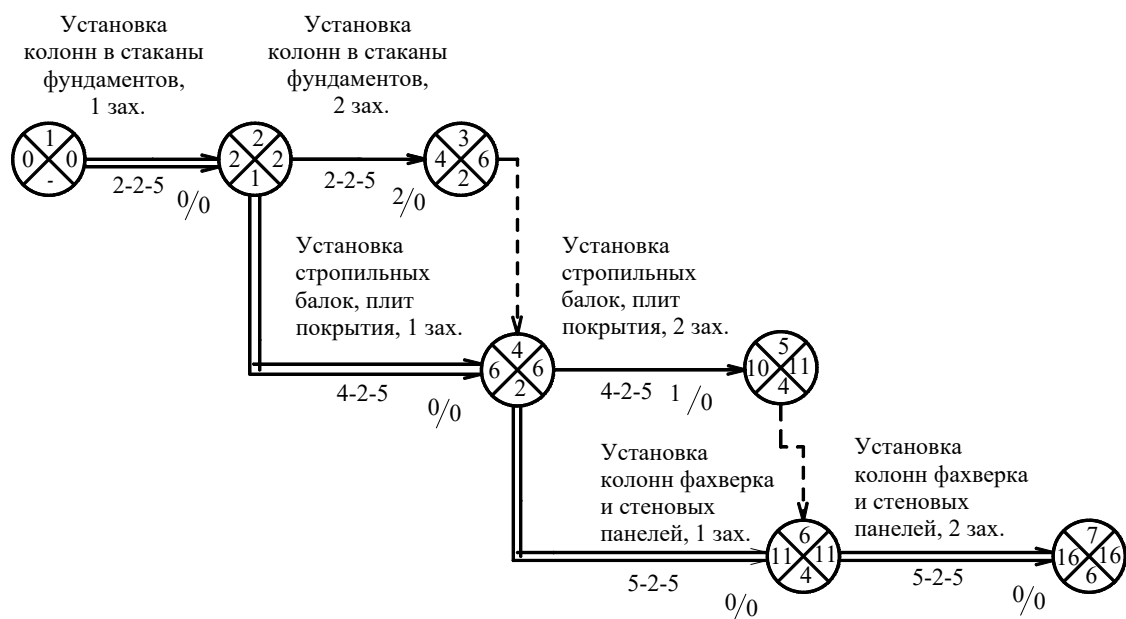


Рисунок 5.12 – Расчет сетевой модели секторным методом

Расчет сетевой модели табличным методом выполнен в таблице 5.4.

Построение сетевого графика в масштабе времени представлено на рисунке 5.13.

Таблица 5.3 – Карточка-определитель работ и ресурсов сетевого графика

| Наименование | Характеристика работы | | | | Основная строительная машина | | | Число рабочих мест в смену | Состав бригады | |
|--|-----------------------|-------------------|-----------------|------------------------|------------------------------|--------------|------------|----------------------------|----------------|---|
| | Шифр | Объем | | Трудоёмкость, чел.-дн. | Продолжительность, дн. | Наименование | Количество | | | |
| | | Единица измерения | Количество | | | | | | | |
| Установка колонн в стаканы фундаментов, первая захватка | 1-2 | шт. | 20 | 22,4 | 2 | Кран СКГ-30 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |
| Установка колонн в стаканы фундаментов, вторая захватка | 2-3 | шт. | 20 | 22,4 | 2 | Кран СКГ-30 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |
| Установка стропильных балок и плит перекрытия, первая захватка | 2-4 | шт. | $\frac{15}{72}$ | 46,0 | 4 | Кран СКГ-30 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |
| Установка стропильных балок и плит перекрытия, вторая захватка | 4-5 | шт. | $\frac{15}{72}$ | 46,0 | 4 | Кран СКГ-30 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |
| Установка колонн факел и стеновых панелей, первая захватка | 4-6 | шт. | $\frac{6}{165}$ | 48,0 | 5 | Кран МКГ-16 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |
| Установка колонн факел и стеновых панелей, вторая захватка | 6-7 | шт. | $\frac{6}{165}$ | 48,0 | 5 | Кран МКГ-16 | 1 | 2 | 5 | Монтажник 5 р. – 1; 4 р. – 1; 3 р. – 2; 2 р. – 1 Машинист 6 р. – 1 |

Таблица 5.4 – Расчет сетевого графика

| Код предшествующей работы $h-i$ | Код работы $i-j$ | Продолжительность работы T_{i-j} | Срок работы | | | | Резерв работы | | Отметка критических работ |
|---------------------------------|------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------|--|---------|---------------------------|
| | | | ранний | | поздний | | общий (гр. 6 – гр. 4), (гр. 7 – гр. 5) | частный | |
| | | | начало работы | окончание работы (гр. 3 + гр. 4) | начало работы (гр. 3 – гр. 7) | окончание работы | | | |
| 1 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| – | 1–2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | + |
| 1–2 | 2–3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 2 | 0 | – |
| 1–2 | 2–4 | 4 | 2 | 6 | 2 | 6 | 0 | 0 | + |
| 2–3 | 3–4 | 0 | 4 | 4 | 6 | 6 | 2 | 2 | – |
| 2–4 | 4–5 | 4 | 6 | 10 | 7 | 11 | 1 | 0 | – |
| 2–4 3–4 | 4–6 | 5 | 6 | 11 | 6 | 11 | 0 | 0 | + |
| 4–5 | 5–6 | 0 | 10 | 10 | 11 | 11 | 1 | 1 | – |
| 4–6 5–6 | 6–7 | 5 | 11 | 16 | 11 | 16 | 0 | 0 | + |

| Год | 2013 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| Месяцы | МАРТ | | | | | | | | АПРЕЛЬ | | | | | | | |
| Календарные дни | 20 | 21 | 22 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9 | 10 |
| Порядковые дни | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

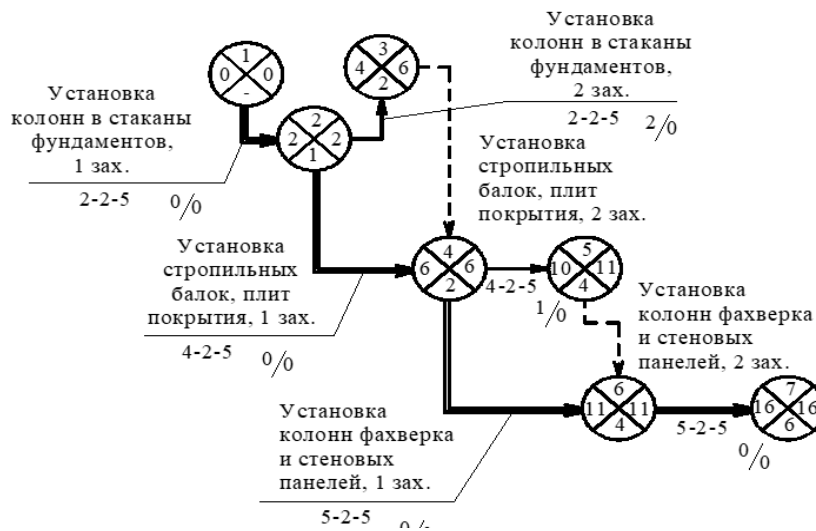


Рисунок 5.13 – Построение сетевого графика в масштабе времени

6 Практическое занятие «Определение нормативной и фактической продолжительности строительства объекта»

Нормативная продолжительность строительства определяется в соответствии с [1] на основании норм продолжительности строительства зданий, сооружений, инженерно-технических и транспортных коммуникаций, установленных соответствующими ТНПА с учетом конкретных условий строительства и основных характеристик объекта: назначения, конструктивного решения, объема, площади, мощности и других показателей.

Нормативная продолжительность строительства, определенная в месяцах, включает продолжительность: подготовительного периода, возведения объекта, монтажа оборудования, включая индивидуальные испытания, комплексное опробование и необходимые пусконаладочные работы, а также приемки объекта строительства в эксплуатацию, утверждения акта приемки объекта в эксплуатацию.

Нормативная продолжительность строительства объектов, мощность, объем или другой показатель, который отличается от значений, приведенных в таблицах норм продолжительности строительства объектов, и находится в интервале между ними, определяется интерполяцией, а за пределами максимальных или минимальных значений норм – экстраполяцией. При определении нормативной продолжительности строительства объектов интерполяцией и экстраполяцией, а также расчетным путем результат округляется до 0,5 мес.

Задача 1. Определить нормативную продолжительность строительства кинотеатра на 800 мест со следующими характеристиками: объем здания – 17 тыс. м³, каркасно-панельное.

Согласно ТКП 45-1.03–124 [2] нормативная продолжительность строительства составляет 17 мес.

Метод интерполяции применяется, если значения параметров находятся между максимальными и минимальными значениями норм.

Задача 2. Определить продолжительность строительства школы на 25 классов. Объем здания – 25 тыс. м³, здание крупнопанельное.

Решение

Определяем нормативную продолжительность строительства здания школы объемом 20 и 30 тыс. м³ согласно ТКП 45-1.03–123 [3]: соответственно 8 и 11 мес.

Продолжительность строительства на единицу прироста объема здания:

$$\frac{11 - 8}{30 - 20} = 0,3 \text{ мес.}$$

Прирост объема здания: $25 - 20 = 5$ тыс. м³.

Определяем нормативную продолжительность строительства здания школы методом интерполяции: $T_n = 8 + 0,3 \cdot 5 = 9,5$ мес.

Метод экстраполяции применяется, если значения параметров находятся за пределами максимальных и минимальных значений норм.

Задача 3. Определить продолжительность строительства здания ЗАГСа объемом 15 тыс. м³, здание монолитное каркасное со стеновым заполнением непрозрачными и светопрозрачными конструкциями.

Решение

Определяем нормативную продолжительность строительства здания ЗАГСа объемом 12 тыс. м³. Согласно ТКП 45-1.03–211 [4] она составляет 12 мес.

Увеличение объема в процентах:

$$\frac{15 - 12}{12} \cdot 100 \% = 25 \%$$

Изменение нормы продолжительности строительства $25 \cdot 0,3 = 7,5 \%$.

Здесь 0,3 – коэффициент изменения продолжительности строительства на каждый процент изменения объема.

Нормативная продолжительность строительства здания:

$$T_n = 12 \cdot \frac{(100 + 7,5)}{100} = 12,9 \text{ мес.}$$

Метод ступенчатой экстраполяции применяется, если значения параметров находятся за пределами максимальных и минимальных значений норм больше или меньше удвоенного значения.

Задача 4. Определить продолжительность строительства здания молочно-товарной фермы на 2100 голов. Согласно ТКП 45-1.03–125 [6], максимальное значение нормы соответствует продолжительности строительства здания молочно-товарной фермы на 1000 голов – 20 мес.

Решение

Определяем нормативную продолжительность строительства здания в 2000 голов (удвоенное максимальное значение показателя) методом экстраполяции:

$$T_1 = 20 \cdot \frac{100 + (100 \cdot 0,3)}{100} = 26 \text{ мес.}$$

Рассчитываем нормативную продолжительность строительства здания на 2100 голов методом экстраполяции, исходя из полученной нормативной продолжительности строительства фермы с 2000 голов – 26 мес.

Изменение количества голов: $(2100 - 2000) : 2000 \cdot 100 = 5 \%$.

Изменение продолжительности строительства: $5 \cdot 0,3 = 1,5 \%$.

Здесь 0,3 – коэффициент изменения продолжительности строительства на каждый процент изменения количества голов.

Нормативная продолжительность строительства фермы на 2100 голов: $T_n = 26 \cdot (100 + 1,5) : 100 = 26,39 = 26,4 \text{ мес.}$

Фактическая планируемая продолжительность строительства объекта определяется в результате построения календарного плана производства работ

на весь период строительства, включая подготовительный и сдачу объекта в эксплуатацию. Далее фактическую продолжительность строительства сопоставляют с нормативной продолжительностью и в случае, если фактическая продолжительность больше нормативной, производят корректировку сетевого графика по времени. Если фактическая меньше нормативной, то рассчитывают экономический эффект от досрочного ввода в эксплуатацию. Варианты заданий для самостоятельной работы студентов приведены в таблице А.4.

7 Практическое занятие «Оптимизация сетевых графиков по времени и трудовым ресурсам, материалам и машинам»

Рассмотрим пример корректировки сетевого графика по времени и трудовым ресурсам на основании исходных данных, представленных в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные для построения, расчета фрагмента сетевой модели и выполнения ее корректировки

| Наименование объекта или вида работ | Число захваток | Наименование работ | Продолжительность выполнения работы на одной захватке | Количество исполнителей | Число смен в сутки |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|---|-------------------------|--------------------|
| Нулевой цикл | 4 | Земляные работы | 2 | 4 | 2 |
| | | Устройство свайного фундамента | 4 | 6 | 2 |
| | | Устройство ростверка | 5 | 4 | 2 |
| | | Обратная засыпка | 2 | 4 | 1 |

На рисунке 7. 1 представлен сетевой график для выполнения корректировки.

1 Определяем величину α , на которую нужно сократить продолжительность строительства, чтобы решить поставленную задачу:

$$\alpha = T_{пл} - T_{зад} = 28 - 25 = 3 \text{ дня.}$$

2 Вычисляем на графике все работы, у которых общий резерв времени меньше или равен 3. В данном случае это все критические работы: 1-2, 2-6, 6-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-19, 19-20 (резервы равны нулю), а также работы 2-3; 6-7; 7-8; 8-9 (общий и частный резервы времени меньше или равны трем).

3 Из приведенных выше работ составим все возможные полные пути:

1-2-6-10-11-12-13-19-20 – критический путь;

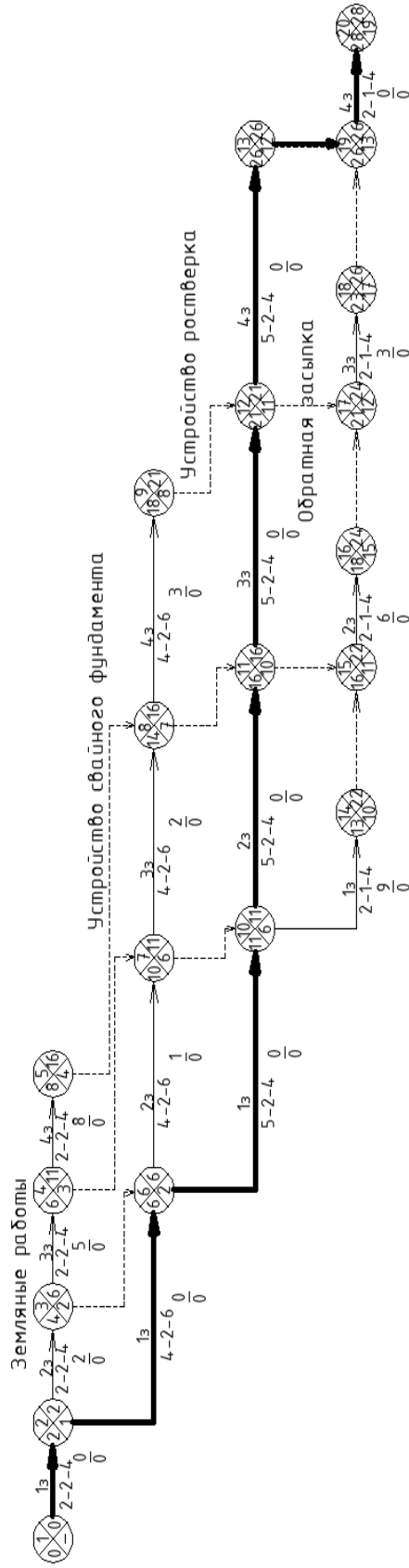
1-2-3-6-10-11-12-13-19-20 – подкритический путь;

1-2-3-6-7-8-11-12-13-19-20 – подкритический путь;

1-2-3-6-7-8-9-12-13-19-20 – подкритический путь.

4 Находим критические работы, общие для всех этих путей. Это работы 1-2; 12-13; 13-19; 19-20. Изменив продолжительность одной из этих работ на величину α , достигнем желаемого результата.

а)



б)

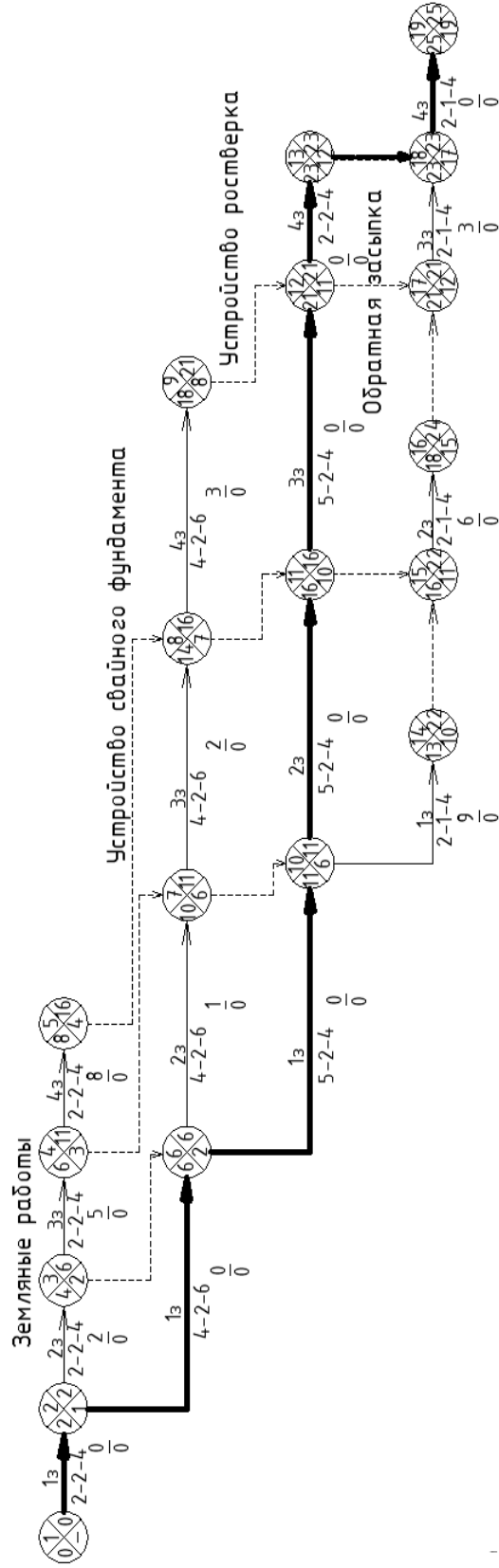


Рисунок 7.1 – Исходный сетевой график (а) и откорректированная по времени модель (б)

5 Уменьшим продолжительность работы 12-13 на величину α :

$$T_{12-13}^1 = T_{12-13} - \alpha = 5 - 3 = 2 \text{ дн.}$$

6 Определим количество исполнителей на работе T_{12-13}^1 :

$$N_{12-13} = (5 \cdot 2 \cdot 4) / (2 \cdot 2) = 10 \text{ чел.}$$

На данную работу необходимо дополнительно привлечь $10 - 5 = 5$ чел.

Необходимые ресурсы могут быть сняты с однородных работ, имеющих частные резервы времени или привлечены дополнительно.

7 Затем пересчитаем модель, приняв продолжительность работы 12-13, равной 2 дня, и убедимся, что цель достигнута.

Для проведения корректировки сетевого графика по трудовым ресурсам построим сетевой график в масштабе времени и график движения трудовых ресурсов (рисунок 7.2).

1 По графику движения рабочих определяем максимальное количество рабочих, занятых на строительстве – 28 чел. Проанализируем график и определим, сможет ли бригада численностью 24 чел. выполнить указанные работы.

2 Определим интервал времени, где количество рабочих по графику превышает численность бригады – это интервал от 4 по 10 события.

3 В интервале от 4 по 10 событие выполняются работы:

а) 4-5: $R = 8, r = 0$;

б) 6-7: $R = 1, r = 0$;

в) 6-10: $R = 0, r = 0$ – критическая.

4 Корректировку будем проводить за счет резервов работы 4-5.

5 Увеличим продолжительность работы 4-5 на 2 дня; новая численность исполнителей (рисунок 7.3):

$$N_{4-5}^1 = (2 \cdot 2 \cdot 4) / (4 \cdot 2) = 2 \text{ чел.}$$

Варианты заданий для самостоятельной работы студентов приведены в таблице А.5, необходимые данные для корректировки сетевого графика по времени выдает преподаватель индивидуально.

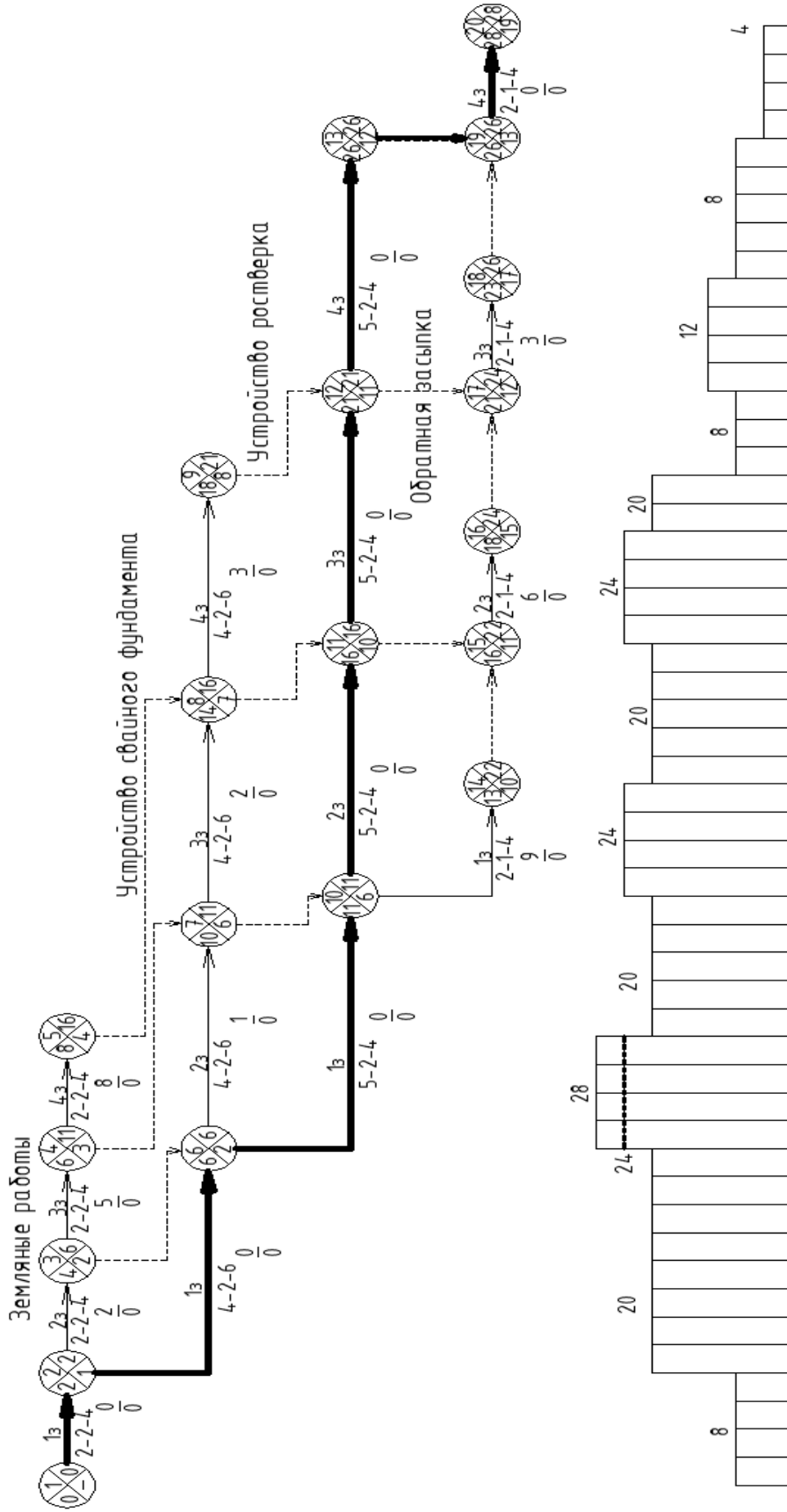


Рисунок 7.2 – Исходная модель сетевого графика до корректировки по трудовым ресурсам

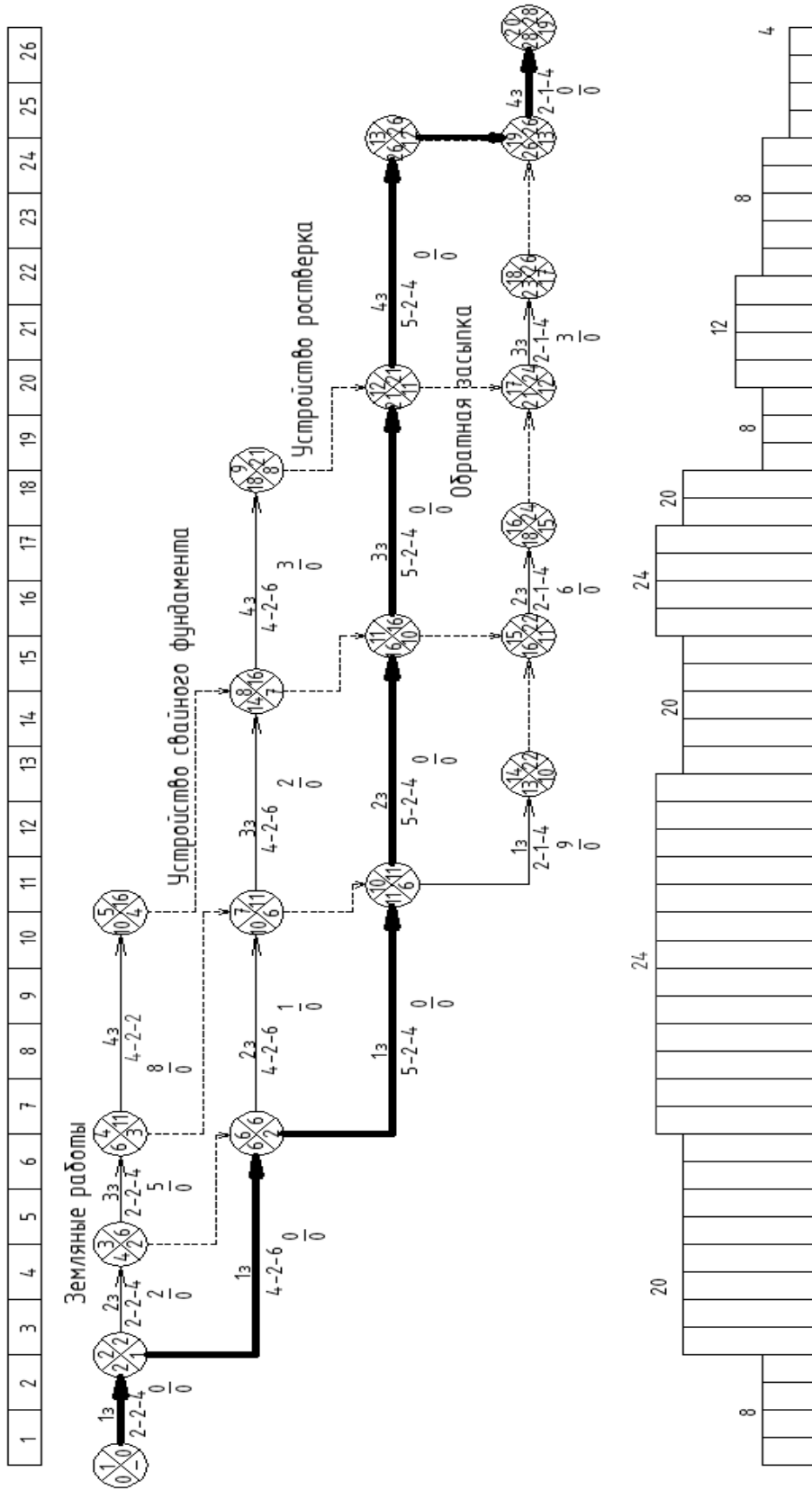


Рисунок 7.3 – Сетевой график и график движения трудовых ресурсов после корректировки

Список литературы

- 1 **Михайлов, А. Ю.** Организация строительства. Календарное и сетевое планирование: учебное пособие / А. Ю. Михайлов. – 2-е изд. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 300 с.
- 2 **Гусакова, А. Е.** Основы организации и управления в строительстве: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры: в 2 ч. / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. – Москва: Юрайт, 2017. – Ч. 1. – 258 с.
- 3 **Михайлов, А. Ю.** Технология и организация строительства. Практикум: учебно-практическое пособие / А. Ю. Михайлов. – 2-е изд., доп. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 200 с.
- 4 **СН 45-1.03-161–2009***. Организация строительного производства. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2019. – 62 с.
- 5 **ТКП 45–1.03–122–2015***. Нормы продолжительности строительства зданий и сооружений. Основные положения – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2018. – 17 с.
- 6 **ТКП 45-1.03-124–2008**. Нормы продолжительности строительства объектов культуры и спорта. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 18 с.
- 7 **ТКП 45-1.03-123–2008**. Нормы продолжительности строительства объектов здравоохранения и образования. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 23 с.
- 8 **ТКП 45-1.03-211–2010**. Нормы продолжительности строительства гостиниц, зданий административных учреждений, объектов торговли и других общественных зданий и сооружений. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2010. – 44 с.
- 9 **ТКП 45-1.03-125–2008**. Нормы продолжительности строительства объектов агропромышленного комплекса. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 43 с.
- 10 **СН 03.04–2020**. Организация строительного производства. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2021. – 43 с.
- 11 НЗТ. Сб. 1: Внутрипостроечные транспортные работы. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 32 с.
- 12 НЗТ. Сб. 3: Каменные работы. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 43 с.
- 13 НЗТ. Сб. 4: Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1: Здания и промышленные сооружения. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 97 с.
- 14 НЗТ. Сб. 22: Сварочные работы. Вып. 1: Конструкции зданий и промышленных сооружений. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва РБ, 2009. – 45 с.

Приложение А (рекомендуемое)

Таблица А.1 – Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практическом занятии по теме «Формирование структуры управления строительной организацией»

| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------|--|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Тип управленческой структуры | Линейная структура аппарата управления | | | | | | | |
| Вид предприятия | Строительный трест | Домостроительный комбинат | Строительное управление | Проектный институт | Строительный трест | Домостроительный комбинат | Строительное управление | Проектный институт |

Таблица А.2 – Составляющие структур управления строительными предприятиями

| Вариант | Примерные составляющие структур управления строительными предприятиями |
|---------------------------------|--|
| Домостроительный комбинат (ДСК) | Директор ДСК, главный инженер, производственно-технический отдел, отдел главного механика, оперативно-диспетчерский отдел, отдел главного энергетика, плановый отдел, лаборатория, главные специалисты, группа контроля качества, сметно-договорной отдел и группа маркетинга, бухгалтерия, главный экономист, заместитель директора по административным и социальным вопросам, отдел кадров, административно-хозяйственная часть, заводы по производству конструкций и деталей, транспортные и заготовительно-складские цеха, строительные-монтажные участки |
| Строительное управление (СУ) | Начальник СУ, главный инженер, плановый отдел, заместитель начальника по снабжению, главный экономист, производственно-технический отдел, бухгалтерия, строительные участки, группа маркетинга, инженер по технике безопасности, главный механик, отдел труда и заработной платы, отдел снабжения |
| Строительный трест | Управляющий трестом, главный инженер, сметно-договорной отдел, специалист по материальному обеспечению, заместитель по административным и социальным вопросам, производственно-технический отдел, главный экономист, отдел кадров и социального развития, служба маркетинга, плановый отдел, оперативно-диспетчерский отдел, отдел организации и охраны труда, бухгалтерия, группа контроля качества, строительная лаборатория, управляющие проектами, управление механизации и автотранспорта, строительные управления и участки, административно-хозяйственная часть |

Окончание таблицы А.2

| Вариант | Примерные составляющие структур управления строительными предприятиями |
|--------------------|--|
| Проектный институт | Директор проектного института, главный инженер, технический отдел, бюро главных инженеров проектов, планово-производственный отдел, отдел организационно-кадровой и правовой работы, бухгалтерия, группа научно-технической информации, архитектурно-конструкторские отделы, отдел топогеодезии, отдел инженерной геологии, отдел водоснабжения и канализации, отдел теплоснабжения и вентиляции, отдел газоснабжения, отдел связи и сигнализации, отдел электроснабжения и электрооборудования, отдел технологических работ, отдел смет и организации строительства, отдел вертикальной планировки, отдел экологии, отдел автоматизированных систем, редакционно-издательский отдел, служба транспортного обеспечения, отдел материально-технического снабжения и хозяйственного обслуживания |

Таблица А.3 – Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практическом занятии по теме «Организация и расчет ритмичных, кратноритмичных и неритмичных потоков»

| Вариант | Общее число захваток <i>m</i> | Процесс <i>n</i> | Ритм работы бригад на захватках <i>t</i> , дн. | | | | | | Вариант | Общее число захваток <i>m</i> | Процесс <i>n</i> | Ритм работы бригад на захватках <i>t</i> , дн. | | | | |
|---------|-------------------------------|------------------|--|---|---|----|---|---|---------|-------------------------------|------------------|--|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| | | 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 3 | 4 | 5 | 2 | | | |
| | | 4 | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 4 | 6 | 7 | 1 | 2 | | |
| | | 5 | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 1 | 2 | 1 | 5 | | | |
| 2 | 6 | 1 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | 6 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | | |
| | | 2 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | | | 3 | 4 | 2 | 7 | | |
| | | 3 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | | | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| | | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | | | 3 | 1 | 5 | 2 | 3 | |
| | | 5 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | | | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| | | 6 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | | | 4 | 5 | 5 | 9 | 6 | 3 |
| 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 1 | 5 | | 8 | 5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 6 | 3 | |
| | | 2 | 3 | 4 | 1 | 5 | | | | 2 | 4 | 1 | 5 | 1 | 2 | |
| | | 3 | 3 | 4 | 1 | 5 | | | | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | |
| | | 4 | 3 | 4 | 1 | 5 | | | | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | |
| 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 7 | 10 | 1 | 9 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | |
| | | 2 | 2 | 1 | 7 | 10 | 1 | | | 1 | 5 | 6 | | | | |
| | | 3 | 2 | 1 | 7 | 10 | 1 | | | 2 | 6 | 2 | | | | |

Таблица А.4 – Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практическом занятии по теме «Определение нормативной и фактической продолжительности строительства объекта»

| Номер варианта | Условие задачи |
|----------------|---|
| 1 | Определите нормативную продолжительность строительства здания районного отделения банка на 35 сотрудников со следующими характеристиками: объем здания – 5 тыс. м ³ , здание кирпичное |
| 2 | Определите нормативную продолжительность строительства здания научной библиотеки на 3 млн типов единиц хранения из стеновых кладочных материалов |
| 3 | Определите нормативную продолжительность строительства здания пятиэтажной гостиницы на 200 мест с объемом здания 20 тыс. м ³ , здание крупнопанельное |
| 4 | Определите нормативную продолжительность строительства здания ЗАГСа объемом на 5 тыс. м ³ , здание каркасное |
| 5 | Определите нормативную продолжительность строительства здания центральной районной больницы на 140 коек |
| 6 | Определите нормативную продолжительность строительства здания терапевтического корпуса на 120 коек |
| 7 | Определите нормативную продолжительность строительства здания детского сада на 90 мест, здание крупноблочное, объемом 4,5 тыс. м ³ |

Таблица А.5 – Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практическом занятии по теме «Оптимизация сетевых графиков по времени и трудовым ресурсам, материалам и машинам»

| Вариант | Наименование объекта | Число захваток | Наименование работ | Продолжительность работы на одной захватке | Количество исполнителей | Число смен в сутки |
|---------|----------------------------------|-------------------------|--|--|-------------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Жилой дом (нулевой цикл) | 4 | Земляные работы Монтаж фундаментов Гидроизоляция Обратная засыпка | 2 6 3 1 | 4 6 2 2 | 2 2 1 1 |
| 2 | 3-этажный 2-секционный жилой дом | Секция в пределах этажа | Кирпичная кладка Монтаж перекрытий и лестниц Устройство кровли | 6 4 4 | 10 5 6 | 2 2 1 |

Окончание таблицы А.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 3 | Кровельные работы | 4 | Пароизоляция Утепление Стяжка Рулонный ковер | 4 6 4 4 | 4 4 2 6 | 1 1 1 1 |
| 4 | 4-этажное административное здание | По этажам | Штукатурные работы Облицовочные работы Паркетные полы Малярные работы Подвесной потолок | 10 6 10 8 4 | 12 4 4 10 4 | 1 1 1 1 1 |
| 5 | Комплекс жилых домов | 4 | Подземная часть Наземная часть Специальные работы Отделочные работы | 10 20 5 10 | 10 10 4 20 | 2 2 1 1 |
| 6 | 3-этажный 2-секционный жилой дом | Секция в пределах этажа | Кирпичная кладка Монтаж перекрытий и лестниц Устройство кровли | 6 4 4 | 10 5 6 | 2 2 1 |
| 7 | 3-этажный 2-секционный жилой дом | Секция в пределах этажа | Устройство перегородок Столярно-плотничные работы Подготовка под полы | 6 4 3 | 4 6 4 | 2 1 1 |
| 8 | Торговый центр | 3 | Устройство перегородок Столярно-плотничные работы Остекление Устройство витражей | 10 8 2 4 | 4 4 4 5 | 2 1 1 1 |
| 9 | Комплекс жилых домов | 4 | Подземная часть Наземная часть Специальные работы Отделочные работы | 10 20 5 10 | 10 10 4 20 | 2 2 1 1 |