

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра строительства и эксплуатации  
гидромелиоративных систем

*С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний*

# **ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Методические указания по выполнению курсовой работы  
для студентов, обучающихся по специальности  
1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство*

Горки  
БГСХА  
2017

УДК 626.814(072)

ББК 38.77я73

Н13

*Рекомендовано методической комиссией  
мелиоративно-строительного факультета.  
Протокол № 8 от 22 апреля 2016 г.*

Авторы:

старший преподаватель *С. В. Набздоров*;  
ассистент *Е. А. Вчерашний*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *В. К. Курсаков*;  
кандидат технических наук, доцент *Н. В. Васильева*

**Набздоров, С. В.**

Н13 Организация водохозяйственного строительства : методические указания по выполнению курсовой работы / С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний. – Горки : БГСХА, 2017. – 84 с.

Приведены рекомендации и варианты заданий по курсовому проектированию.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство.

УДК 626.814(072)

ББК 38.77я73

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2017

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовая работа (проект) является важной, неотъемлемой частью образовательного процесса подготовки специалистов высокой квалификации. В ходе проектирования студент должен самостоятельно, опираясь на полученные теоретические знания, решать конкретные производственные задачи, направленные на повышение эффективности строительного производства и качества выпускаемой продукции. При выполнении курсовой работы у студента развивается инициативность, самостоятельность при принятии конкретных решений, он учится пользоваться нормативной и справочной литературой для поиска информации, необходимой для принятия этих решений.

Работа над курсовым проектом способствует освоению методики и алгоритмов решения основных задач технологии, организации и планирования в строительном производстве, позволяет адаптировать эти решения применительно к конкретным условиям строящихся объектов. В ходе работы студенты должны четко усвоить, что расчетная продолжительность строительства любого объекта, количество необходимых для этого ресурсов зависят не только от проектных параметров объекта, принятой технологии, объемов и видов работ, используемых машин, но и от того, насколько детально проработаны и решены вопросы организации и планирования его строительства.

### **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Целью курсовой работы является разработка проекта производства работ по строительству открытой осушительной сети мелиоративного объекта.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- охарактеризовать и проанализировать условия производства работ на объекте;
- запроектировать технологию строительства объекта в соответствии с условиями производства работ;
- определить необходимые ресурсы для строительства открытой осушительной сети и рассчитать технико-экономические показатели принятой технологии;

- разработать организационную схему работы исполнителей рабочих операций и топологию (структуру) сетевой модели организации производства работ на объекте;
- рассчитать временные параметры работ сетевой модели и определить расчетную продолжительность строительства объекта;
- построить календарный план производства работ на объекте;
- построить графики работы машин и поставок дизельного топлива на основании календарного плана производства работ.

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Для решения поставленных задач используются данные, полученные по технологии производства работ при расчетах в результате выполнения практической работы, или каждому студенту индивидуально выдается вариант задания на курсовую работу (прил. 1), который записывается в табл. 1 (например, вариант 27).

Таблица 1. Варианты исходных данных для выполнения курсовой работы

Номер варианта задания	Варианты исходных данных				
	Вариант плана <i>П.і</i>	Вариант технологии <i>Т.і</i>	Вариант количества исполнителей <i>К.і</i>	Вариант расчетной продолжительности работ <i>В.і</i>	Вариант проектных параметров осушительных каналов
27	П.5	Т.1	К.3	В.4	25

Исходные данные для выполнения курсовой работы включают пять вариантов:

1. *П.і* – вариант планового расположения на объекте запроектированной открытой осушительной сети; *П.і* = П.1...П.12 (прил. 2–4).

2. *Т.і* – вариант технологии строительства открытой осушительной сети на объекте; *Т.і* = Т.1...Т.4 (прил. 5, 7, 9, 11).

Вариант технологии строительства предусматривает необходимый перечень рабочих операций, которые следует выполнить, чтобы построить открытую осушительную сеть. Вариант Т.1 предусматривает строительство открытой сети по первой технологической схеме (ТС.1); вариант Т.2 – по второй технологической схеме (ТС.2); вариант Т.3 – по шестой технологической схеме (ТС.6); вариант Т.4 предусматривает использование для строительства открытой сети двух технологиче-

ских схем – ТС.2 и ТС.6 (ТС.1, ТС.2, ТС.6 – технологические схемы строительства мелиоративных каналов).

3.  $K.i$  – вариант количества исполнителей для выполнения запланированных рабочих операций на объекте;  $K.i = K.1 \dots K.24$  (прил. 5, 7, 9, 11).

Вариант количества исполнителей предусматривает марки, количество и порядковые номера исполнителей (машин), с помощью которых необходимо выполнить запланированные рабочие операции на объекте.

4.  $V.i$  – вариант расчетной продолжительности выполнения запланированных работ на объекте;  $V.i = V.1 \dots V.20$  (приводится в прил. 6, 8, 10, 12 или рассчитывается в карточке-определителе).

Вариант расчетной продолжительности определяет расчетную продолжительность каждой запланированной работы на объекте (рабочие дни). Работа – это рабочие операции, выполняемые на каждом запроектированном канале объекта. Если согласно варианту  $V.i$  в прил. 6, 8, 10, 12 стоит прочерк, это означает, что соответствующая рабочая операция на данном канале не выполняется.

5. Вариант проектных параметров осушительных каналов (прил. 13).

### **3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Полностью выполненная курсовая работа, которая может быть допущена к защите, должна состоять из расчетно-пояснительной записки, приложений и графической части.

В расчетно-пояснительной записке должны содержаться приведенные ниже разделы и подразделы.

Введение (цель работы; решаемые задачи; исходные данные для выполнения).

1. Технология строительства открытой осушительной сети (цель и задачи проектирования).

1.1. Проектные параметры открытой сети (плановое расположение; назначение каналов; проектные параметры; профильные объемы).

1.2. Технологическая схема строительства (выбор и характеристика технологических схем; состав рабочих операций; плановое расположение выемок и отвалов грунта на объекте).

1.3. Машины для производства работ (типы и марки машин; основные технологические параметры; технико-эксплуатационные показатели использования).

1.4. Ресурсы, необходимые для строительства (виды ресурсов; методика и пример расчета их количества; технико-экономические показатели принятой технологии).

2. Организация производства работ на объекте (цель и задачи проектирования).

2.1. Организационная схема работы машин (разбивка объекта на участки; очередность выполнения работ; направления движения машин при выполнении запланированных работ).

2.2. Топология сетевой модели организации работ (элементы сетевой модели; правила и техника построения; параметры сетевой модели).

2.3. Карточка-определитель работ на объекте (определение; параметры; методика расчета).

3. Планирование организации производства работ на объекте (цель и задачи проектирования).

3.1. Временные параметры работ сетевой модели (виды временных параметров; способы и примеры их расчета; расчетная продолжительность строительства; направление критического пути).

3.2. Временные параметры сетевой модели (планируемая продолжительность выполнения рабочих операций, работы машин и строительства каналов; пример и методика расчета).

3.3. Календарный план производства работ на объекте (вид календарного плана производства работ; техника и пример построения; расчетные параметры).

3.4. Графики поставок ресурсов на объект строительства (график поставки рабочей силы; график поставки машин на объект; расчет потребности в топливе; график поставки топлива; технико-экономические показатели календарного плана производства работ).

Заключение (расчетная продолжительность и календарные сроки строительства объекта; перечень «критических» работ на объекте и календарные сроки их выполнения; показатели использования машин на объекте; сравнение технико-экономических показателей строительства объекта).

Графическая часть:

1. Плановое расположение запроектированной открытой сети на объекте (формат А4).

2. Схема планового расположения на объекте выемок и отвалов грунта (формат А4).

3. Топология сетевой модели организации работ (формат А3).

4. Сетевой график производства работ (формат А3).

5. Календарный план производства работ (формат А1).

6. График работы машин (формат А3).

7. График поставки топлива (формат А3).

В соответствии с вариантом, приведенным в табл. 1, конкретные исходные данные заносятся в табл. 2.

Таблица 2. Исходные данные для выполнения курсовой работы  
(на примере варианта 27)

№ п.п.	Наименования рабочих операций (вариант Т.1)	Количество исполнителей рабочих операций (вариант К.3)			Расчетная продолжительность выполнения работ на каналах (вариант В.4), раб. дн.		
		Марка исполнителя	Кол-во	Порядк. номер	Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вывоз проекта в натуру	Звено	1	№ 1	4	5	3
2	Корчевка кустарника по трассам каналов	МП-2Б	1	№ 2	8	5	4
3	Сгребание кустарника в валы	ДП-8А	1	№ 3	6	–	3
4	Устройство проектных каналов	ЭО-3211В	2	№ 4, № 5	12	14	8
5	Разравнивание экскаваторных отвалов (левая берма)	ДЗ-42	1	№ 6	8	6	5
6	Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)	ДЗ-42	1	№ 6	6	6	–
7	Планировка левых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 7	5	3	4
8	Планировка правых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	7	4	3

В табл. 3 необходимо занести основные параметры запроектированных каналов (прил. 14).

Таблица 3. Проектные параметры открытой сети

Параметры канала	Канал 1	Канал 2	Канал 3
$b$ , м			
$m$			
$H_{ср}$ , м			

Примечание.  $b$ ,  $m$ ,  $H_{ср}$  – соответственно ширина по дну, коэффициент заложения откосов, средняя глубина канала.

Кроме того, на отдельном листе писчей бумаги необходимо аккуратно вычертить схему планового расположения запроектированной открытой осушительной сети (рис. 1) согласно выданному варианту задания (например, вариант П.5, прил. 3).

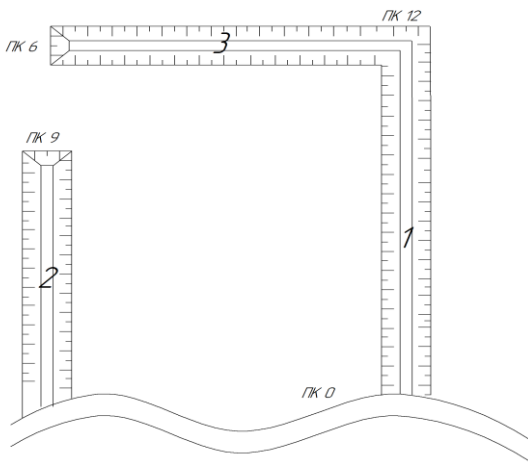


Рис. 1. Плановое расположение запроектированной открытой сети на объекте (вариант П.5)

#### **4. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Рекомендации по выбору необходимых исходных данных для выполнения курсовой работы на основании выданного индивидуального варианта задания подробно изложены в разделе 2 настоящих методических указаний.

##### **4.1. Технология строительства открытой проводящей осушительной сети**

Цель раздела: определить наименьшие затраты ресурсов на строительство открытой сети с учетом заданных условий строительства объекта и реальных возможностей подрядных строительных организаций, а также рассчитать необходимые для этого ресурсы.

#### 4.1.1. Проектные параметры запроектированной открытой сети

Прежде чем приступить к решению технологических задач, необходимо подробно ознакомиться с конструкцией и особенностями сооружений – в данном случае с каналами открытой осушительной сети.

Используя исходные данные, необходимо привести полную характеристику каналов открытой сети – первого и второго порядков, нагорных каналов: размеры поперечного сечения, длина каждого канала и общая их протяженность, ширина по верху и площадь поперечного сечения канала каждой группы, определяемые по следующим формулам:

- средняя ширина канала по верху, м:

$$B = b + 2mH_{\text{cp}}, \quad (4.1)$$

где  $b$ ,  $H_{\text{cp}}$  – соответственно ширина по дну и средняя глубина канала, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов (см. табл. 3);

- средняя площадь поперечного сечения канала, м<sup>2</sup>:

$$\omega = (b + mH_{\text{cp}})H_{\text{cp}}, \quad (4.2)$$

- профильный объем выемки, м<sup>3</sup>:

$$W_{\text{пр}} = \omega \cdot L, \quad (4.3)$$

где  $L$  – проектная длина канала, м;

- суммарный профильный объем выемки, м<sup>3</sup>:

$$\sum W_{\text{пр}} = W_{\text{пр.1}} + W_{\text{пр.2}} + \dots + W_{\text{пр.}i}. \quad (4.4)$$

Полученные расчеты необходимо представить в виде табл. 4.

Таблица 4. Проектные параметры запроектированных каналов

№ п.п.	Параметры канала	Проектные параметры канала		
		Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	2	3	4	5
1	Ширина канала по низу $b$ , м			
2	Коэффициент заложения откосов $m$			
3	Средняя глубина канала $H_{\text{cp}}$ , м			
4	Средняя ширина канала по верху $B_{\text{cp}}$ , м			

1	2	3	4	5
5	Средняя площадь поперечного сечения канала $\omega$ , м <sup>2</sup>			
6	Проектная длина канала $L$ , м			
7	Профильный объем выемки $W_{пр}$ , м <sup>3</sup>			
8	Суммарный профильный объем выемки $\sum W_{пр}$ , м <sup>3</sup>			

#### 4.1.2. Технологические схемы строительства открытой сети

Мелиоративные осушительные каналы на болотах и заболоченных землях необходимо строить по определенным технологическим схемам. По этим технологическим схемам проектное русло канала разрабатывается отдельными участками одновременно по всей длине экскаваторами, земснарядами, бульдозерами или взрывным способом в одну или несколько стадий (пионерная траншея, углубление русла и т. д.).

Постадийное строительство каналов на заболоченной местности в водонасыщенном неустойчивом грунте обеспечивает уменьшение деформации поперечного сечения проектного русла, возникающей под гидродинамическим воздействием потока вод в процессе его прокопки, позволяет строить русло с минимальными отклонениями от проектных параметров, обеспечивает высокую производительность землеройных машин.

Технологическая схема организации строительства выбирается в зависимости от группы канала и категории сложности производства работ. Классификация мелиоративных осушительных каналов по группам производится в зависимости от величины их проектных параметров. Категория сложности производства работ определяется в зависимости от характеристик грунтов, в которых проходит проектное русло канала, и возможной деформации его поперечного сечения под воздействием гидродинамического давления потока грунтовых вод.

На основании группы канала и категории сложности производства работ определяется требуемая технологическая схема его строительства. В соответствии с принятой технологической схемой (ТС) определяется технология производства работ и количество стадий строительства рассматриваемого канала.

После того как была определена технологическая схема строительства или получена по заданию, находят необходимое количество работ, которое следует выполнить, чтобы построить открытую сеть.

Полученные значения заносят в табл. 5.

Таблица 5. **Запланированный перечень работ и рабочих операций на объекте**  
(на примере варианта 27)

№ п.п.	Наименование рабочих операций	Выполнение на объекте			Всего
		Канал 1	Канал 2	Канал 3	
1	Вывоз проекта в натуру	+	+	+	3
2	Корчевка кустарника по трассам каналов	+	+	+	3
3	Сгребание кустарника в валы	+	–	+	2
4	Устройство проектных каналов	+	+	+	3
5	Разравнивание экскаваторных отвалов (левая берма)	+	+	+	3
6	Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)	+	+	–	2
7	Планировка левых откосов каналов	+	+	+	3
8	Планировка правых откосов каналов	+	+	+	3
Итого...		8	7	7	22

По полученным вариантам необходимо сделать выводы о количестве рабочих операций и работ, выполняемых на объекте.

Например: принятая технологическая схема строительства предусматривает 8 рабочих операций и 22 работы.

Дальнейшее выполнение курсовой работы предусматривает составление схемы планового расположения выемок и отвалов грунта на объекте. Для этого необходимо проанализировать запланированный перечень рабочих операций согласно заданному варианту технологии (Т.і). Из этого перечня видно, сколько экскаваторных проходок необходимо выполнить, чтобы построить открытую сеть, и на какие бермы проектных каналов необходимо укладывать разработанный в выемках грунт. Например, для вариантов Т.1, В.4 все проектные каналы устраиваются за один проход экскаватора, т. е. предусматривается использование технологической схемы строительства мелиоративных каналов № 1 (ТС.1), а вынутый грунт укладывается на обе бермы каналов 1 и 2 и только на левую берму – грунт канала 3. Схематично это показано на рис. 2.

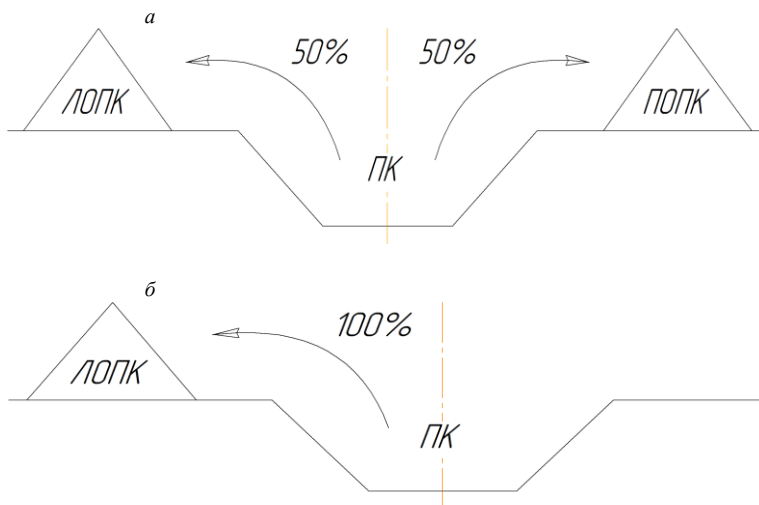


Рис. 2. Схемы планового расположения выемок и отвалов грунта (Т.1, В.4):

*а* – для каналов 1 и 2; *б* – для канала 3;

ПК – поперечное сечение проектного канала;

ЛОПК – поперечное сечение левого отвала грунта из проектного канала;

ПОПК – поперечное сечение правого отвала грунта из проектного канала

Если рассмотреть варианты Т.2, В.6, то можно сделать вывод, что каналы 1 и 2 устраиваются по ТС.2, а канал 3 – по ТС.1. Технологическая схема ТС.2 предусматривает устройство проектных каналов в две стадии (проходки). Вначале устраивается пионерная траншея слева или справа от оси проектного канала на расстоянии 8...12 м, а затем через 30 дней отрывается проектный канал. Для канала 1 грунт должен быть отсыпан на левую берму, значит, пионерная траншея должна быть расположена справа от проектной оси канала. Для канала 2, наоборот, грунт укладывается в отвал на правую берму, а пионерная траншея располагается слева от принятой оси канала. Канал 3 устраивается по схеме ТС.1, и грунт укладывается на левую и правую бермы этого канала. Значит, схемы планового расположения выемок и отвалов грунта для данного примера будут выглядеть следующим образом (рис. 3).

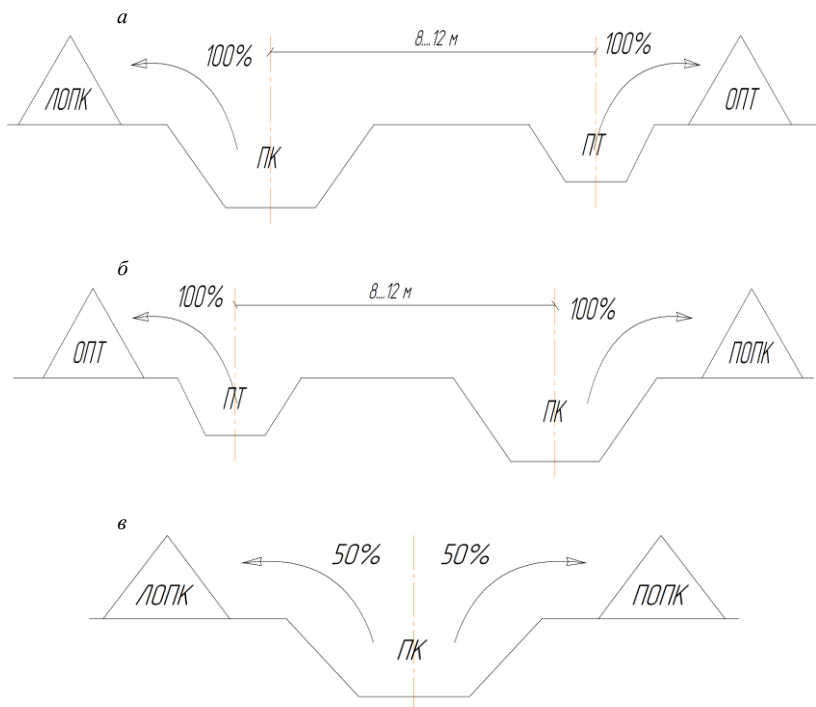


Рис. 3. Схемы планового расположения выемок и отвалов грунта (Т.2, В.6):  
*а* – для канала 1; *б* – для канала 2; *в* – для канала 3; ПТ – поперечное сечение пионерной траншеи; ОПТ – отвал пионерной траншеи

Для вариантов технологий Т.3 и Т.4 эта задача решается аналогично, однако следует иметь в виду, что данные технологии предусматривают возможность устройства некоторых каналов по технологической схеме № 6 (ТС.6). Эта схема также предусматривает устройство проектных каналов в две стадии, но в отличие от ТС.2 пионерная траншея устраивается непосредственно в проектном сечении запроектированного канала либо слева, либо справа от его проектной оси (рис. 4).

В курсовой работе должны быть представлены принятые схемы планового расположения выемок и отвалов грунта для каждого запроектированного канала в виде отдельных рисунков.

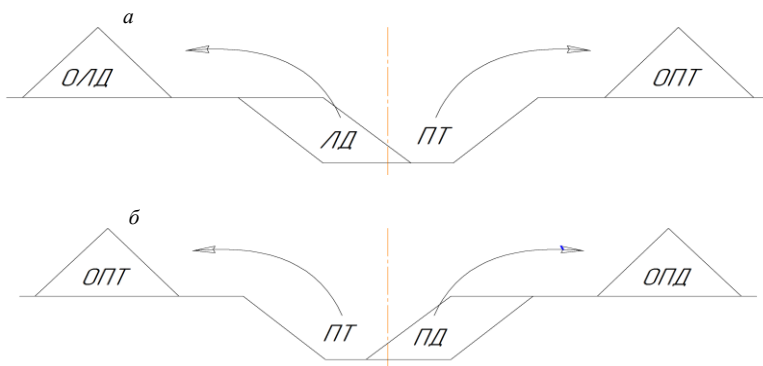


Рис. 4. Устройство канала по ТС.6:

*а* – ПТ слева; *б* – ПТ справа; ПД – поперечное сечение правой доработки русла ПТ до проектных параметров канала; ЛД – поперечное сечение левой доработки русла ПТ до проектных параметров канала; ОПД – поперечное сечение отвала грунта правой доработки; ОЛД – поперечное сечение отвала грунта левой доработки

### 4.1.3. Машины для производства работ

Для того чтобы решить вопрос организации производства работ на объекте, необходимо предварительно определить количественный состав комплекта машин для условий данного объекта.

Необходимые исходные данные:

- запланированный перечень рабочих операций;
- типы и марки машин (исполнителей), принятых для выполнения данных рабочих операций (технически пригодные и экономически выгодные);
- проектные затраты рабочего времени на выполнение рабочих операций (согласно техническим нормам на строительство объекта);
- заданный срок производства работ на объекте;
- коэффициент сменности работы машин на объекте (в курсовой работе можно принять равным 1).

Для расчета количественного состава рекомендуется использовать метод равнозагруженности машин в условиях данного объекта.

Алгоритм данного метода следующий.

Из запланированного перечня рабочих операций выбирается та, которая имеет максимальные планируемые затраты времени (машиноемкость). Эта рабочая операция является основной, а машина, которая должна ее выполнять, называется основной машиной комплекта.

Необходимое количество состава машин определяется по формуле

$$N_{\text{оп}} \geq \frac{3B_0}{T_{\text{ст}} \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см.о}}}, \quad (4.5)$$

где  $3B_0$  – планируемые затраты времени на выполнение основной рабочей операции, ч;

$T_{\text{ст}}$  – заданный срок строительства, раб. дн.;

$t_{\text{см}}$  – установленная продолжительность рабочей смены, ч (для пятидневной рабочей недели  $t_{\text{см}} = 8$ );

$K_{\text{см.о}}$  – планируемый коэффициент сменности работы машины, выполняющей основную рабочую операцию (в курсовом проекте  $K_{\text{см.о}}$  для всех машин можно принимать равным 1).

Полученные по формуле (4.5) значения округляют до большего целого числа:

$$N_{\text{оп}} = N_{\text{о.пр}}, \quad (4.6)$$

где  $N_{\text{оп}}$  – полученное число по расчету;

$N_{\text{о.пр}}$  – принятое количество машин.

Далее определяют необходимое количество машин для выполнения всех остальных рабочих операций по формуле

$$N_{ip} \geq \frac{N_{\text{о.пр}} \cdot K_{\text{см.о}} \cdot 3B_i}{3B_0 \cdot K_{\text{см.i}}}, \quad (4.7)$$

где  $i$  – номер рассматриваемой рабочей операции;

$3B_i$  – планируемые затраты времени для выполнения  $i$ -й рабочей операции на объекте, ч;

$K_{\text{см.i}}$  – коэффициент сменности для данной машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию.

Полученное значение округляют до большего целого:

$$N_{ip} = N_{\text{пр}}. \quad (4.8)$$

Полученные значения необходимо занести в табл. 6.

Таблица 6. **Расчетное количество машин для выполнения рабочих операций**

№ п.п.	Наименования рабочих операций	Типы и марки машин	Планируемые затраты рабочего времени	Необходимое количество		T <sub>стр.</sub> раб. дн.
				по расчету	принятое	
1	2	3	4	5	6	7

Окончательно необходимое количество состава комплекта машин для данного объекта с учетом того, что несколько машин могут выполнять несколько рабочих операций, определяется в табличной форме (табл. 7).

Таблица 7. **Расчетное количество состава комплекта машин**

№ п.п.	Типы и марки машин	Номер работы, которая определена на объекте	Требуемое количество		Порядковый номер принятой машины
			по расчету	принятое	
1	2	3	4	5	6

Заданием, согласно варианту T.i, могут быть определены марки машин для выполнения каждой запланированной рабочей операции (см. табл. 2 для варианта задания № 27).

В настоящем подразделе необходимо дать характеристику этих машин, т. е. определить тип машины (экскаватор, бульдозер и т. п.); основные рабочие (технологические) параметры ее (емкость ковша, вид рабочего оборудования, марка базовой машины, грузоподъемность, ширина захвата и т. п.); технико-эксплуатационные показатели ее использования (себестоимость одного машино-часа работы, мощность двигателя, часовая норма расхода дизельного топлива). Тип машин и их технико-эксплуатационные показатели можно принять по данным прил. 13. Основные рабочие (технологические) параметры машин необходимо выписать из их технических характеристик, приведенных в действующих нормативных документах (ЕНиР, ВНиР) или в справочной литературе по мелиоративным, строительным и дорожным машинам. Результаты выполнения этого подраздела необходимо представить в табличной форме (табл. 8).

Таблица 8. **Машины (исполнители) для выполнения работ и рабочих операций на объекте и их характеристика**

№ п.п.	Марки машин	Типы машин	Номера выполняемых рабочих операций	Технико-эксплуатационные показатели использования			Рабочие (технологические) параметры машин
				Себестоимость 1 маш.-ч, руб.	Мощность двигателя, кВт	Часовая норма расхода топлива, кг/ч	
1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание. В таблицу следует заносить только те типы и марки машин, которые будут работать на объекте в соответствии с заданными вариантами *T.i* и *K.i*.

#### 4.1.4. Ресурсы, необходимые для строительства

Заданием предусмотрено определение необходимого количества основных видов ресурсов для строительства открытой осушительной сети. К числу таких ресурсов относятся: планируемые затраты рабочего времени; затраты труда; затраты топливно-смазочных материалов; энергозатраты; себестоимость выполнения работ и рабочих операций на объекте.

Исходными данными для определения потребности в ресурсах являются:

- запланированный перечень рабочих операций;
- профильные объемы;
- принятые типы и марки машин;
- величины технических норм, соответствующих условию выполнения рабочих операций на объекте.

Эти исходные данные необходимо принимать с учетом выполнения практической работы по технологии. Если эти данные отсутствуют, то потребность в ресурсах можно определить на основании выданного варианта, на основании технологии.

Исходными данными для выполнения расчетов по определению необходимого количества ресурсов являются: запланированный перечень рабочих операций (вариант *T.i*); расчетная продолжительность выполнения запланированных работ на участках проектной трассы дороги для каждой рабочей операции (вариант *B.i*); технико-эксплуатационные показатели использования машин на объекте строительства (см. табл. 8).

Расчет потребности строительства в ресурсах необходимо производить в табличной форме (табл. 9).

Таблица 9. Расчет потребности строительства в ресурсах

№ п.п.	Наименование рабочих операций	Марки машин	Кол-во машин $N_m$	Технико-эксплуатационные показатели			Расчетное время выполнения на объекте $T_p$ , раб. дн.	Планируемые затраты ресурсов				
				$S_{м-ч}$ , руб.	$N_d$ , кВт	$H_{ТСМ}^ч$ , кг/ч		$ЗВ$ , ч	$ЗТ$ , чел.-ч	$Q$ , кг	$\Xi$ , кВт-ч	$S$ , руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Всего							$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:

$N_m$  – количество машин, выполняющих рабочую операцию;

$S_{м-ч}$  – себестоимость 1 машино-часа работы машины (табл. 8, гр. 5);

$N_d$  – установленная мощность двигателя базовой машины (табл. 8, гр. 6);

$H_{ТСМ}^ч$  – часовая норма расхода топливно-смазочных материалов (табл. 8, гр. 7).

Алгоритм заполнения табл. 9 следующий:

1. Графы 1, 2, 3, 4 заполняются согласно данным табл. 2 (гр. 1, 2, 3, 4);
2. Графы 5, 6, 7 заполняются для каждой рабочей операции согласно данным табл. 8 (гр. 5, 6, 7);
3. Графа 8 (расчетная продолжительность рабочих операций  $T_{p,i}$ , раб. дн.) заполняется согласно варианту В.і.

Численное значение этой графы для каждой рабочей операции определяется как сумма расчетных продолжительностей выполнения работ на каждом участке проектной трассы дороги, деленная на количество машин, и вычисляется по формуле

$$T_{p,i} = \frac{\sum_{j=1}^k t_j}{N_{m,i}}, \quad (4.9)$$

где  $j$  – номера каналов, на которых планируется выполнение  $i$ -й рабочей операции,  $j = 1, \dots, k$ ;

$t_j$  – расчетная продолжительность  $i$ -й рабочей операции на  $j$ -м участке трассы дороги (согласно варианту В.і), раб. дн.;

$N_{m,i}$  – принятое количество машин для выполнения  $i$ -й рабочей операции (согласно варианту К.і).

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), расчетная продолжительность выполнения такой рабочей операции, как корчевка кустарника одним корчевателем МП-2Б № 2 (рабочая операция № 2), составляет:

$$T_{p,2} = \frac{8+6+4}{1} = 18 \text{ раб. дн.}$$

Расчетная продолжительность сгребания кустарника двумя кусторезами ДП-8А № 3 и № 4 (рабочая операция № 3) равна:

$$T_{p,5} = \frac{6+3}{2} = 4,5 \text{ раб. дн.}$$

4. Графа 9 (планируемые затраты рабочего времени ЗВ<sub>*i*</sub>). Численное значение ЗВ<sub>*i*</sub> (ч) для каждой рабочей операции вычисляется по формуле

$$ЗВ_i = T_{p,i} \cdot t_{cm} \cdot K_{cm,i}, \quad (4.10)$$

где  $t_{cm}$  – установленная продолжительность рабочей смены, ч (для пятидневной рабочей недели  $t_{cm} = 8$ );

$K_{cm,i}$  – планируемый коэффициент сменности работы машины, выполняющей *i*-ую рабочую операцию (в курсовой работе  $K_{cm,i}$  для всех машин можно принимать равным 1).

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), планируемые затраты рабочего времени на корчевку кустарника одним корчевателем МП-2Б № 2 (рабочая операция № 2) составляют:

$$ЗВ_2 = T_{p,2} \cdot t_{cm} \cdot K_{cm,2} = 18 \cdot 8 \cdot 1 = 144 \text{ ч.}$$

Планируемые затраты рабочего времени на сгребание кустарника двумя кусторезами ДП-8А № 3 и № 4 (рабочая операция № 3) определяются следующим образом:

$$ЗВ_3 = T_{p,3} \cdot t_{cm} \cdot K_{cm,3} = 4,5 \cdot 8 \cdot 1 = 36 \text{ ч.}$$

5. Графа 10 (планируемые затраты труда ЗТ<sub>*i*</sub>). Численные значения ЗТ<sub>*i*</sub> (чел.-ч) для каждой рабочей операции вычисляются по формуле

$$ЗТ_i = ЗВ_i \cdot N_{ч} \cdot N_{m,i}, \quad (4.11)$$

где  $N_{\text{ч}}$  – норма численности, т. е. количество рабочих, обеспечивающих работу одной машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию, чел.

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), планируемые затраты труда на корчевку кустарника одним корчевателем МП-2Б № 2 (рабочая операция № 2) составляют:

$$3T_2 = 3B_2 \cdot N_{\text{ч}} \cdot N_{\text{м},2} = 144 \cdot 1 \cdot 1 = 144 \text{ чел.-ч.}$$

Планируемые затраты труда на сгребание кустарника двумя кусторезами ДП-8А № 3 и № 4 (рабочая операция № 3) вычисляются следующим образом:

$$3T_3 = 3B_3 \cdot N_{\text{ч}} \cdot N_{\text{м},3} = 36 \cdot 1 \cdot 2 = 72 \text{ чел.-ч.}$$

6. Графа 11 (планируемые затраты топливно-смазочных материалов  $Q_i$ ). Численные значения  $Q_i$  (кг) для каждой рабочей операции (кроме первой) вычисляются по формуле

$$Q_i = 3B_i \cdot N_{\text{ТСМ},i}^{\text{ч}} \cdot N_{\text{м},i}, \quad (4.12)$$

где  $N_{\text{ТСМ},i}^{\text{ч}}$  – часовая норма расхода ТСМ для машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию, кг/ч (прил. 13).

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), планируемые затраты ТСМ для корчевателя МП-2Б № 2 при корчевке кустарника (рабочая операция № 2) составляют:

$$Q_2 = 3B_2 \cdot N_{\text{ТСМ},2}^{\text{ч}} \cdot N_{\text{м},2} = 144 \cdot 9,2 \cdot 1 = 1324,8 \text{ кг.}$$

Планируемые затраты ТСМ для двух кусторезов ДП-8А № 3 и № 4 при сгребании кустарника (рабочая операция № 3) определяются следующим образом:

$$Q_3 = 3B_3 \cdot N_{\text{ТСМ},3}^{\text{ч}} \cdot N_{\text{м},3} = 36 \cdot 7,1 \cdot 2 = 511,2 \text{ кг.}$$

7. Графа 12 (планируемые энергозатраты  $\mathcal{E}_i$ ). Численные значения  $\mathcal{E}_i$  (кВт · ч) для каждой рабочей операции (кроме первой) вычисляются по формуле

$$\mathcal{E}_i = 3B_i \cdot N_{д,i} \cdot N_{м,i}, \quad (4.13)$$

где  $N_{д,i}$  – установленная мощность двигателя одной машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию, кВт (см. табл. 8, гр. 6, или прил. 13).

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), планируемые энергозатраты на корчевку кустарника одним корчевателем МП-2Б № 2 (рабочая операция № 2) составляют:

$$\mathcal{E}_2 = 3B_2 \cdot N_{д,2} \cdot N_{м,2} = 144 \cdot 95,6 \cdot 1 = 13\,766,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Планируемые энергозатраты на сгребание кустарника двумя кусторезами ДП-8А № 3 и № 4 (рабочая операция № 3) определяются следующим образом:

$$\mathcal{E}_3 = 3B_3 \cdot N_{д,3} \cdot N_{м,3} = 36 \cdot 62,5 \cdot 2 = 4\,500 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

8. Графа 13 (себестоимость выполнения рабочих операций  $S_i$ ). Численное значение  $S_i$  (руб.) каждой рабочей операции вычисляется по формуле

$$S_i = 3B_i \cdot S_{м-ч,i} \cdot N_{м,i}, \quad (4.14)$$

где  $S_{м-ч,i}$  – планоно-расчетная себестоимость 1 машино-часа работы машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию, руб. (см. табл. 8, гр. 5, или прил. 13).

Например (варианты Т.1, К.1, В.1), планируемая себестоимость корчевки кустарника одним корчевателем МП-2Б № 2 (рабочая операция № 2) составляет:

$$S_2 = 3B_2 \cdot S_{м-ч,2} \cdot N_{м,2} = 144 \cdot 39,6 \cdot 1 = 5\,702,4 \text{ руб.}$$

Планируемая себестоимость сгребания кустарника двумя кусторезами ДП-8А № 3 и № 4 (рабочая операция № 3) определяются следующим образом:

$$S_3 = 3B_3 \cdot S_{м-ч,3} \cdot N_{м,3} = 36 \cdot 20,3 \cdot 2 = 1\,461,6 \text{ руб.}$$

Заполнив все графы и строки табл. 9, необходимо подсчитать планируемые затраты ресурсов по объекту строительства в целом. Для этого необходимо суммировать значения граф 9, 10, 11, 12, 13.

На основании полученных суммарных планируемых затрат ресурсов необходимо определить численные значения технико-экономических показателей принятой технологии строительства открытой осушительной сети. Эти показатели перечислены ниже.

1. Удельные затраты рабочего времени на единицу законченной продукции рабочего процесса (ч/п. м) вычисляются по формуле

$$ЗВ_{уд} = \frac{\sum ЗВ_i}{\sum W_{пр}}, \quad (4.15)$$

где  $\sum ЗВ_i$  – суммарные планируемые затраты рабочего времени по объекту в целом, ч (суммарное значение графы 9 табл. 9);

$\sum W_{пр}$  – профильный объем выемки из всех запроектированных каналов (см. табл. 4).

2. Удельная трудоемкость единицы законченной продукции рабочего процесса (чел.-ч/п. м) определяется по формуле

$$ЗТ_{уд} = \frac{\sum ЗТ_i}{\sum W_{пр}}, \quad (4.16)$$

где  $\sum ЗТ_i$  – суммарные планируемые затраты труда по объекту в целом, чел.-ч (суммарное значение графы 10 табл. 9).

3. Удельные затраты ТСМ на единицу законченной продукции рабочего процесса (кг/п. м) рассчитываются по формуле

$$q_{уд} = \frac{\sum Q_i}{\sum W_{пр}}, \quad (4.17)$$

где  $\sum Q_i$  – суммарные планируемые затраты ТСМ по объекту в целом, кг (суммарное значение графы 11 табл. 9).

4. Энергоемкость единицы законченной продукции рабочего процесса (кВт · ч/п. м) определяется по формуле

$$\Theta_{\text{уд}} = \frac{\sum \Theta_i}{\sum W_{\text{пр}}}, \quad (4.18)$$

где  $\sum \Theta_i$  – суммарные планируемые энергозатраты по объекту в целом, кВт · ч (суммарное значение графы 12 табл. 9).

5. Себестоимость единицы законченной продукции рабочего процесса (руб/п. м) вычисляется по формуле

$$S_{\text{ед}} = \frac{\sum S_i}{\sum W_{\text{пр}}}, \quad (4.19)$$

где  $\sum S_i$  – суммарная себестоимость выполнения всех запланированных рабочих операций на объекте, руб. (суммарное значение графы 13 табл. 9).

Вышеприведенные технико-экономические показатели являются критериями выбора наиболее рациональных энергосберегающих технологий строительства объектов любого назначения.

## **5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ**

В настоящем разделе курсовой работы необходимо изложить решение всех вопросов, связанных с расстановкой машин (исполнителей) на объекте строительства, с увязкой выполняемых ими запланированных рабочих операций и работ во времени и пространстве.

### **5.1. Организационная схема работы машин на объекте**

Организационная схема работы исполнителей на объекте представляет собой проектный документ, определяющий границы участков работы для каждого принятого исполнителя каждой запланированной рабочей операции, очередность выполнения работ каждым исполнителем в границах выделяемого ему участка и на объекте в целом и устанавливающий оптимальное направление движения исполнителей при выполнении порученных им работ в соответствии с принятой очередностью их выполнения на объекте.

Участком работы исполнителя называют часть объекта, в границах которой он выполняет работы порученной ему рабочей операции. Если

рабочую операцию планируется выполнять одним исполнителем, то для данной рабочей операции участком работы этого исполнителя будет весь объект и в границах этого участка он должен выполнить все запланированные работы рассматриваемой рабочей операции. Например, для вариантов Т.1 и К.1 первую рабочую операцию «Вынос проекта в натуру» должен выполнять один исполнитель (звено геодезистов под номером 1). Это означает, что участком работы данного звена будет вся запроектированная открытая осушительная сеть (все три канала). Звено обязано осуществить вынос в натуру проектных осей каждого из трех запроектированных каналов, т. е. выполнить три работы. Чтобы определить очередность выполнения этих трех работ, необходимо учитывать плановое расположение каналов на объекте. Очевидно, что для варианта П.5 каналы 1 и 2 являются каналами первого порядка, а канал 3 – второго порядка. В первую очередь выносятся в натуру проектные оси каналов высшего порядка. В данном случае возможны два варианта очередности выполнения работ этой рабочей операции.

***Вариант 1.***

Работа 1. «Вынос в натуру проектной оси канала 2».

Работа 2. «Вынос в натуру проектной оси канала 1».

Работа 3. «Вынос в натуру проектной оси канала 3».

***Вариант 2.***

Работа 1. «Вынос в натуру проектной оси канала 1».

Работа 2. «Вынос в натуру проектной оси канала 2».

Работа 3. «Вынос в натуру проектной оси канала 3».

Из двух возможных вариантов предпочтительнее вариант 1, так как он предусматривает минимальную протяженность переходов исполнителя с одного рабочего места на другое (работы этой рабочей операции можно выполнять только в одном направлении – от устья каждого канала к его истоку).

Рабочую операцию № 4 (варианты Т.1, К.3) «Устройство проектных каналов» планируется выполнять двумя исполнителями: двумя одинаковыми экскаваторами ЭО-3211В № 4 и № 5. Для выполнения данной рабочей операции объект необходимо разбить на два участка. Желательно, чтобы эти участки были равновеликими по продолжительности работы на них исполнителей. В границах выделенного участка каждый исполнитель должен выполнять целое число работ. Так как для рассматриваемой рабочей операции необходимо выполнить три работы (т. е. устроить три проектных канала), а исполнителей только два, то очевидно, что участком работы одного экскаватора бу-

дет один канал, а второго – два канала. Учитывая продолжительность выполнения работ этой рабочей операции на каждом канале (вариант В.4: канал 1 – 12 раб. дн., канал 2 – 14, канал 3 – 8 раб. дн.), наиболее оптимальным считается решение, когда экскаватор ЭО-3211В № 4 будет устраивать проектный канал 2 (одна работа), а экскаватор ЭО-3211В № 5 – каналы 1 и 3 (две работы). При этом ЭО-3211В № 4 будет работать на объекте 14 раб. дн., а ЭО-3211В № 5 –  $12 + 8 = 20$  раб. дн. Участки получились неравноценными, но для данных условий это самый оптимальный вариант. Экскаватор ЭО-3211В № 5 из двух запланированных работ в первую очередь должен выполнять работу по устройству проектного канала 1, а затем работу по устройству проектного канала 2. Для экскаватора ЭО-3211В № 4 нет необходимости в определении очередности выполнения работ, так как в границах его участка необходимо выполнить только одну работу.

Направление движения исполнителей (ЭО-3211В № 4 и № 5) при выполнении порученных им работ может быть только одно. Для всех экскаваторных рабочих операций, независимо от принятой технологии строительства, направление движения исполнителей принимается однозначным: т. е. от устья канала к его истоку. Также однозначным принимается направление движения исполнителей при выполнении работ рабочей операции «Засыпка пионерных траншей», если строительство сети предусматривается по ТС.2. В этом случае направление движения бульдозеров принимается от истока канала к его устью. При этом в первую очередь засыпаются пионерные траншеи каналов низшего порядка и в последнюю очередь – пионерные траншеи каналов высшего порядка. Все работы остальных рабочих операций, связанных с корчевкой и сгребанием кустарника, разравниванием экскаваторных отвалов, перемещением экскаваторных отвалов в насыпь дороги, планировкой откосов, можно осуществлять в любом направлении, т. е. от устья к истоку или от истока к устью. Окончательное решение о направлении движения исполнителей принимается исходя из следующих соображений:

- переход исполнителя с одной работы на другую должен иметь минимальную протяженность;

- если один исполнитель (имеющий одинаковый порядковый номер) выполняет на объекте работы нескольких рабочих операций, то очередность их выполнения и направление движения исполнителя должны определяться не для каждой операции отдельно, а совместно для всех рабочих операций, которые будет выполнять этот исполнитель.

Например, для варианта Т.1, К.3 бульдозер ДЗ-42 № 6 должен выполнять работы двух рабочих операций (№ 5 и № 6): № 5 «Разравнивание экскаваторных отвалов (левая берма)», № 6 «Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)». Согласно варианту В.4 он должен выполнить на объекте пять работ, т. е. три работы по рабочей операции № 5 и две работы по рабочей операции № 6. Чтобы установить оптимальную очередность выполнения этих работ и направления движения бульдозера, необходимо обратить внимание на ранее составленные схемы планового расположения выемок и отвалов грунта (см. рис. 2). На основании этого рисунка можно составить общую схему планового расположения выемок и отвалов грунта, совмещенную с плановым расположением запроектированной сети на объекте. На пример, для варианта П.5 данная схема представлена на рис. 5.

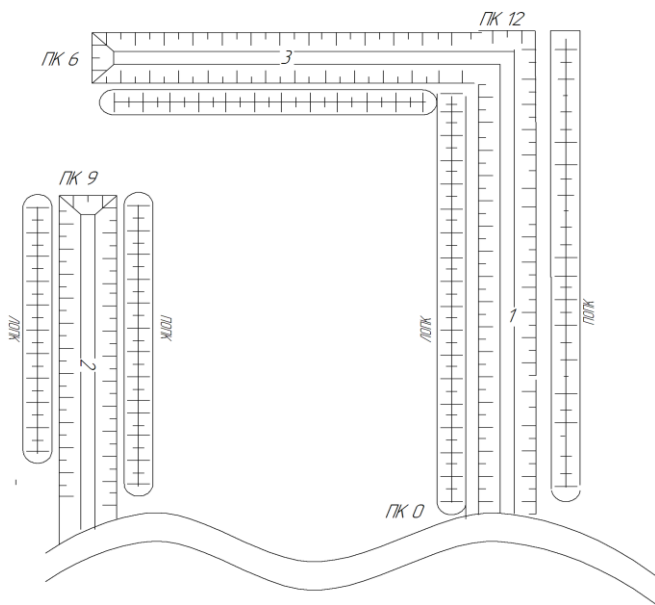


Рис. 5. Плановое расположение выемок и отвалов грунта (варианты Т.1, П.5)

Для приведенной схемы возможны два варианта очередности и направлений движения бульдозера ДЗ-42 № 6 при выполнении им пяти работ двух рабочих операций (№ 5 и № 6).

**Вариант 1.**

Работа 1. «Разравнивание ЛОПК-2: направление от устья к истоку»  
(рабочая операция № 5).

Работа 2. «Разравнивание ПОПК-2: направление от истока к устью»  
(рабочая операция № 6).

Работа 3. «Разравнивание ЛОПК-1: направление от устья к истоку»  
(рабочая операция № 5).

Работа 4. «Разравнивание ЛОПК-3: направление от устья к истоку»  
(рабочая операция № 5).

Работа 5. «Разравнивание ПОПК-1: направление от истока к устью»  
(рабочая операция № 6).

**Вариант 2.**

Работа 1. «Разравнивание ПОПК-1: направление от устья к истоку»  
(рабочая операция № 6).

Работа 2. «Разравнивание ЛОПК-3: направление от истока к устью»  
(рабочая операция № 5).

Работа 3. «Разравнивание ЛОПК-1: направление от истока к устью»  
(рабочая операция № 5).

Работа 4. «Разравнивание ПОПК-2: направление от устья к истоку»  
(рабочая операция № 6).

Работа 5. «Разравнивание ЛОПК-2: направление от истока к устью»  
(рабочая операция № 5).

Эти варианты равнозначны, так как имеют одинаковую протяженность переходов исполнителя при смене запланированных работ на объекте.

На основании принятых запланированных решений составляется организационная схема работы исполнителей на объекте. Применительно к вариантам П.5, Т.1, К.3, В.4 она представлена в табличной форме (табл. 10).

Таблица 10. **Организационная схема работы исполнителей на объекте**  
(пример для рабочих операций № 4, 5 и 6 вариантов Т.1, К.3, В.4)

№ п.п.	Наименования рабочих операций	Исполнители рабочих операций			Границы участков работ	Очередность и направления выполнения работ					
		Марка	Кол-во	Номер		Канал 1		Канал 2		Канал 3	
						О	Н	О	Н	О	Н
1	2	3	4	5	6						
4	Устройство проектных каналов	ЭО-3211В	2	№ 4	Канал 2	Нет		1	→	Нет	
				№ 5	Каналы 1, 3	1	→	Нет		2	→

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Разравнивание экскаваторных отвалов (левая берма)	ДЗ-42	1	№ 6	Вся сеть	3	→	1	→	4	→
6	Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)	ДЗ-42	1	№ 6	Вся сеть	5	←	2	←	Нет	

Примечание. → – направление движения от устья канала к его истоку;  
 ← – направление движения от истока к устью канала;  
 Нет – отмеченная работа на данном канале не выполняется;  
 О – очередность выполнения работы;  
 Н – направление движения исполнителя.

## 5.2. Топология сетевой модели организации работ

В курсовой работе в качестве модели организации производства работ на объекте предусмотрено использование сетевой модели. Графическое изображение запланированного хода выполнения работ на объекте в виде *ориентированного математического графа* [3] называется сетевой моделью организации производства этих работ.

Модели данного вида на современном уровне развития науки, техники и технологии обладают следующими достоинствами:

- являются динамичными, т. е. все возможные изменения в ходе выполнения запланированных работ на объекте не вызывают необходимости пересмотра топологии самой модели;
- позволяют учесть все возможные зависимости между организуемыми работами и все необходимые перерывы между этими работами;
- дают возможность определить численные значения всех известных временных параметров организуемых работ, в том числе и величины резервов времени для каждой работы;
- позволяют установить перечень главных (основных) работ на объекте, выполнение которых требует первоочередного внимания от производителя работ и от сроков выполнения которых зависит продолжительность строительства объекта в целом.

Взаимное расположение в сетевой модели организуемых работ с указанием существующих зависимостей и перерывов между ними называется топологией (структурой) сетевой модели.

Любая сетевая модель содержит в своей топологии элементы, значения которых приведены ниже.

**«Работа»** – это рабочая операция, выполняемая одним исполнителем на каждом рабочем месте рассматриваемого объекта.

При строительстве открытой проводящей осушительной сети рабочим местом объекта считается каждый запроектированный канал независимо от его назначения и параметров. Любая **«работа»** обязательно требует затрат времени и ресурсов. В сетевых моделях **«работа»** изображается в виде сплошной горизонтальной стрелки произвольной длины, направленной всегда слева направо.

**«Ожидание»** – это перерывы между запланированными **«работами»**, регламентированные различными причинами и обстоятельствами.

**«Ожидание»** требует затрат времени, но не требует затрат ресурсов. В зависимости от причин и обстоятельств, вызывающих необходимость перерывов между **«работами»**, можно выделить несколько видов **«ожиданий»**.

**«Технологические ожидания» (ТО)** – это перерывы между **«работами»**, которые регламентируются принятой технологией строительства объекта.

При строительстве открытой проводящей осушительной сети с использованием специальных технологических схем (ТС.1, ТС.2, ТС.6 и т. п.) принятая технология строительства предусматривает наличие в сетевой модели следующих **ТО**:

**ТО-1** – между корчевкой кустарника по трассам каналов и сгребанием выкорчеванного кустарника в валы за пределы трассы каналов – 5...8 раб. дн.;

**ТО-2** – между устройством проектных каналов и разравниванием экскаваторных отвалов – левая или правая бермы (ТС.1) – 8...10 раб. дн.;

**ТО-3** – между устройством пионерных траншей и выполнением проектных каналов (ТС.2) или доработкой (левой или правой) русла пионерных траншей до проектных параметров каналов (ТС.6) – 22...30 раб. дн.;

**ТО-4** – между устройством пионерных траншей и разравниванием отвалов пионерных траншей (ТС.6) – 10...12 раб. дн.;

**ТО-5** – между доработкой русла пионерных траншей до проектных параметров каналов и разравниванием отвалов этой доработки (ТС.6) – 8...10 раб. дн.

Соблюдение указанных перерывов (**«ожиданий»**) гарантирует качество строительства открытой осушительной сети.

**«Природно-климатические ожидания» (ПКО)** – это перерывы между **«работами»**, которые регламентируются природно-климатическими условиями района и объекта строительства.

Применительно к мелиоративному и водохозяйственному строительству этот вид **«ожиданий»** может иметь место в следующих случаях:

**ПКО-1** – невозможность выполнения **«работ»** из-за распутицы. Распутица – это промежуток времени, когда несущая способность грунта не обеспечивает проходимость мелиоративно-строительных машин по объекту – 8...12 раб. дн.;

**ПКО-2** – невозможность выполнения некоторых видов **«работ»** из-за нахождения грунта в мерзлом состоянии (для его разработки требуется специальная технология);

**ПКО-3** – невозможность выполнения некоторых видов **«работ»** из-за высокого положения уровня грунтовых вод на объекте, которое, в свою очередь, негативно влияет на проходимость и производительность применяемых машин.

В курсовой работе этот вид **«ожиданий»** можно не учитывать.

**«Организационные ожидания» (ОО)** – это перерывы между **«работами»**, которые регламентируются организационными (производственными) условиями строительства объекта.

К числу таких **«ожиданий»** можно отнести:

**ОО-1** – перерывы между **«работами»**, необходимые для проведения плановых технических обслуживаний и текущих ремонтов машин, запланированных для выполнения работ на объекте;

**ОО-2** – перерывы между **«работами»**, необходимые для замены рабочего оборудования машин, выполняющих эти работы (требуется определенное время на замену на тракторе Т-170 корчевателя-собиранителя МП-7А на бульдозерное оборудование ДЗ-109).

В курсовой работе этот вид **«ожиданий»** можно не учитывать.

В сетевых моделях **«ожидания»** изображаются в виде сплошных стрелок произвольной длины, ориентированных в любом направлении. Над стрелкой указывается вид **«ожидания»**, а под стрелкой – продолжительность перерыва.

**«Зависимость»** – это обусловленность возможности начала или окончания запланированных **«работ»** на объекте какими-либо обстоятельствами.

**«Зависимости»** не требуют ни затрат времени, ни затрат ресурсов. В строительном производстве к таким обстоятельствам, обуславливающим возможность начала или окончания **«работ»**, чаще всего относят:

- плановое и высотное расположение рабочих мест, на которых будут выполняться рассматриваемые работы;
- направление движения исполнителей рассматриваемых работ согласно принятой организационной схеме их работы;
- степень зависимости рассматриваемых работ в условиях данного объекта;
- принятые методы организации рассматриваемых работ в условиях данного объекта.

В зависимости от того, какие обстоятельства обуславливают возможность начала или окончания рассматриваемых работ на объекте, можно выделить несколько видов **«зависимостей»**.

**«Технологические зависимости» (ТЗ)** обуславливают возможность последовательного метода организации зависимых или полузависимых работ, принадлежащих к одной или разным рабочим операциям.

Наличие **ТЗ** между **«работами»** обуславливает возможность начала последующей работы только после полного окончания предшествующей. О том, какая из двух работ последующая, а какая предшествующая, необходимо судить на основании принятой организационной схемы работы исполнителей на объекте (планируемая оптимальная очередность выполнения работ).

**«Организационные зависимости» (ОЗ)** обуславливают возможность последовательного метода организации зависимых работ, принадлежащих к разным рабочим операциям, но выполняемых одним исполнителем.

Наличие **ОЗ** между **«работами»** обуславливает возможность начала каждой последующей работы только после полного окончания предыдущих работ.

**«Временные зависимости» (ВЗ)** обуславливают возможность параллельного метода организации полузависимых и независимых работ, принадлежащих к одной или разным рабочим операциям и выполняемых разными исполнителями.

Наличие **ВЗ** между **«работами»** обуславливает возможность их одновременного начала или окончания на рассматриваемом объекте.

Таким образом, чтобы определить, какой вид зависимости можно использовать в сетевой модели, необходимо предварительно принять метод организации рассматриваемых работ на объекте. Возможны только два варианта методов организации: последовательный или параллельный. Для того чтобы принять конкретный вариант, необходимо

определить, к какой группе по степени зависимости относятся рассматриваемые работы. Всего выделяют три группы работ: **«зависимые»**, **«независимые»** и **«полузависимые»**.

**«Зависимые»** – это **«работы»**, принадлежащие к одной или разным рабочим операциям, выполнение которых предусмотрено одним исполнителем.

Например, первая рабочая операция «Вынос проекта в натуру» выполняется звеном № 1 и поэтому эти работы необходимо считать зависимыми. Все пять работ 5-й и 6-й рабочих операций выполняются одним исполнителем (ДЗ-42, № 6), поэтому эти работы также являются зависимыми. Все зависимые работы на объекте можно выполнять только с применением последовательного метода их организации, т. е. увязку их во времени и пространстве можно осуществлять с использованием **ТЗ** и **ОЗ**.

**«Независимые»** – это **«работы»**, принадлежащие к одной или разным рабочим операциям, выполнение которых предусмотрено разными исполнителями. Для данных работ, как правило, не установлена технологическая последовательность их выполнения на объекте, и эти работы выполняются на разных рабочих местах.

Например, для четвертой рабочей операции предусмотрено использование двух исполнителей: экскаваторов ЭО-3211В № 4 и ЭО-3211В № 5. При этом ЭО-3211В № 4 выполняет одну работу на канале 2, а ЭО-3211В № 5 – две работы на каналах 1 и 3. Согласно организационной схеме у каждого из этих исполнителей имеется первоочередная работа (первая для № 4 – канал 2; первая для № 5 – канал 1). Так как каналы 1 и 2 не связаны между собой (см. рис. 1), то очевидно, что эти две работы являются независимыми. Независимые работы на объекте можно выполнять с использованием параллельного метода их организации, т. е. увязку их во времени и пространстве можно осуществлять с использованием **ВЗ**.

**«Полузависимые»** – это **«работы»**, принадлежащие к разным рабочим операциям, выполнение которых предусмотрено различными исполнителями. Для данных работ установлена определенная технологическая последовательность их выполнения на каждом рабочем месте объекта.

Например, для 1-й и 2-й рабочих операций работы на первом канале являются полузависимыми, так как установлено, что именно на этом канале в первую очередь необходимо сделать выноску проекта в натуру и только после этого можно выполнять корчевку кустарника

(требование технологии). На канале 2 работы 4-й и 5-й рабочих операций также являются полузависимыми.

Выполнение полузависимых работ возможно с использованием как последовательного, так и параллельного методов их организации. Выбор конкретного метода зависит от направления движения исполнителей этих работ:

– если направления совпадают, применяют параллельный метод их организации. Например, на канале 2 работы 1-й и 2-й рабочих операций имеют одинаковые направления движения исполнителей (от устья канала к его истоку), значит, эти работы можно выполнять с использованием параллельного метода их организации, т. е. с использованием **ВЗ**;

– если направления противоположны, применяют последовательный метод организации работ. Например, на канале 1 работы 1-й и 2-й рабочих операций имеют противоположное направление движения исполнителей, значит, эти работы можно выполнять с использованием последовательного метода их организации, т. е. с использованием **ТЗ**.

В сетевых моделях «зависимости» изображаются в виде прерывистой стрелки произвольной длины, ориентированной в любом направлении. Над стрелкой указывается вид зависимости.

«События» – это факт начала или окончания запланированных «работ» на объекте, необходимый и достаточный для начала или окончания последующих работ.

В сетевых моделях каждая запланированная работа имеет два события, которые изображаются в виде кружков произвольного диаметра в начале и конце стрелки, изображающей работу (рис. 6).



Рис. 6. Изображение работы и событий в сетевых моделях

В начале стрелки изображается так называемое «начальное событие» работы (**НС**), которое символизирует начало выполнения данной работы на объекте. В конце стрелки изображают так называемое «конечное событие» работы (**КС**), которое символизирует факт полного окончания данной работы на объекте.

Начальное событие самой первой работы на рассматриваемом объекте, не имеющее предшествующих «работ», «ожиданий» и «зависимостей», называется исходным событием сетевой модели (ИССМ). У любой модели такое событие может быть только одно.

Конечное событие самой последней работы на объекте, не имеющее последующих «работ», «ожиданий» и «зависимостей», называется завершающим событием сетевой модели (ЗССМ). У любой модели такое событие может быть только одно (одноцелевая сетевая модель).

Для разработки и составления топологии (структуры) сетевой модели организации производства работ на объекте необходимо знать:

- а) технологическую последовательность выполнения запланированных работ на каждом рабочем месте объекта;
- б) количество запланированных работ для каждой рабочей операции;
- в) плановое расположение рабочих мест на объекте и схемы планового расположения выемок и отвалов грунта;
- г) организационную схему работы принятых исполнителей работ на объекте;
- д) возможные методы организации выполнения запланированных работ на объекте;
- е) специальные правила построения топологии сетевых моделей.

В предыдущих разделах настоящих методических указаний подробно изложены рекомендации по пунктам а, б, в, г, д. Далее рассмотрены специальные правила построения топологии сетевых моделей.

**Правило использования ТО.** Если на объекте между запланированными работами предусмотрены **ТО**, то в сетевой модели с их помощью соединяются: начальные события данных работ; конечные события этих работ; начальные и конечные события работ (рис. 7).

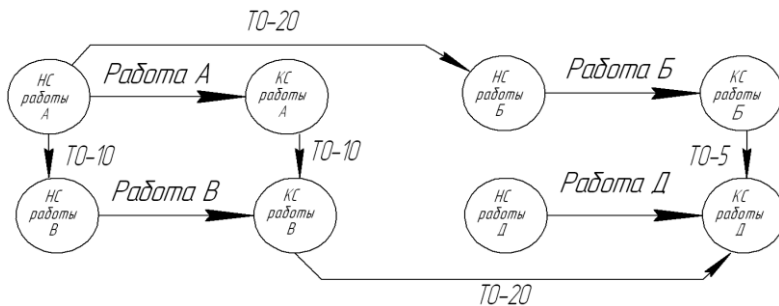


Рис. 7. Правило использования ТО

«Технологическое ожидание» показывает необходимое смещение во времени между началами или окончаниями работ, между которыми предусмотрен технологический перерыв.

**Правило использования ПКО и ОО.** Если между запланированными работами на объекте предусмотрены природно-климатические или организационные перерывы, то в сетевых моделях с помощью **ПКО** и **ОО** соединяют конечные и начальные события данных работ, между которыми предусмотрены эти перерывы (рис. 8).

**Правило использования ТЗ и ОЗ.** Если запланированные работы на объекте необходимо выполнять последовательным методом их организации, то в сетевых моделях с помощью **ТЗ** или **ОЗ** соединяют конечные и начальные события работ, которые планируется выполнять данным методом (рис. 9).

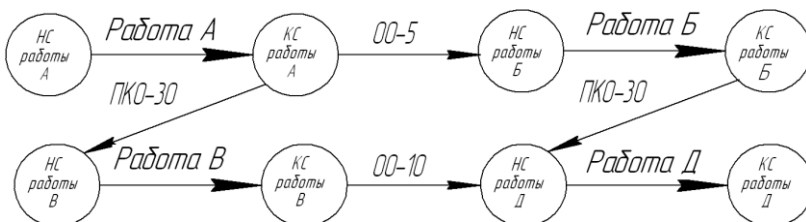


Рис. 8. Правило использования ПКО и ОО

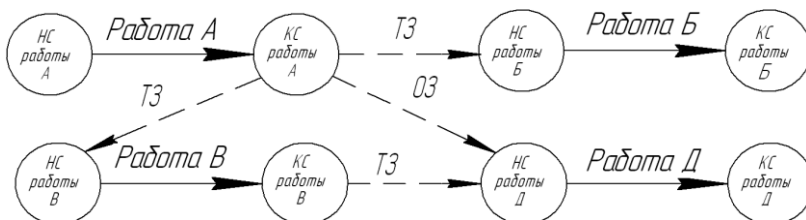


Рис. 9. Правило использования ТЗ и ОЗ

**Правило использования ВЗ.** Если запланированные работы на объекте необходимо выполнить с использованием параллельного метода их организации, то в сетевых моделях с помощью **ВЗ** соединяют: начальные события данных работ; конечные события этих работ; начальные и конечные события работ (рис. 10).

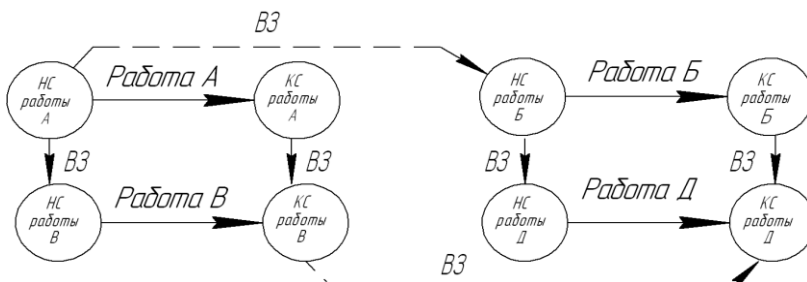


Рис. 10. Правило использования ВЗ

Если параллельным методом организуется выполнение **«независимых»** работ, то с помощью **ВЗ** соединяются только начальные или только конечные события этих работ. Если параллельным методом организуется выполнение **«полузависимых»** работ, то с помощью **ВЗ** соединяются начальные и конечные события этих работ.

**Правило недопустимости «циклов».** «Цикл» – это любая непрерывная последовательность **«работ»**, **«ожиданий»** и **«зависимостей»**, возвращающаяся в то событие модели, откуда она вышла (рис. 11).

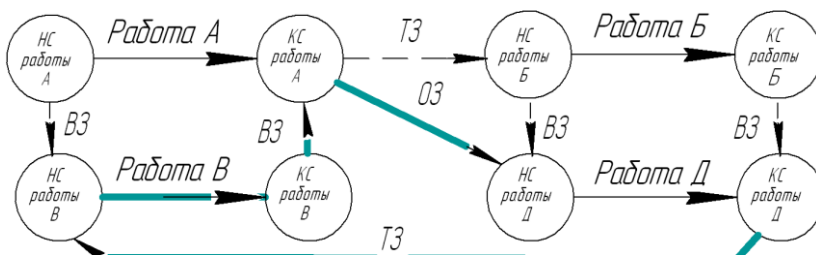


Рис. 11. Правило недопустимости «циклов»

На рис. 11 показан **«цикл»**, который начинается в **НС «работы В»**, проходит через «работу В», затем переходит на **ВЗ**, соединяющую **КС «работы В»** с **КС «работы А»**. Затем цикл проходит по **ОЗ**, соединяющей **КС «работы А»** с **НС «работы Д»**, проходит через «работу Д» и далее по **ТЗ**, соединяющей **КС «работы Д»** с **НС «работы В»**, т. е. цикл состоит из двух работ (В и Д) и трех зависимостей, одна из которых возвращает цикл в исходное положение (**НС «работы В»**).

Наличие «циклов» свидетельствует о том, что при составлении топологии сетевой модели нарушены технологические последовательности выполнения работ либо нарушены правила использования **ТО**, **ПКО**, **ОО**, **ТЗ**, **ОЗ** и **ВЗ**. Наличие «цикла» делает модель нерасчетной, т. е. у такой модели невозможно определить численное значение временных параметров работ.

**Правило недопустимости «тупиков» и «хвостов».** «Тупик» – это конечное событие одной из работ модели, не имеющее последующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся завершающим событием этой модели.

«Хвост» – это начальное событие одной из работ модели, не имеющее предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся исходным событием этой модели (рис. 12).

На рис. 12. **НС** «работы А» является исходным событием сетевой модели, а **КС** «работы Д» – завершающим событием сетевой модели. **КС** «работы В» не имеет последующих «ожиданий» и «зависимостей», но оно не является ЗССМ для данной модели. Значит, это и есть «тупик». **НС** «работы Д» не имеет предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но оно не является ИССМ для данной модели. Значит, это и есть «хвост».

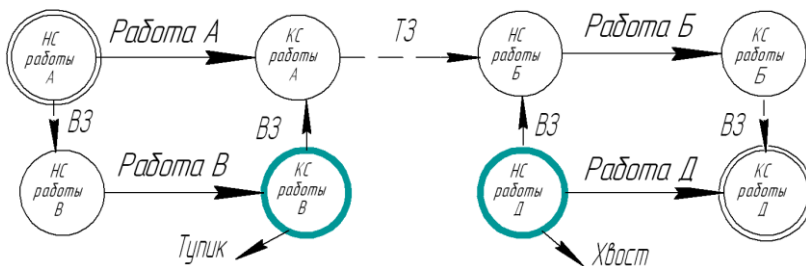


Рис. 12. Правило недопустимости «тупиков» и «хвостов»

Наличие «тупиков» или «хвостов» свидетельствует о том, что при разработке топологии сетевой модели не учтены и не показаны все существующие «ожидания» или «зависимости» между работами.

Наличие в модели «тупиков» или «хвостов» делает сетевую модель нерасчетной.

**Правило «кодирования» сетевой модели.** В сетевой модели каждая «работа», «ожидание» и «зависимость» должны иметь собствен-

ный неповторимый код. Код «**работы**» состоит из номеров его «**начального**» и «**конечного событий**». Коды «**ожиданий**» и «**зависимостей**» состоят из номеров тех событий, которые они соединяют согласно вышеизложенным правилам. При этом первая цифра кода не может быть больше второй цифры. Следовательно, чтобы установить коды «**работ**», «**ожиданий**» и «**зависимостей**», необходимо правильно пронумеровать все события рассматриваемой модели. Нумерация сетевой модели должна производиться по следующему алгоритму:

- на модели находят и обозначают двойным кружком исходное и завершающее события сетевой модели;
- нумерация должна производиться от исходного к завершающему событию сетевой модели;
- первый порядковый номер присваивается исходному событию сетевой модели;
- на модели вычеркиваются все стрелки («**работы**», «**ожидания**» и «**зависимости**»), выходящие из пронумерованного события;
- следующий порядковый номер получает то событие модели, в которое входят только вычеркнутые стрелки. Если претендентов на следующий порядковый номер несколько, то их последовательно нумеруют сверху вниз и слева направо;
- последний порядковый номер обязательно должен получить завершающее событие сетевой модели (рис. 13).

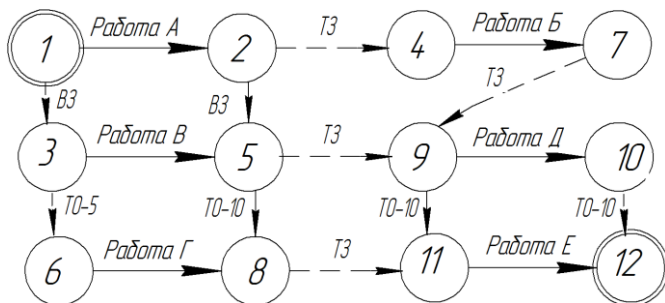


Рис. 13. Правило «кодирования» сетевой модели

После «**кодирования**» у каждой «**работы**», «**ожидания**» и «**зависимости**» появляется свой код. Например, «**работа Б**» имеет код 4–7, «**работа Г**» – код 6–8, «**работа Д**» – код 9–10; технологическое ожидание, соединяющее начальные события «**работы В**» и «**работы Г**», имеет

код 3–6; технологическая зависимость, соединяющая КС «работы Б» и НС «работы Д» – код 7–9.

Принято, что первая цифра кода обозначается буквой *i*, а вторая цифра – буквой *j*. Неправильная кодировка сетевой модели делает модель нерасчетной. Кроме того, предлагаемый алгоритм нумерации событий сетевой модели позволяет выявить ранее допущенные ошибки, связанные с нарушением **правила недопустимости «циклов»** и **правила недопустимости «тупиков»** и **«хвостов»**.

**Техника разработки и составления топологии сетевой модели.** Разработку топологии сетевой модели удобнее осуществлять в табличной форме (табл. 11). Это дает возможность наглядно представить увязку организуемых работ во времени и пространстве. Форма таблицы позволяет соблюдать установленную технологическую последовательность выполнения запланированных рабочих операций на объекте на каждом рабочем месте.

Таблица 11. Топология сетевой модели организации производства работ (пример для рабочих операций № 4, 5 и 6 вариантов П.5, Т.1, К.3, В.4)

№	Название рабочих операций	Исполнители работ на объекте		Модели организации работ				
		Марка	Мол-до	№	Канал 1	Канал 2	Канал 3	
4	Установка рулея ПК	30-321В	2	№4		2 → 4		
				№5	1 → 3 → 2 → 4	1 → 4	3 → 5 → 7	
5	Разрабатывание отвалов (левая берма)	Д3-42	1	№6	11 → 12 → 15 → 16	6 → 8	13 → 14	
				№6	11 → 12 → 15 → 16	6 → 8	13 → 14	
6	Разрабатывание отвалов (правая берма)	Д3-42	1	№6	15 → 16 → 9 → 10	9 → 10		

Техника составления предусматривает приведенную ниже очередность разработки топологии сетевой модели.

1. В таблице в соответствующих строках и колонках изображаются все запланированные работы (см. рис. 7).

2. Над каждой изображенной работой указывается очередность ее выполнения (согласно принятой организационной схеме работы исполнителей на объекте).

3. Под каждой изображенной работой с помощью стрелок показывается предлагаемое направление движения исполнителя при выполнении рассматриваемой работы (согласно принятой организационной схеме работы исполнителей на объекте).

4. Осуществляется **«горизонтальная»** увязка организуемых работ во времени и пространстве. Например, четвертая рабочая операция содержит три работы, но эти работы выполняются двумя исполнителями: ЭО-3211В № 4 и ЭО-3211В № 5. Две работы, выполняемые экскаватором ЭО-3211В № 5, будут **«зависимыми»**, очередность их определена (см. табл. 10), и в сетевой модели они изображаются ТЗ<sub>3-5</sub>. Экскаватор ЭО-3211В № 4 выполняет только одну работу. Поэтому на данном объекте эта работа и первая работа, выполняемая экскаватором ЭО-3211В № 5, относятся к группе **«независимых»**, для выполнения которых используется параллельный метод их организации. В сетевых моделях этот метод изображается с помощью ВЗ, соединяющих неполные либо конечные события данных работ. В представленном примере это будет ВЗ<sub>1-2</sub>.

Пятую и шестую рабочие операции выполняет один исполнитель (ДЗ-42 № 6). Эти операции содержат пять работ. **«Горизонтальную»** увязку данных работ необходимо выполнять совместно. Эти работы относятся к группе **«зависимых»**, т. е. для их выполнения необходимо использовать последовательный метод организации. Последовательность их выполнения определена организационной схемой. Работы относятся к разным рабочим операциям, поэтому для **«горизонтальной»** увязки их во времени и пространстве необходимо использовать два вида **«зависимостей»**: ТЗ и ОЗ. В представленном примере (табл. 11) работу 1 и работу 2 соединяет ОЗ<sub>8-9</sub>, работы 2 и 3 – ОЗ<sub>10-11</sub>, работы 3 и 4 – ТЗ<sub>12-13</sub>, работы 4 и 5 – ОЗ<sub>14-15</sub>.

Аналогичным образом осуществляется горизонтальная увязка во времени и пространстве всех остальных работ для каждой запланированной рабочей операции.

5. Осуществляется **«вертикальная»** увязка организуемых работ во времени и пространстве. Например, для канала 1.

Между работами, связанными с устройством проектных русел каналов (рабочая операция № 4), и работами, предусматривающими выравнивание экскаваторных отвалов (рабочие операции № 5 и № 6), технологией предусматривается ТО-2. В сетевой модели это требование гарантируется наличием следующих ТО-2: ТО-2<sub>1-11</sub>, ТО-2<sub>3-12</sub>, ТО-2<sub>2-6</sub>, ТО-2<sub>4-8</sub>, ТО-2<sub>5-13</sub> и ТО-2<sub>7-14</sub> и т. д.

Примечание. Для удобства объяснения техники составления топологии сетевой модели в приведенных примерах **«горизонтальной»** и **«вертикальной»** увязок работ во времени и пространстве использовались коды **«работ»**, **«ожиданий»** и **«зависимостей»**. Реально кодирование сетевой модели возможно только после полного завершения составления топологии этой модели.

В курсовой работе необходимо представить в табличной форме (см. табл. 11) топологию сетевой модели организации работ на объекте, произвести кодировку этой модели и выделить двойными кружками ИССМ и ЗССМ.

### 5.3. Карточка-определитель работ на объекте

Карточка-определитель представляет собой проектный документ, определяющий расчетную продолжительность выполнения запланированных работ и рабочих операций на объекте в соответствии с принятой организационной схемой исполнителя.

Для составления карточки-определителя необходимо знать:

- запланированный перечень рабочих операций и работ на объекте;
- профильный объем рабочих операций и работ на объекте;
- величины технического нормирования для выполнения рабочих операций на объекте в соответствии с условиями их выполнения и принятыми типами и марками машин.

Расчетными параметрами карточки-определителя являются приведенные ниже.

Расчетная продолжительность выполнения работ на объекте (раб. дн.) определяется по формуле

$$t_{i-j} = \frac{W_{i-j}}{H_{\text{пр.}i-j}}, \quad (5.1)$$

где  $i$  – номер рабочей операции;

$j$  – номер рабочего места (канала);

$W_{i-j}$  – профильный объем  $i$ -й рабочей операции на  $j$ -м рабочем месте;

$H_{\text{пр.}i-j}$  – норма производительности выполнения  $i$ -й рабочей операции на  $j$ -м рабочем месте, которая, в свою очередь, определяется по формуле

$$H_{\text{пр.}i-j} = \frac{W_{\text{ед}}}{H_{\text{вр.}i-j}}, \quad (5.2)$$

где  $W_{\text{ед}}$  – единичный объем;

$N_{вр.i-j}$  – согласно результатам нормирования.

Расчетная продолжительность выполнения рабочих операций на объекте (раб. дн.) определяется по формуле

$$T_i = \frac{W_i}{N_i^{пр} \cdot N_{пр.i}}, \quad (5.3)$$

где  $W_i$  – профильный объем  $i$ -й рабочей операции на объекте;

$N_i^{пр}$  – принятое количество машин для выполнения  $i$ -й рабочей операции (см. табл. 7);

$N_{пр.i}$  – средневзвешенная норма производительности машин для выполнения  $i$ -й рабочей операции, которая определяется по формуле

$$N_{пр.i} = \frac{\sum_{j=1}^n (N_{i-j}^{пр} \cdot W_{i-j})}{\sum_{j=1}^n W_{i-j}}, \quad (5.4)$$

где  $j$  – количество рабочих мест, на которых выполняется  $i$ -я рабочая операция,  $j = 1$ .

Карточка-определитель составляется в табличной форме (табл. 12).

Таблица 12. Карточка-определитель работ на объекте

№ п.п.	Наименования рабочих операций	Машины		Расчетная продолжительность работ, раб. дн.			Расчетная продолжительность $T_i$ рабочей операции, раб. дн.
		Марка	Номер	К-1	К-2	К-3	
1	2	3	4	5	6	7	8

## 6. ПЛАНИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ

В настоящем разделе курсовой работы необходимо:

- рассчитать временные параметры всех запланированных работ на объекте;

- определить расчетную продолжительность строительства объекта в целом;
- вычислить продолжительности выполнения рабочих операций на объекте;
- рассчитать продолжительность строительства каждого из запланированных каналов.

Для управления ходом строительства любого объекта необходимо знать численные значения временных параметров работ, которые необходимо выполнить на объекте.

Сетевые модели организации работ позволяют рассчитать величины этих параметров. В сетевом планировании рассчитываются две группы параметров:

- временные параметры работ;
- временные параметры модели.

### **6.1. Временные параметры работ сетевой модели**

Основные временные параметры работ в сетевой модели, позволяющие принимать оперативные управленческие решения в ходе строительства объекта, перечислены ниже.

1. Время раннего начала работ на объекте ( $T_{i-j}^{PH}$ ) или время раннего свершения события сетевой модели ( $T_i^{PC}$ ).

2. Время позднего окончания работ на объекте ( $T_{i-j}^{PO}$ ) или время позднего свершения события сетевой модели ( $T_i^{PC}$ ).

3. Полный резерв времени работы ( $R_{i-j}^n$ ) – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы ( $t_{i-j}$ ) или сместить время ее раннего начала ( $T_{i-j}^{PH}$ ), не изменяя при этом расчетной продолжительности строительства объекта.

4. Свободный резерв времени работы ( $R_{i-j}^c$ ) – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы ( $t_{i-j}$ ) или сместить время ее раннего начала ( $T_{i-j}^{PH}$ ), не изменяя при этом времени раннего начала всех последующих работ.

5. Потенциал события ( $T_i^n$ ) – величина, которая показывает, сколько рабочего времени остается от момента свершения рассматриваемого события до окончания строительства объекта.

6. Продолжительность **«критического»** пути сетевой модели ( $L_{кр}$ ) – это максимальная суммарная продолжительность **«работ»** и **«ожиданий»**, лежащих на полном пути от исходного до завершающего события сетевой модели.

Полный путь – это любая непрерывная последовательность **«работ»**, **«ожиданий»** и **«зависимостей»** от ИССМ до ЗССМ. У любой сетевой модели множество полных путей. Каждый из них характеризуется своей длиной, т. е. суммарной продолжительностью **«работ»** и **«ожиданий»**, лежащих на этом пути (**«зависимости»** не имеют продолжительности). Самый длинный – полный путь называется **«критическим»**. Длина **«критического»** пути определяет расчетную продолжительность строительства объекта.

В курсовой работе расчет временных параметров необходимо выполнить, используя секторный и табличный способы расчета.

Секторный способ предусматривает форму записи результатов расчета, приведенную на рис. 14.

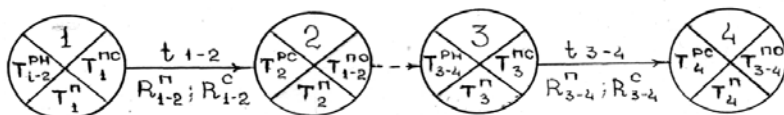


Рис. 14. Форма записи результатов при секторном способе расчета временных параметров работ

Каждое событие сетевой модели делится на четыре сектора:

- в левом секторе записывается  $T_{i-j}^{PH}$  или  $T_i^{PC}$ ;
- в правом секторе записывается  $T_{i-j}^{NO}$  или  $T_i^{NC}$ ;
- в нижнем секторе записывается  $T_i^N$ ;
- над стрелкой, изображающей работу, записывается ее расчетная продолжительность ( $t_{i-j}$ ) согласно варианту  $V_i$  (исходные данные);
- под стрелкой, изображающей работу, через точку с запятой записывается  $R_{i-j}^N$  и  $R_{i-j}^C$ .

**Алгоритм расчета секторным способом.** Для расчета временных параметров составленная топология сетевой модели (см. табл. 11) должна быть представлена в форме табл. 13. События должны быть

вычерчены в увеличенном размере, позволяющем разделить их на четыре сектора. В модели должны быть выделены ИССМ и ЗССМ. В верхнем секторе каждого события необходимо записать его номер согласно выполненной кодировке. Над каждой стрелкой, изображающей «работу», необходимо записать ее расчетную продолжительность ( $t_{i-j}$ ) согласно выданному варианту  $V_i$ .

Все «ожидания» в сетевой модели должны иметь продолжительность согласно приведенным выше рекомендациям.

Первый шаг алгоритма – определение величин  $T_{i-j}^{PH}(T_i^{PC})$ , которые записывают в левый сектор каждого события. Расчет производится от ИССМ к ЗССМ в порядке возрастания номеров события. В левом секторе первого события (ИССМ) записывается «нуль». Для последующих событий (в очередности 2, 3, 4, 5 и т. д.) значение  $T_{i-j}^{PH}(T_i^{PC})$  вычисляется по формуле

$$T_{i-j}^{PH}(T_i^{PC}) = \max \left\{ T_{h-i}^{PH}(T_h^{PC}) + t_{h-i} \right\}. \quad (6.1)$$

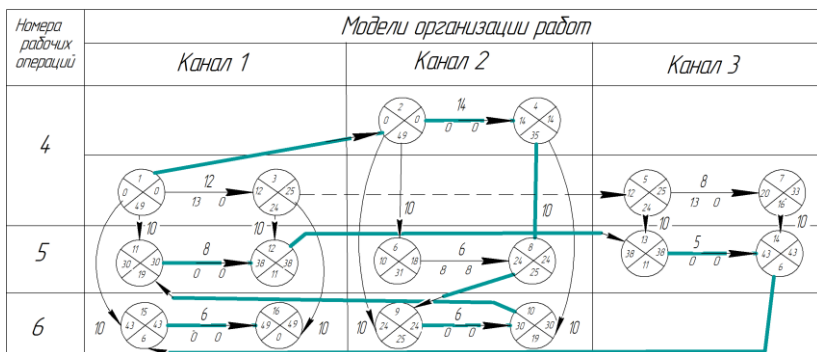
Например (табл. 13):

$$1) T_{3-5}^{PH}(T_3^{PC}) = \max \left\{ T_{1-3}^{PH}(T_1^{PC}) + t_{1-3} \right\} = \max \{ 0 + 12 = 12 \} = 12;$$

$$2) T_{13-14}^{PH}(T_{13}^{PC}) = \max \left\{ \begin{array}{l} T_{5-13}^{PH}(T_5^{PC}) + t_{5-13} \\ T_{12-13}^{PH}(T_{12}^{PC}) + t_{12-13} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 12 + 10 = 22 \\ 38 + 0 = 38 \end{array} \right\} = 38.$$

Необходимо учитывать, что все виды «зависимостей» имеют нулевую продолжительность, но обязательно должны учитываться при расчете временных параметров работ.

Таблица 13. Результаты расчета временных параметров работ сетевой модели (пример для рабочих операций № 4, 5 и 6 вариантов П.5, Т.1, К.3, В.4)



В результате расчета (табл. 13) в левом секторе события 16 (ЗССМ) записывается  $T_{16}^{pc} = 49$ . Это планируемая расчетная продолжительность строительства объекта в рабочих днях.

Второй шаг алгоритма – расчет величин  $T_{i-j}^{no} (T_i^{nc})$ , которые записываются в правый сектор каждого события. Расчет производится от ЗССМ к ИССМ в порядке убывания номеров события (в очередности 16, 15, 14, и т. д. до 1). В правом секторе события 16 в ЗССМ записываются значения левого сектора этого события, т. е. принимается

$$T_{ЗССМ}^{pc} = T_{ЗССМ}^{nc}$$

Для расчета  $T_{i-j}^{no} (T_i^{nc})$  используется следующая формула:

$$T_{i-j}^{no} (T_i^{nc}) = \min \left\{ T_{j-k}^{no} (T_k^{nc}) - t_{j-k} \right\}. \quad (6.2)$$

Например (табл. 13):

$$1) T_{15-16}^{no} (T_{15}^{nc}) = \min \left\{ T_{15-16}^{no} (T_{16}^{nc}) - t_{15-16} \right\} = \min \{ 49 - 6 = 43 \} = 43;$$

$$2) T_{5-7}^{no} (T_5^{nc}) = \min \left\{ \begin{array}{l} T_{5-7}^{no} (T_7^{nc}) - t_{5-7} \\ T_{5-13}^{no} (T_{13}^{nc}) - t_{5-13} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 33 - 8 = 25 \\ 38 - 10 = 28 \end{array} \right\} = 25.$$

При расчете  $T_{i-j}^{no}$  ( $T_i^{nc}$ ) необходимо обязательно учитывать, сколько «работ», «ожиданий» и «зависимостей» выходит из рассматриваемого события, и для каждой из них рассчитывать искомую разницу по формуле (6.2).

Контроль правильности расчета:

– в правом секторе события 1 (ИССМ) обязательно должно получиться нулевое значение  $T_1^{nc} = 0$ ;

– для любого события сетевой модели значение правого сектора не может быть меньше значения левого сектора ( $T_i^{nc} \geq T_i^{pc}$ ).

Третий шаг алгоритма – расчет величин  $T_i^n$ , которые записываются в нижний сектор каждого события. Расчет производится от ЗССМ к ИССМ в порядке убывания номеров событий (в очередности 16, 15, 14 и т. д. до 1). Потенциал ЗССМ принимается равным нулю, т. е.  $T_{16}^n = 0$ .

Для расчета необходимо использовать следующую формулу:

$$T_i^n = \max \{T_j^n + t_{i-j}\} \quad (6.3)$$

Например (см. табл. 13):

$$1) T_{15}^n = \max \{T_{16}^n + t_{15-16}\} = \max \{0 + 6 = 6\} = 6;$$

$$2) T_5^n = \max \left\{ \begin{array}{l} T_7^n + t_{5-7} \\ T_{13}^n + t_{5-13} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16 + 8 = 24 \\ 11 + 10 = 21 \end{array} \right\} = 24.$$

Контроль правильности расчета.

Потенциал ИССМ должен равняться планируемой расчетной продолжительности строительства, т. е.

$$T_{ИССМ}^n = T_{ЗССМ}^{pc} = T_{ЗССМ}^{nc}.$$

В приведенном примере (см. табл. 13)

$$T_1^n = T_{16}^{pc} = T_{16}^{nc} = 49.$$

Четвертый шаг алгоритма – расчет величин полного резерва времени «работ» и «ожиданий» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу

$$R_{i-j}^n = T_{i-j}^{no} (T_j^{pc}) - T_{i-j}^{pn} (T_i^{pc}) - t_{i-j}. \quad (6.4)$$

Например (см. табл. 13):

$$R_{11-12}^n = T_{11-12}^{no} (T_{12}^{pc}) - T_{11-12}^{pn} (T_{11}^{pc}) - t_{11-12} = 38 - 30 - 8 = 0.$$

Контроль правильности расчета.

Значение  $R_{i-j}^n$  не может быть отрицательным, т. е.  $R_{i-j}^n \geq 0$ .

Пятый шаг алгоритма – расчет величин свободного резерва времени «работ» и «ожиданий» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу

$$R_{i-j}^c = T_{j-k}^{pn} (T_j^{pc}) - T_{i-j}^{pn} (T_i^{pc}) - t_{i-j}. \quad (6.5)$$

Например (см. табл. 13):

$$R_{13-14}^c = T_{14-15}^{pn} (T_{14}^{pc}) - T_{13-14}^{pn} (T_{13}^{pc}) - t_{13-14} = 43 - 38 - 5 = 0.$$

Контроль правильности расчета:

– значение  $R_{i-j}^c$  не может быть отрицательным, т. е.  $R_{i-j}^c \geq 0$ ;

– значение  $R_{i-j}^c$  не может быть больше значения  $R_{i-j}^n$ , т. е.

$$R_{i-j}^c \leq R_{i-j}^n.$$

После приведенных расчетов величин временных параметров на сетевой модели выделяют (уголщенными линиями) все «работы» и «ожидания», у которых оба резерва времени равны нулю, т. е.

$R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$ . Эти работы на данном объекте являются главными (критическими), которые требуют первоочередного внимания от производителя работ.

Чтобы определить направление «критического» пути сетевой модели, необходимо выделить те «зависимости», которые соединяют конечные и начальные события выделенных главных (критических) работ. В приведенном примере (см. табл. 13) критический путь сетевой модели проходит через следующие события:

$$L_{кр} = 1 - 2 - 4 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 = 49 \text{ раб. дн.}$$

### Алгоритм расчета с помощью компьютера.

Для расчета временных параметров сетевой модели необходимо наличие следующих исходных данных:

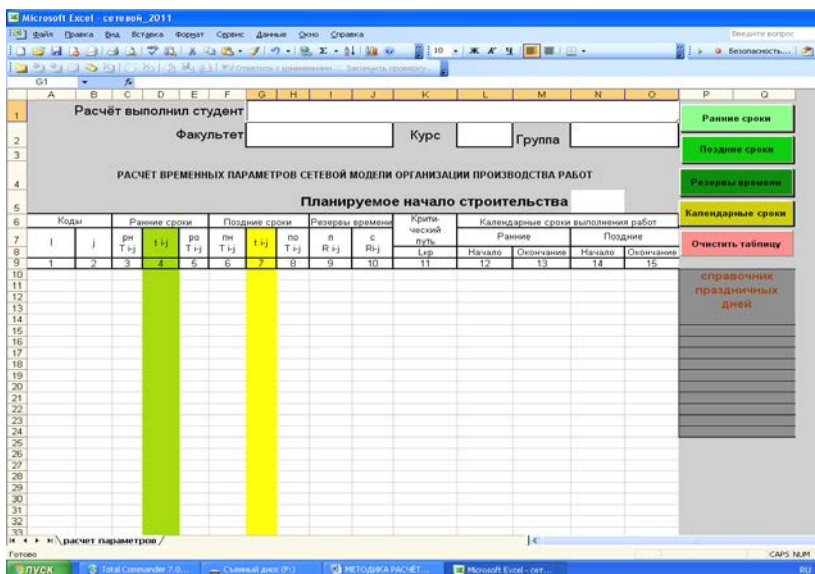
- топология (структура) сетевой модели организации производства работ на объекте с пронумерованными событиями (кодировка модели);
- расчетные продолжительности выполнения на объекте всех запланированных работ ( $t_{i-j}$ , раб. дн.);
- принятые продолжительности всех запланированных ожиданий (перерывов) между работами на объекте, раб. дн.;
- календарная дата начала строительства объекта (число, месяц, год);
- даты праздничных дней того года, в котором запланировано строительство объекта (число, месяц).

Для расчета временных параметров сетевой модели с помощью ПК можно использовать таблицу Microsoft Excel «Сетевой 2011». Алгоритм использования должен быть следующим:

*Шаг 1.* Вызывается Total Commander.

*Шаг 2.* Выбирается таблица Microsoft Excel «Сетевой 2011». При этом действии на экране монитора появляется табл. 14.

Таблица 14. Microsoft Excel «Сетевой 2011»



*Шаг 3.* В верхнюю часть таблицы вносятся данные об исполнителе (фамилия, имя и отчество студента; факультет, курс, группа).

*Шаг 4.* В ячейку «Планируемое начало строительства» вносятся число, месяц и год начала строительства объекта.

*Шаг 5.* В ячейку «Справочник праздничных дней» вносятся числа и месяцы всех праздничных дней планируемого года строительства объекта. Для этого используется производственный календарь того года, когда осуществляется строительство объекта. Выходные дни (субботы и воскресенья) вносить не надо, так как они учитываются автоматически.

*Шаг 6.* Заполняются 1, 2 и 4-я колонки таблицы. С использованием топологии (структуры) сетевой модели в колонки 1 и 2 заносятся коды  $i$  и  $j$  всех работ, ожиданий и зависимостей, входящих в топологию сетевой модели, а в колонку 4 одновременно заносятся численные значения расчетных продолжительностей работ ( $t_{i-j}$ ), планируемых продолжительностей ожиданий (для зависимостей всех видов в колонку 4 заносят 0). При заполнении колонок 1 и 2 необходимо строго придерживаться следующего правила: **заполнение колонок необходимо производить в порядке возрастания номеров событий сетевой модели.**

Начинать необходимо с события с первым порядковым номером. Заносят все работы, ожидания и зависимости, которые выходят из события № 1 (колонка 1). В колонку 2 заносят номера событий, в которые входят эти работы, ожидания и зависимости, при этом в первую очередь заносят те события, которые имеют меньший порядковый номер. Например: 1–2; 1–3; 1–11. Затем то же самое следует выполнить для события № 2 (колонка 1), т. е. 2–4; 2–6; 2–9. Таким образом необходимо заполнить колонки 1, 2 и 4 для всех работ, ожиданий и зависимостей, которые включены в топологию модели.

*Шаг 7.* В правом верхнем углу таблицы необходимо нажать клавиши «Ранние сроки», «Поздние сроки», «Резервы времени» и «Календарные сроки».

При нажатии клавиш «Ранние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 3 и 5 появляются величины таких временных параметров, как  $T_{i-j}^{pn}$  и  $T_{i-j}^{po}$ , а в колонках 12 и 13 – календарные сроки выполнения запланированных работ на объекте (начало и окончание).

При нажатии клавиш «Поздние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 6 и 8 появляются величины таких временных параметров, как  $T_{i-j}^{mn}$  и  $T_{i-j}^{mo}$ , а в колонках 14 и 15 – календарные сроки выполнения

запланированных работ на объекте (начало и окончание), соответствующие поздним срокам их выполнения.

При нажатии клавиши «Резервы времени» в колонках 9 и 10 появляются величины таких временных параметров, как  $R_{i-j}^n$  и  $R_{i-j}^c$ . При выполнении этой операции одновременно заполняется колонка 11, в которой показываются коды тех работ, ожиданий и зависимостей  $i$  и  $j$ , для которых значения  $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c$ . Эти работы и ожидания называются критическими, а зависимости – существенными. В колонку 7 автоматически переносятся данные колонки 4 при ее заполнении (см. шаг 6).

*Шаг 8.* Полученную таблицу с результатами расчета временных параметров необходимо сохранить как файл Microsoft Excel и распечатать, выделив те параметры, которые необходимо было рассчитать (табл. 15).

Таблица 15. Результат расчета временных параметров

Расчёт выполнил студент		Сидоров Иван Иванович													
Факультет					Курс					Группа					
<b>РАСЧЁТ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ</b>															
<b>Планируемое начало строительства 06.04.2015</b>															
Коды		Ранние сроки			Поздние сроки			Резервы времени			Критический путь Лкр	Календарные сроки выполнения работ			
i	j	рн Tij	tij	ро Tij	пн Tij	tij	по Tij	п Rij	с Rij	Ранние		Поздние			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 - 2	06.04.2015	06.04.2015	06.04.2015	06.04.2015
1	3	0	12	12	13	12	25	13	0		06.04.2015	21.04.2015	22.04.2015	08.05.2015	
1	11	0	10	10	20	10	30	20	20		06.04.2015	17.04.2015	02.05.2015	15.05.2015	
2	4	0	14	14	0	14	14	0	0	2 - 4	06.04.2015	23.04.2015	06.04.2015	23.04.2015	
2	6	0	10	10	8	10	18	8	0		06.04.2015	17.04.2015	15.04.2015	29.04.2015	
2	9	0	10	10	14	10	24	14	14		06.04.2015	17.04.2015	23.04.2015	07.05.2015	
3	5	12	0	12	25	0	25	13	0		21.04.2015	21.04.2015	08.05.2015	08.05.2015	
3	12	12	10	22	28	10	38	16	16		21.04.2015	05.05.2015	13.05.2015	27.05.2015	
4	8	14	10	24	14	10	24	0	0	4 - 8	23.04.2015	07.05.2015	23.04.2015	07.05.2015	
4	10	14	10	24	20	10	30	6	6		23.04.2015	07.05.2015	02.05.2015	15.05.2015	
5	7	12	8	20	25	8	33	13	0		21.04.2015	02.05.2015	08.05.2015	20.05.2015	
5	13	12	10	22	28	10	38	16	16		21.04.2015	05.05.2015	13.05.2015	27.05.2015	
6	8	10	6	16	18	6	24	8	8		17.04.2015	27.04.2015	29.04.2015	07.05.2015	
7	14	20	10	30	33	10	43	13	13		02.05.2015	15.05.2015	20.05.2015	03.06.2015	
8	9	24	0	24	24	0	24	0	0	8 - 9	07.05.2015	07.05.2015	07.05.2015	07.05.2015	
9	10	24	6	30	24	6	30	0	0	9 - 10	07.05.2015	15.05.2015	07.05.2015	15.05.2015	
10	11	30	0	30	30	0	30	0	0	10 - 11	15.05.2015	15.05.2015	15.05.2015	15.05.2015	
11	12	30	8	38	30	8	38	0	0	11 - 12	15.05.2015	27.05.2015	15.05.2015	27.05.2015	
12	13	38	0	38	38	0	38	0	0	12 - 13	27.05.2015	27.05.2015	27.05.2015	27.05.2015	
13	14	38	5	43	38	5	43	0	0	13 - 14	27.05.2015	03.06.2015	27.05.2015	03.06.2015	
14	15	43	0	43	43	0	43	0	0	14 - 15	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	
15	16	43	6	49	43	6	49	0	0	15 - 16	03.06.2015	11.06.2015	03.06.2015	11.06.2015	
Длина критического пути (продолжительность строительства) Лкр =											49				дней

*Шаг 9.* После работы с данными таблицы их можно удалить, используя клавишу «Очистить таблицу».

*Шаг 10.* Определяется и записывается направление критического пути сетевой модели. Используя данные колонки 11, последовательно выписывают коды критических работ, ожиданий и существенных зависимостей:

$$L_{кр} = 1 - 2 - 4 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 = 49 \text{ раб. дн.}$$

Полученный вариант критического пути необходимо сравнить с длиной пути, полученного при расчете секторным способом, они должны быть одинаковыми.

Результаты расчета временных параметров (см. табл. 15) являются исходными данными для построения календарного плана производства работ на объекте.

## 6.2. Временные параметры сетевой модели

Заданием на курсовое проектирование предусмотрено определение номенклатуры критических работ данного объекта, продолжительности рабочих операций, продолжительности строительства сооружений объекта (пример для рабочих операций № 4, 5 и 6 вариантов П.5, Т.1, К.3, В.4).

Критическими работами на объекте являются те, для которых полный и свободный резервы времени равняются нулю. В соответствии с проведенными расчетами в подразделе 6.1 и табл. 15 составлена номенклатура критических работ данного объекта (табл. 16).

Таблица 16. Критические работы на объекте

№ п.п.	Коды		Критические работы объекта Наименования работ	Места работ	Календарные сроки	
	i	j			Начало	Окончание
5	11	12	Разравнивание отвалов проектных каналов (левая берма)	Кл.1	15.05.15	27.05.15
	13	14		Кл.3	27.05.15	03.06.15
6	9	10	Разравнивание отвалов проектных каналов (правая берма)	Кл.2	07.05.15	15.05.15
	15	16		Кл.1	03.06.15	11.06.15

Вывод: таким образом, на объекте нужно выполнить 5 критических работ.

На основании проведенных расчетов определяем расчетную продолжительность рабочих операций на объекте. Для этого необходимо знать:

- коды работ, принадлежащие к рассматриваемым рабочим операциям;
- величины временных параметров данных работ (время раннего начала, время раннего окончания, время позднего окончания (см. табл. 15).

Расчет производится по следующему алгоритму:

*Шаг 1.* В рассматриваемой рабочей операции выбираем минимальное раннее начало работ, принадлежащих к данной операции, и помечаем соответствующим знаком.

*Шаг 2.* Выбираем максимальное раннее окончание из рассматриваемых работ и тоже их помечаем.

*Шаг 3.* Минимально возможная расчетная продолжительность рассматриваемой рабочей операции будет равна  $T_{i-j}^{po} - T_{i-j}^{pn}$ .

*Шаг 4.* Для найденных работ находим максимальное значение позднего окончания.

*Шаг 5.* Определяем максимально возможную продолжительность рабочих операций.

*Шаг 6.* Находим максимальную продолжительность работ.

*Шаг 7.* Определяем полный резерв времени рабочих операций. Для этого находим разницу между максимальным и минимальным значениями.

Результаты расчетов представлены в табл. 17.

Таблица 17. **Определение расчетной продолжительности рабочих операций**

№ п.п.	Наименования рабочих операций	Коды работ		Временные параметры			Продолжительность работ		
		<i>i</i>	<i>j</i>	$T_{i-j}^{pn}$	$T_{i-j}^{po}$	$T_{i-j}^{pn}$	$T_i^{\min}$	$T_i^{\max}$	$R_i^n$
4	Устройство русел	1	3	0	12	25	20	33	13
		2	4	0	14	14			
		5	7	12	20	33			
5	Разравнивание отвалов ПК (левая берма)	6	8	10	16	24	33	33	0
		11	12	30	38	38			
		13	14	38	43	43			
6	Разравнивание отвалов ПК (правая берма)	9	10	24	30	30	25	25	0
		15	16	43	49	49			

Вывод: максимальную продолжительность имеют операции № 4 и № 5, а минимальную – операция № 1.

Далее определяем расчетные продолжительности строительства за-проектированных сооружений на объекте (т. е. каналов).

Для этого необходимо знать:

- коды работ, которые необходимо выполнить, чтобы построить каждый канал;

- временные параметры.

Расчет продолжительности строительства каналов ведется по алгоритму, аналогичному представленному выше.

Результаты расчета необходимо занести в табл. 18.

Таблица 18. Расчет продолжительности строительства сооружений объекта

№ п.п.	Наименования сооружений объекта	Коды работ		Временные параметры			Продолжительность работ		
		$i$	$j$	$T_{i-j}^{pu}$	$T_{i-j}^{po}$	$T_i^{pu}$	$T_i^{\min}$	$T_i^{\max}$	$R_i^n$
1	Канал 1	1	3	0	12	25	49	49	0
		11	12	30	38	38			
		15	16	43	49	49			
2	Канал 2	2	4	0	14	14	30	30	0
		6	8	10	16	24			
		9	10	24	30	30			
3	Канал 3	5	7	12	20	33	31	31	0
		13	14	38	43	43			

Вывод: максимальную продолжительность строительства имеет канал 1, а минимальную – канал 2.

### 6.3. Календарный план производства работ

Основным документом планирования является календарный план производства работ на объекте (КППР). Календарный план производства работ представляет собой проектный документ, устанавливающий технологическую последовательность и определяющий конкретные сроки выполнения работ на объекте строительства.

Исходными данными для составления КППР служат:

– сетевой график производства работ на объекте (см. табл. 13);  
– планируемая календарная дата начала строительства рассматриваемого объекта.

В курсовой работе датой начала строительства следует считать **календарную дату первого понедельника апреля текущего календарного года.**

Рекомендуется следующий **алгоритм составления КППР**.

*Шаг 1.* Составляется календарная линейка КППР. Календарная линейка – это специальная шкала, позволяющая увязать известные временные параметры работ сетевой модели с конкретными календарными датами планируемой расчетной продолжительности строительства объекта. Шкала календарной линейки содержит 5 строк (рис. 15).

Заполнение календарной линейки, если известен год строительства, начинают со строки 4. В этой строке в выбранном масштабе времени откладывают все рабочие дни строительства рассматриваемого объекта (от 1 до  $L_{кр}$ ). Зная календарную дату первого рабочего дня и используя календарь текущего года строительства, в строку 5 записывают календарные даты каждого рабочего дня (исключая праздничные и выходные дни). Одновременно в строках 3 и 2 отмечают границы рабочих недель и границы месяцев года строительства.

1	Год строительства	2015										
2	Месяцы	Апрель										
3	Рабочие недели	1					2					
4	Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	$L_{кр}$
5	Календарные даты	6	7	8	9	10	13	14	15	16	...	$D_x$

Рис. 15. Форма календарной линейки:

$L_{кр}$  – длина критического пути;  $D_x$  – календарная дата последнего рабочего дня строительства; начало строительства 06.04.15

*Шаг 2.* Под календарной линейкой вычерчивают таблицу специальной формы, в которой будет составляться КППР (табл. 19). В табл. 19 для каждой рабочей операции и для каждой принятой машины должна быть выделена отдельная строка. Исключение составляют рабочие операции, выполнение которых запланировано за границами данного объекта. Для этих операций отдельные строки для машин с разными номерами не выделяются.

*Шаг 3.* Построение КППР всегда начинают с первой рабочей операции. Для этого на сетевом графике производства работ (см. табл. 13) находят начальные и конечные события первой работы. Например, для рабочих операций № 4 вариантов П.5, Т.1, К.3, В.4 это будут события № 1 и № 3. События изображают в виде круга на поле КППР в рассматриваемой строке в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе данных событий (в левом секторе записаны значения  $T_{i-j}^{PH}$  или

$T_{i-j}^{pc}$ ). Так как это самая первая работа на объекте, событие 1 изображают в начале первого рабочего дня. В этой же строке изображают событие 3, также в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе, но размещают его в конце рабочего дня, значение которого записано в левом секторе.

Нанесенные события соединяют между собой прямой горизонтальной линией, над которой записывают номер канала, на котором эта работа будет выполняться. Аналогичным образом на поле КППР наносят начальное и конечное события второй работы, затем третьей и четвертой и их тоже соединяют прямой горизонтальной линией. Если это «зависимые» работы и их конечные и начальные события соединены ТЗ или ОЗ (см. табл. 13), то значение левого сектора конечного события предшествующей работы может быть равным значению левого сектора начального события последующей работы. Это означает, что эти события совмещены во времени. В КППР совмещенные события изображаются двойным кругом, внутри которого в виде дроби записываются их номера. Таким образом, показав в первой строке все события всех работ всех рабочих операций и соединив их прямыми линиями, мы получаем календарный план производства работ первой рабочей операции. Используя пятую строку календарной линейки, можно установить календарные даты начала и окончания каждой из этих работ и рабочей операции в целом.

Аналогичным образом производится построение КППР для всех остальных рабочих операций. В результате получаем календарный план производства работ на объекте (табл. 19).

Таблица 19. Календарный план производства работ

1	Год строительства				2015								
2	Месяцы				Апрель								
3	Рабочие недели				1				2				
4	Рабочие дни				1	2	3	4	5	6	7	...	$L_{кр}$
5	Календарные даты				6	7	8	9	10	13	14	...	$D_x$
Номера рабочих операций	Наименования рабочих операций	Машины			Поле календарного плана производства работ								
		Марки	Кол-во	Номера									
1													
2													
3													
...													

*Шаг 4.* На КППР переносят те «зависимости» сетевой модели, которые определили местоположение на поле КППР начальных событий первых работ для каждой рабочей операции. Так как местоположение каждого события определяется цифрой, записанной в левом секторе, то необходимо в табл. 13 найти те зависимости, которые определили численное значение левых секторов этих событий (на КППР эти зависимости должны быть вертикальными).

*Шаг 5.* На КППР выделяются критические (главные) работы на объекте, т. е. те работы, у которых  $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$  (см. табл. 13).

*Шаг 6.* Под табл. 19 КППР вычерчивается шкала временных интервалов. Временные интервалы – это отрезки рабочего времени, на которые разбивается планируемая расчетная продолжительность строительства в соответствии с принятым вариантом организации производства работ на объекте. Временные интервалы отличаются друг от друга продолжительностью, количеством выполняемых работ, количеством рабочих и необходимых ресурсов. Шкала временных интервалов состоит из пяти строк (рис. 16).

4	Разравнивание отвалов (левая берма)	ДЗ-42	1	№ 6					
1	Номера временных интервалов				1	2	3	...	$n$
2	Продолжительность интервалов $t_i$ , раб. дн.				$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_n$
3	Количество «работ» в интервале								
4	Количество рабочих								
5	Количество машин								

Рис. 16. Шкала временных интервалов

Заполнение строк шкалы временных интервалов производится в следующем порядке:

- все события КППР сносят вертикально вниз на шкалу, образуя границы временных интервалов;
- полученные интервалы нумеруют от 1 до  $n$  (строка 1);
- по строке 4 календарной линейки определяют продолжительность каждого временного интервала и заполняют строку 2;
- для каждого интервала по КППР определяют количество работ (строка 3), количество рабочих (строка 4) и количество машин (строка 5).

Для заполнения строк 3, 4, 5 необходимо на КППР найти и подсчи-

тать количество горизонтальных линий, соединяющих нанесенные события. Зная, сколько рабочих должно выполнять каждую из найденных работ (согласно норме численности), определяют общее количество рабочих для рассматриваемого интервала. Зная, какие из найденных работ являются механизированными, определяют количество машин для рассматриваемого интервала.

Календарный план производства работ на объекте является графической частью проекта. Вычерчивается на листе ватманской бумаги формата А1 в соответствии с действующими стандартами.

## 6.4. Графики поставок ресурсов на объект строительства

### 6.4.1. График поставки трудовых ресурсов (рабочей силы)

На основании КППР строят график поставки на объект строительства трудовых ресурсов (рабочей силы). График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. По оси ординат – количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта (рис. 17).

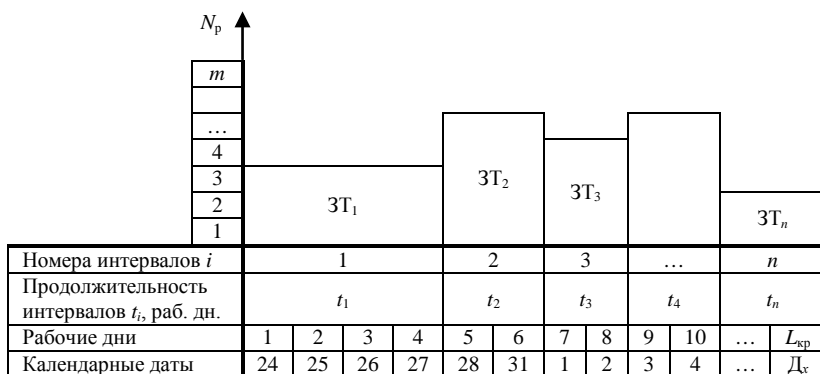


Рис. 17. Форма графика поставки трудовых ресурсов на объект строительства

Построение графика осуществляется в следующем порядке:

– в каждом временном интервале с помощью прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала, показывают необходимое количество рабочих, обеспечивающих выполнение всех заплани-

рованных работ в этом интервале (см. Строку 4 шкалы временных интервалов);

– для каждого временного интервала рассчитывают его планируемую трудоемкость (чел.-ч) по формуле

$$ЗТ_i = N_{p,i} \cdot t_i \cdot t_{см}, \quad (6.6)$$

где  $i$  – номер временного интервала;

$N_{p,i}$  – количество рабочих в  $i$ -м интервале, чел.;

$t_i$  – продолжительность  $i$ -го интервала, раб. дн.;

$t_{см}$  – установленная продолжительность рабочей смены, ч ( $t_{см} = 8$ ).

Полученные значения  $ЗТ_i$  записываются на графике в соответствующем интервале (см. рис. 17);

– определяют суммарную планируемую трудоемкость строительства объекта (чел.-ч) по формуле

$$\sum_{стр} ЗТ = \sum_{i=1}^n ЗТ_i, \quad (6.7)$$

где  $i = 1, \dots, n$  – количество временных интервалов в КППР;

– определяют среднесписочное количество рабочих (чел.), которые должны участвовать в строительстве данного объекта, по формуле

$$N_{сп} = \frac{\sum ЗТ_{стр}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad (6.8)$$

Значение  $N_{сп}$  наносится на график поставки трудовых ресурсов в виде прямой линии, параллельной оси абсцисс;

– определяют коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов на объекте по формуле

$$K_n = \frac{N_p^{max}}{N_{сп}}, \quad (6.9)$$

где  $N_p^{max}$  – максимальная ордината графика поставки трудовых ресурсов, чел. (см. рис. 17).

График поставки трудовых ресурсов вычерчивают карандашом на миллиметровой бумаге формата А3 и оформляют как приложение к расчетно-пояснительной записке.

#### 6.4.2. График поставки машин на объект строительства

На основании КППР строится график поставки машин на объект строительства. График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. На левой ординате указывают марки и номера машин, которые будут участвовать в строительстве данного объекта. На правой ординате записывают показатели использования каждой машины в условиях данного объекта (рис. 18).

ДЗ-42	№ 6																	
ЭО-3211В	№ 5																	
ЭО-3211В	№ 4																	
Номера интервалов $i$	1		2		3		4		$n$		$T_n$ , раб. дн.	$T_p$ , раб. дн.	$K_v$					
Продолжительность интервалов $t_i$ , раб. дн.	$t_1$		$t_2$		$t_3$		...		$t_n$									
Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...				$L_{кр}$				
Календарные даты	6	7	8	9	10	13	14	15	16	...	$D_{кр}$							

Рис. 18. Форма графика поставки машин на объект строительства

На графике для каждой машины выделяется отдельная строка. Построение графика осуществляется в следующем порядке:

- для рассматриваемой машины на КППР находят начальное событие самой первой работы, которую эта машина будет выполнять на объекте (независимо от номера рабочей операции). Данное событие в виде круга изображают в соответствующей строке графика на начальной границе временного интервала, с которого начинается выполнение этой работы. Внутри круга записывается номер данного события;

- для этой же машины находят конечное событие самой последней работы, так же изображают его в рассматриваемой строке на границе необходимого интервала и нумеруют;

- полученные события соединяют горизонтальной сплошной линией;
- вычисляют время нахождения машины на объекте  $T_n$ , для этого суммируют продолжительности тех временных интервалов, через которые проходит данная линия. Полученный результат записывают в левую графу правой ординаты графика;

– по сетевой модели определяют расчетную продолжительность работы  $T_p$  рассматриваемой машины на данном объекте. Для этого суммируют расчетные продолжительности всех работ, которые на данном объекте выполняются рассматриваемой машиной. Полученный результат записывают в среднюю графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что при правильном построении величина  $T_n \geq T_p$ ;

– вычисляют коэффициент использования рабочего времени машины  $K_v$ . Для этого значение  $T_p$  делят на  $T_n$  и результат записывают в правую графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что  $K_v \leq 1,0$ .

Аналогичным образом осуществляют построение данного графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте. На основании этого графика производят оценку эффективности использования машин на данном объекте. С этой целью для каждой машины определяют время ее нахождения на объекте путем вычитания от значения левого сектора последнего события значения левого сектора первого события.

Для этой же машины определяют время ее работы на объекте согласно карточке-определителю (см. табл. 12).

Эффективность работы машины определяется по величине коэффициента использования ее рабочего времени, который определяется по формуле  $T_p / T_n$ .

Для этой же машины из табл. 15 выписывают календарные даты прибытия и убытия ее с объекта.

Полученные результаты необходимо представить в форме табл. 20.

Таблица 20. Оценка эффективности использования машин на объекте

№ п.п.	Машины		Нахождение машин на объекте			Работа машин на объекте				$K_v$	Календарные сроки поставки	
						Коды работ		$t_{i-j}$	$T_p$		Дата прибытия машины на объект	Дата убытия машины с объекта
	Марка	Номер	№ нач. соб.	№ кон. соб.	$T_n$	$i$	$j$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

В конце необходимо сделать вывод об эффективности использования комплекта машин на объекте строительства. Машины, у которых  $K_v > 0,5$ , на объекте используются эффективно.

График поставки машин вычерчивается на формате А3 и оформляется как приложение к расчетно-пояснительной записке.

### 6.4.3. График поставки топливно-смазочных материалов

На основании КППР и с учетом графика работы машин строится график поставки ТСМ на объект строительства (рис. 19), обеспечивающий выполнение запланированных работ в установленные календарные сроки при условии, что будут четко соблюдаться календарные сроки работы машин на объекте строительства (см. табл. 19). График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладываются строки 1, 2 и 5 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 верхней шкалы календарной линейки, по оси ординат – среднесуточная потребность машин в ТСМ ( $q_{cp}^M$ , кг/раб. дн.).

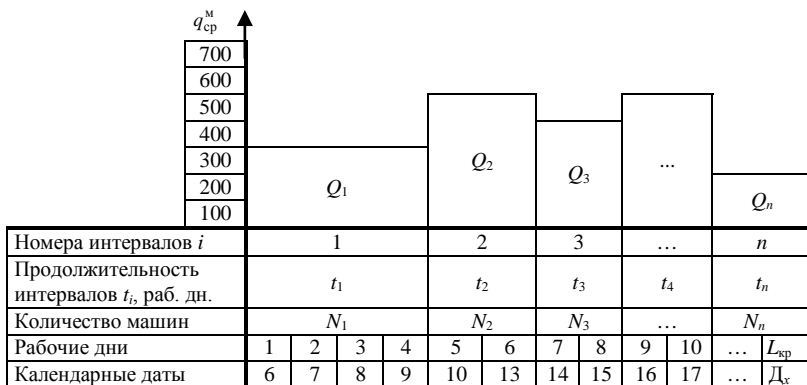


Рис. 19. Форма графика поставки ТСМ на объект строительства

Построение графика необходимо выполнять, начиная с определения среднесуточной (среднедневной) потребности каждой машины в ТСМ за период нахождения ее на объекте. Расчет производится в табличной форме (табл. 21).

Таблица 21. Расчет среднесуточной потребности машин в ТСМ

Марки машин	Номера машин	Время нахож. на объекте $T_n$ , раб. дн.	Время работы на объекте			$H_{ТСМ}^ч$ , кг/ч	$Q_m$ , кг	$q_{ср}^m$ , кг/раб. дн.
			$T_p$ , раб. дн.	$K_{см}$	$t_p$ , ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЭО-3211В	№ 4							
ЭО-3211В	№ 5							
ДЗ-42	№ 6							
...	...							
Всего по объекту							$\Sigma$	

В табл. 21 приняты следующие условные обозначения:

$T_n$  – время нахождения машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$T_p$  – время работы машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$K_{см}$  – коэффициент сменности работы машин ( $K_{см} = 1,0$ );

$t_p$  – время работы машины на объекте, ч;

$H_{ТСМ}^ч$  – часовая норма расхода ТСМ машиной, кг/ч;

$Q_m$  – общая потребность машины в ТСМ для выполнения всех запланированных работ, кг;

$q_{ср}^m$  – среднесуточная потребность машины в ТСМ за период нахождения ее на объекте, кг/раб. дн.

Время работы машины на объекте (ч) вычисляется по формуле

$$t_p = T_p \cdot K_{см} \cdot t_{см}. \quad (6.10)$$

Общая потребность машины в ТСМ (кг) определяется по формуле

$$Q = t_p \cdot H_{ТСМ}^ч. \quad (6.11)$$

Среднесуточная потребность машины в ТСМ (кг/раб. дн.) рассчитывается по формуле

$$q_{ср}^m = \frac{Q}{T_n}. \quad (6.12)$$

Суммарная общая потребность всех машин в ТСМ ( $\Sigma Q_m$ ) определяется как сумма графы 8 в табл. 21. Построение графика (см. рис. 19) осуществляется в следующем порядке:

– для каждого временного интервала определяют среднесуточную потребность в ТСМ для всех машин (число указано в строке 3 рис. 19), которые будут выполнять запланированные работы в этом интервале ( $q_{cp,i}$ ). Марки машин известны, поэтому данная потребность определяется как сумма  $q_{cp}$  этих машин из табл. 21;

– полученные значения  $q_{cp,i}$  наносят на график в виде горизонтальной прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала;

– определяют потребность каждого временного интервала в ТСМ (кг) по формуле

$$Q_i = q_{cp,i} \cdot t_i; \quad (6.13)$$

– определяют суммарную потребность строительства в ТСМ (кг) по формуле

$$\sum Q_{стр} = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (6.14)$$

где  $i$  – количество временных интервалов,  $i = 1, \dots, n$ .

Суммарная общая потребность строительства в ТСМ  $\sum Q_{стр}$  должна равняться суммарной общей потребности в ТСМ всех машин, работающих на объекте  $\sum Q_m$  (см. графу 8 табл. 21);

– рассчитывают среднесуточную потребность строительства в ТСМ (кг/раб. дн.) по формуле

$$q_{cp}^{стр} = \frac{\sum Q_{стр}}{\sum_{i=1}^n t_i}. \quad (6.15)$$

Полученные значения  $q_{cp}^{стр}$  наносят на график поставки ТСМ в виде сплошной линии, параллельной оси абсцисс;

– вычисляют коэффициент неравномерности потребления строительством ТСМ по формуле

$$K_n = \frac{q_{cp,max}^M}{q_{cp}^{стр}}, \quad (6.16)$$

где  $q_{cp,max}^M$  – максимальная ордината графика поставки ТСМ на объект строительства (см. рис. 19).

График поставки ТСМ вычерчивается на формате А3 и оформляется как приложение к расчетно-пояснительной записке.

## 7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

В курсовой работе должны быть рассчитаны определенные параметры, по величине которых можно судить о рациональности, экономической эффективности принятых проектных решений. В качестве таких параметров необходимо рассчитывать величины технико-экономических показателей, которые традиционно служат критериями выбора наиболее оптимальных вариантов технологии, организации и планирования строительства объекта. К числу таких показателей относят:

1. Себестоимость единицы законченной продукции строительства объекта (руб/п. м), которая вычисляется по формуле

$$S_{\text{ед}}^{\text{стр}} = \frac{\sum S_{\text{стр}}}{\sum L}, \quad (7.1)$$

где  $\sum S_{\text{стр}}$  – суммарная себестоимость всех работ на объекте, соответствующая КППР, руб. (табл. 22).

Таблица 22. Расчет суммарной себестоимости и энергоемкости строительства объекта

Марки машин	Номера машин	Показатели использования		Время нахождения машины на объекте		$S_{\text{стр}}$ , руб.	$\mathcal{E}_{\text{стр}}$ , кВт
		$S_{\text{м.ч.}}$ , руб/ч	$N_{\text{д.}}$ , кВт	$T_{\text{н.}}$ , раб. дн.	$t_{\text{н.}}$ , ч		
ДЗ-109	№ 2						
ДЗ-109	№ 3						
...							
ДЗ-109-1-4							
Всего по строительству						$\sum S_{\text{стр}}$	$\sum \mathcal{E}_{\text{стр}}$

2. Трудоемкость единицы законченной продукции строительства объекта (чел.-ч/п. м), определяемую по формуле

$$3T_{\text{ед}}^{\text{стр}} = \frac{\sum 3T_{\text{стр}}}{\sum L}, \quad (7.2)$$

где  $\sum Z_{\text{стр}}$  – суммарная планируемая трудоемкость строительства объекта (см. п. 6.4.1 настоящих методических указаний).

3. Энергоемкость единицы законченной продукции строительства объекта (кВт · ч/п. м), рассчитываемую по формуле

$$\mathfrak{E}_{\text{ед}}^{\text{стр}} = \frac{\sum \mathfrak{E}_{\text{стр}}}{\sum L}, \quad (7.3)$$

где  $\sum \mathfrak{E}_{\text{стр}}$  – суммарная энергоемкость строительства объекта (табл. 22).

Значения  $\sum S_{\text{стр}}$  и  $\sum \mathfrak{E}_{\text{стр}}$  необходимо рассчитывать по данным КППР. Расчет производится в форме табл. 22.

4. Удельные затраты ТСМ на единицу законченной продукции строительства объекта (кг/п. м), определяемые по формуле

$$q_{\text{уд}}^{\text{стр}} = \frac{\sum Q_{\text{стр}}}{\sum L}, \quad (7.4)$$

где  $\sum Q_{\text{стр}}$  – суммарная общая потребность строительства в ТСМ (см. п. 6.4.3 настоящих методических указаний).

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве заключения в курсовой работе необходимо представить следующую информацию, полученную по результатам проектирования:

1. Планируемая расчетная продолжительность строительства объекта в рабочих днях и календарных датах.

2. Перечень главных (критических) работ на объекте с указанием рабочих мест, где они будут выполняться, и планируемые календарные даты и сроки их выполнения.

3. Коэффициенты использования рабочего времени для каждой машины, которая будет принимать участие в строительстве данного объекта.

4. Суммарные планируемые затраты ТСМ, среднесуточная потребность в них строительства и коэффициент неравномерности потребления ТСМ.

5. Величины технико-экономических показателей, характеризующих принятые проектные решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трушкевич, А. И. Организация проектирования и строительства: учебник / А. И. Трушкевич. – Минск: Вышэйш. шк., 2003. – 415 с.
2. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учебник / Л. Г. Дикман. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2009. – 608 с.
3. Цай, Т. Н. Организация строительного производства: учебник / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, В. А. Большаков. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 1999. – 432 с.
4. Болотин, С. А. Организация строительного производства: учеб. пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – Москва: Академия, 2007. – 201 с.
5. Абрамов, Н. Н. Организация и планирование строительного производства: учебник / Н. Н. Абрамов. – Москва: Стройиздат, 1990. – 400 с.
6. Организация строительного производства: ТКП 45-1.03-161–2009 (02250). – Введ. 01.10.09. – Минск, 2009. – 67 с.
7. Нормы продолжительности строительства объектов агропромышленного комплекса: ТКП 45-1.03-125–2008 (02250). – Введ. 01.07.2009. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009.
8. Мелиоративные системы и сооружения. Организация работ по проектированию, строительству и эксплуатации: КМДМ 1.06–01. – Минск, 2006. – 55 с.
9. Организация строительства. Свод правил (СП 48.13330.2011): СНиП 12-01–2004. – Москва, 2011.
10. Бохан, В. Ф. Комментарии к правилам заключения и исполнения договоров (контрактов) строительного подряда / В. Ф. Бохан. – Минск, 2000. – 64 с.
11. Состав, порядок разработки и согласования градостроительных проектов: БНБ 3.01.01.96. – Минск, 1996. – 42 с.
12. Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве: СНБ 1.03.02.96. – Минск, 1996. – 56 с.
13. Авторский надзор за строительством зданий и сооружений (СНБ 1.03.03.2000): БНБ 1.03.03.2000. – Минск, 2000. – 38 с.
14. Организация строительного производства: СНиП 3.01.01–85\*. – Москва, 1985. – 44 с.
15. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений: СНиП 1.04.03–85\*. – Москва, 1985. – 58 с.
16. Инженерная подготовка строительного производства: учебник / Т. Н. Цай, Б. Ф. Ширшиков, Б. И. Баатов, В. Т. Цай. – Москва: Стройиздат, 1990. – 326 с.
17. Олейник, П. П. Организация строительства. Концептуальные основы. Модели и методы. Информационно-инженерные системы: учебник / П. П. Олейник. – Москва: Профиздат, 2001. – 314 с.
18. Система проектной документации для строительства. Инженерно-геодезические изыскания. Основные требования по составлению и оформлению документации: СТБ 21.303–99. – Введ. 01.07.2000. – Минск, 2000.
19. Орешников, В. П. Организация и планирование строительного производства: метод. указания по курсовому проектированию / В. П. Орешников. – Горки: БГСХА, 2009. – 78 с.
20. Орешников, В. П. Организация и планирование строительного производства: метод. указания по расчету временных параметров сетевых моделей организации производства работ с помощью ПК / В. П. Орешников, Г. И. Михайлов, Е. Н. Королева. – Горки: БГСХА, 2011. – 12 с.
21. Шух, М. А. Организация и планирование строительного производства: метод. указания по определению потребности строительства в ресурсах и автотранспорте / М. А. Шух, О. А. Шавлинский, В. П. Орешников. – Горки: БГСХА, 2008. – 23 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

### Варианты исходных данных для выполнения курсовой работы

Номер варианта	Варианты исходных данных				
	Вариант плана $\Pi_i$	Вариант технологии $T_i$	Вариант количества исполнителей $K_i$	Вариант расчетной продолжительности работ $B_i$	Вариант проектных параметров осушительных каналов
1	2	3	4	5	6
1	П.1	T.1	K.1	B.1	2
2	П.2	T.1	K.2	B.2	8
3	П.3	T.1	K.3	B.3	13
4	П.4	T.1	K.4	B.4	18
5	П.5	T.1	K.5	B.5	23
6	П.6	T.1	K.6	B.1	28
7	П.7	T.2	K.7	B.6	33
8	П.8	T.2	K.8	B.7	38
9	П.9	T.2	K.9	B.8	43
10	П.10	T.2	K.10	B.9	48
11	П.11	T.2	K.11	B.10	53
12	П.12	T.2	K.12	B.6	58
13	П.11	T.3	K.13	B.11	54
14	П.10	T.3	K.14	B.12	49
15	П.9	T.3	K.15	B.13	44
16	П.8	T.3	K.16	B.14	39
17	П.7	T.3	K.17	B.15	34
18	П.6	T.3	K.18	B.11	29
19	П.5	T.4	K.19	B.16	24
20	П.4	T.4	K.20	B.17	19
21	П.3	T.4	K.21	B.18	14
22	П.2	T.4	K.22	B.19	9
23	П.1	T.4	K.23	B.20	2
24	П.2	T.4	K.24	B.16	10
25	П.3	T.1	K.1	B.2	15
26	П.4	T.1	K.2	B.3	20
27	П.5	T.1	K.3	B.4	25
28	П.6	T.1	K.4	B.5	30
29	П.7	T.1	K.5	B.1	35
30	П.8	T.1	K.6	B.2	40
31	П.9	T.2	K.11	B.10	45
32	П.10	T.2	K.10	B.9	50
33	П.11	T.2	K.9	B.8	55
34	П.12	T.2	K.8	B.7	59
35	П.11	T.2	K.7	B.6	56

Продолжение прил. 1

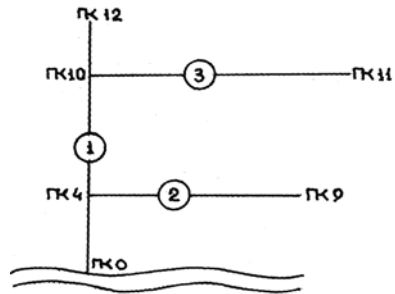
1	2	3	4	5	6
36	П.10	Т.2	К.12	В.6	51
37	П.9	Т.3	К.18	В.15	46
38	П.8	Т.3	К.17	В.14	41
39	П.7	Т.3	К.16	В.13	36
40	П.6	Т.3	К.15	В.12	31
41	П.5	Т.3	К.14	В.11	26
42	П.4	Т.3	К.13	В.15	21
43	П.3	Т.4	К.24	В.20	16
44	П.2	Т.4	К.23	В.19	11
45	П.1	Т.4	К.22	В.18	4
46	П.10	Т.4	К.21	В.17	52
47	П.9	Т.4	К.20	В.16	47
48	П.8	Т.4	К.19	В.20	42
49	П.7	Т.2	К.11	В.7	37
50	П.6	Т.2	К.10	В.8	32
51	П.5	Т.2	К.9	В.9	27
52	П.4	Т.2	К.8	В.10	22
53	П.3	Т.2	К.7	В.6	17
54	П.2	Т.2	К.12	В.6	12
55	П.1	Т.3	К.18	В.15	5
56	П.10	Т.3	К.17	В.14	48
57	П.9	Т.3	К.16	В.13	43
58	П.8	Т.3	К.15	В.12	38
59	П.7	Т.3	К.14	В.11	33
60	П.6	Т.3	К.13	В.15	28
61	П.5	Т.4	К.24	В.20	23
62	П.4	Т.4	К.23	В.19	18
63	П.3	Т.4	К.22	В.18	13
64	П.2	Т.4	К.21	В.17	8
65	П.1	Т.4	К.20	В.16	1
66	П.10	Т.4	К.19	В.20	49
67	П.9	Т.1	К.6	В.1	44
68	П.8	Т.1	К.5	В.5	39
69	П.7	Т.1	К.4	В.4	34
70	П.6	Т.1	К.3	В.3	29
71	П.5	Т.1	К.2	В.2	24
72	П.4	Т.1	К.1	В.1	19
73	П.3	Т.4	К.24	В.16	14
74	П.2	Т.4	К.23	В.17	9
75	П.1	Т.4	К.22	В.18	2
76	П.10	Т.4	К.21	В.19	50
77	П.9	Т.4	К.20	В.20	45
78	П.8	Т.4	К.19	В.16	40
79	П.7	Т.3	К.18	В.11	35

## Окончание прил. 1

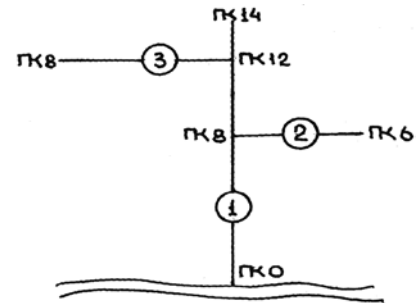
1	2	3	4	5	6
80	П.6	Т.3	К.17	В.12	30
81	П.5	Т.3	К.16	В.13	25
82	П.4	Т.3	К.15	В.14	20
83	П.3	Т.3	К.14	В.15	15
84	П.2	Т.3	К.13	В.11	10
85	П.1	Т.2	К.12	В.6	3
86	П.10	Т.2	К.11	В.7	51
87	П.9	Т.2	К.10	В.8	46
88	П.8	Т.2	К.9	В.9	41
89	П.7	Т.2	К.8	В.10	36
90	П.6	Т.2	К.7	В.6	31
91	П.5	Т.1	К.6	В.1	26
92	П.4	Т.1	К.5	В.2	21
93	П.3	Т.1	К.4	В.3	16
94	П.2	Т.1	К.3	В.4	11
95	П.1	Т.1	К.2	В.5	4
96	П.10	Т.1	К.1	В.1	52
97	П.9	Т.4	К.24	В.16	47
98	П.8	Т.4	К.23	В.17	42
99	П.7	Т.4	К.22	В.18	37
100	П.6	Т.4	К.21	В.19	32

Варианты планового расположения запроектированной открытой сети (П.1...П.4)

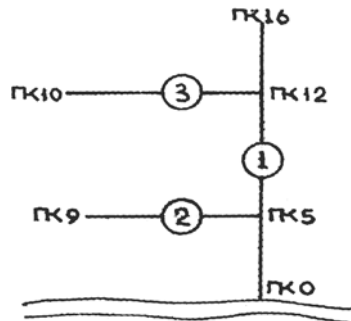
Вариант П.1



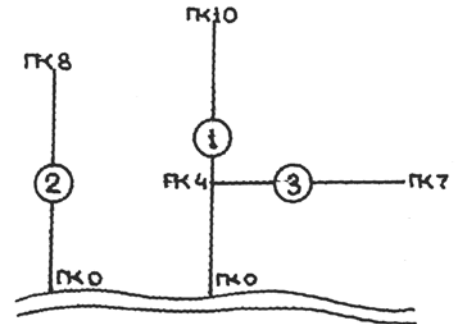
Вариант П.2



Вариант П.3

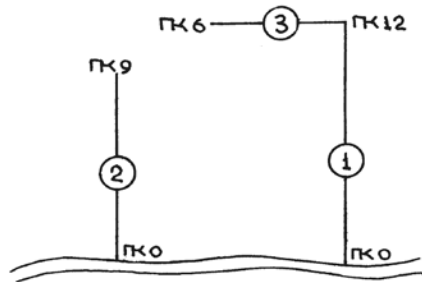


Вариант П.4

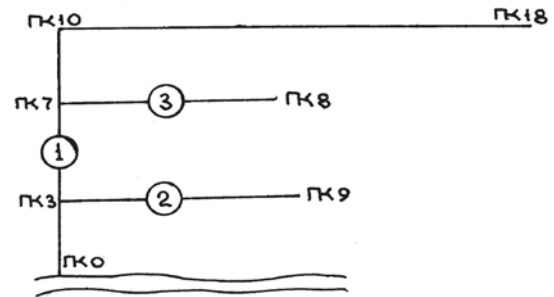


Варианты планового расположения запроектированной открытой сети (П.5...П.8)

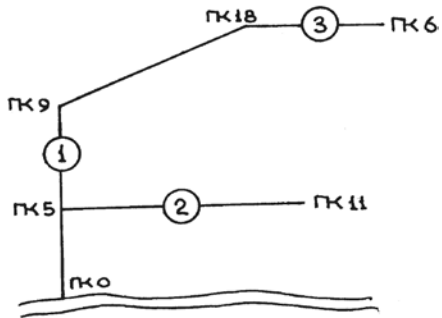
Вариант П.5



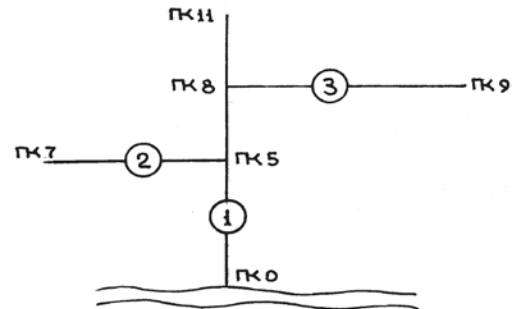
Вариант П.6



Вариант П.7

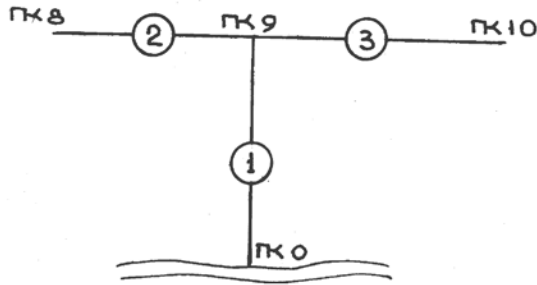


Вариант П.8

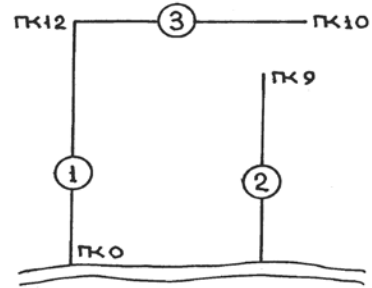


Варианты планового расположения запроектированной открытой сети (П.9...П.12)

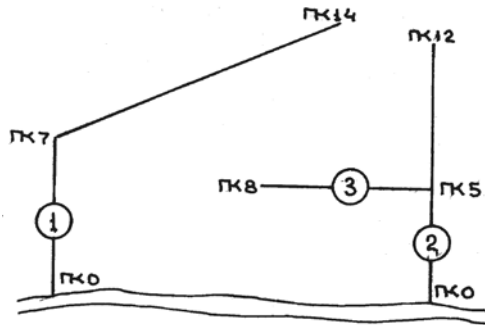
Вариант П.9



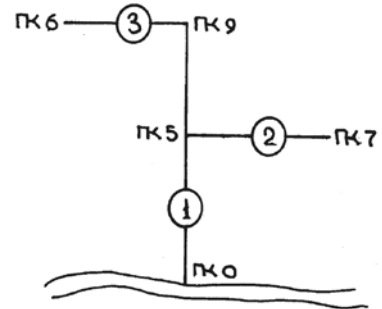
Вариант П.10



Вариант П.11



Вариант П.12



**Технология строительства открытой осушительной сети (Т.1) и варианты количества исполнителей  
рабочих операций (варианты К.1...К.6)**

№ п.п.	Наименования рабочих операций (вариант Т.1)	Марки исполнителей	Варианты количества исполнителей рабочих операций											
			К.1		К.2		К.3		К.4		К.5		К.6	
			Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер
1	Вынос проекта в натуру	Звено	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1
2	Корчевка кустарника по трассам каналов	МП-2Б	1	№ 2	2	№ 2, 3	1	№ 2	2	№ 2, 3	1	№ 2	2	№ 2, 3
3	Стребание кустарника в валы	ДП-8А	2	№ 3, 4	1	№ 4	1	№ 3	1	№ 4	2	№ 3, 4	1	№ 4
4	Устройство проектных русел каналов	ЭО-3211В	1	№ 5	2	№ 5, 6	2	№ 4, 5	1	№ 5	2	№ 5, 6	1	№ 5
5	Разравнивание экскаваторных отвалов (левая берма)	ДЗ-42	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 6	1	№ 7	2	№ 6, 7
6	Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)	ДЗ-42	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 6
7	Планировка левых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8
8	Планировка правых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 9	1	№ 8

## Варианты (В.1...В.5) расчетной продолжительности выполнения работ на объекте (для варианта Т.1)

Номера рабочих операций (вариант Т.1)	Варианты расчетной продолжительности выполнения работ на каналах объекта, раб. дн.														
	В.1			В.2			В.3			В.4			В.5		
	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	5	4	3	4	3	2	6	4	3	4	5	3	5	2	4
2	8	6	4	6	5	4	5	6	4	8	5	4	6	3	5
3	6	3	–	3	–	4	4	4	2	6	–	3	4	5	6
4	14	12	8	12	8	6	10	12	8	12	14	8	16	10	12
5	8	10	4	6	4	5	8	7	6	8	6	5	10	8	6
6	4	–	6	5	6	–	–	8	4	6	6	–	–	6	8
7	3	2	4	5	4	3	3	2	4	5	3	4	6	4	2
8	4	3	5	6	6	4	4	3	5	7	4	3	5	5	4

**Технология строительства открытой осушительной сети (Т.2) и варианты количества исполнителей  
рабочих операций (варианты К.7...К.12)**

№ п.п.	Наименования рабочих операций (вариант Т.2)	Марки исполнителей	Варианты количества исполнителей рабочих операций											
			К.7		К.8		К.9		К.10		К.11		К.12	
			Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер
1	Вынос проекта в натуру	Звено	1	№ 1	2	№ 1, 2	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1
2	Устройство русел пионерных траншей	ЭО-3211В	2	№ 2, 3	1	№ 3	1	№ 2	2	№ 2, 3	1	№ 2	1	№ 2
3	Устройство русел проектных каналов	ЭО-3211В	2	№ 3, 4	2	№ 4, 5	3	№ 3, 4, 5	3	№ 2, 3, 4	1	№ 3	2	№ 2, 3
4	Засыпка русел пионерных траншей	ДЗ-42	1	№ 5	1	№ 6	2	№ 6,	1	№ 5	1	№ 4	1	№ 4
5	Разравнивание отвалов проектных каналов (левая берма)	ДЗ-110А	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 8	1	№ 6	1	№ 5	1	№ 5
6	Разравнивание экскаваторных отвалов (правая берма)	ДЗ-110А	1	№ 6	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 5
7	Планировка левых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 7	1	№ 9	1	№ 9	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 6
8	Планировка правых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 7	1	№ 9	1	№ 9	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 7

## Варианты (В.6...В.10) расчетной продолжительности выполнения работ на объекте (для варианта Т.2)

Номера рабочих операций (вариант Т.2)	Варианты расчетной продолжительности выполнения работ на каналах объекта, раб. дн.														
	В.6			В.7			В.8			В.9			В.10		
	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	3	2	2	5	2	4	6	3	2	4	3	3	5	2	4
2	10	8	–	12	–	8	8	7	6	12	8	–	10	–	12
3	12	10	14	14	10	12	10	8	12	14	12	10	12	10	14
4	6	5	–	8	–	6	4	5	6	6	4	–	8	–	10
5	6	–	8	8	–	–	6	4	2	8	6	8	–	8	10
6	–	8	2	–	10	6	2	–	4	–	6	–	8	4	–
7	5	3	2	4	4	2	3	4	2	6	2	3	5	6	4
8	4	4	3	5	3	3	6	2	4	3	3	4	4	3	2

**Технология строительства открытой осушительной сети (Т.3) и варианты количества исполнителей рабочих операций (варианты К.13...К.18)**

№ п.п.	Наименования рабочих операций (вариант Т.3)	Марки исполнителей	Варианты количества исполнителей рабочих операций											
			К.13		К.14		К.15		К.16		К.17		К.18	
			Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер
1	Вынос проекта в натуру	Звено	1	№ 1	2	№ 1, 2	1	№ 1	2	№ 1, 2	1	№ 1	1	№ 1
2	Устройство русел пионерных траншей	ЭО-3211В	2	№ 2, 3	1	№ 3	2	№ 2, 3	1	№ 3	2	№ 2, 3	1	№ 2
3	Доработка пионерных траншей до параметров проектного канала	ЭО-3211В	3	№ 3, 4, 5	2	№ 4, 5	2	№ 3, 4	2	№ 3, 4	1	№ 4	2	№ 3, 4
4	Разравнивание отвалов пионерных траншей	ДЗ-109	1	№ 6	2	№ 6, 7	1	№ 5	1	№ 5	2	№ 5, 6	1	№ 5
5	Разравнивание отвалов доработки	ДЗ-109	1	№ 7	1	№ 7	2	№ 6, 7	2	№ 5, 6	1	№ 6	1	№ 6
6	Перемещение отвала доработки в насыпь дороги	ДЗ-109	1	№ 6	1	№ 6	1	№ 5	1	№ 6	1	№ 5	1	№ 6
7	Планировка левых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 7
8	Планировка правых откосов каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8

## Варианты (В.11...В.15) расчетной продолжительности выполнения работ на объекте (для варианта Т.3)

Номера рабочих операций (вариант Т.3)	Варианты расчетной продолжительности выполнения работ на каналах объекта, раб. дн.														
	В.11			В.12			В.13			В.14			В.15		
	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	6	3	4	5	4	2	5	4	3	6	3	4	8	4	6
2	10	8	6	12	10	8	14	12	10	12	14	10	16	8	12
3	12	14	10	16	14	12	18	10	12	14	16	12	14	10	12
4	6	7	5	8	7	6	9	5	6	7	8	6	7	5	6
5	–	6	4	9	–	8	10	7	–	8	–	6	9	6	–
6	8	–	–	–	9	–	–	–	10	–	6	–	–	–	8
7	3	5	2	4	6	4	8	4	6	3	2	1	4	4	3
8	4	4	3	5	4	3	7	5	3	4	3	5	6	3	4

**Технология строительства открытой осушительной сети (Т.4) и варианты количества исполнителей  
рабочих операций (варианты К.19...К.24)**

№ п.п.	Наименования рабочих операций (вариант Т.4)	Марки исполнителей	Варианты количества исполнителей рабочих операций											
			К.19		К.20		К.21		К.22		К.23		К.24	
			Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во	Номер
1	Вынос проекта в натуру	Звено	1	№ 1	1	№ 1	1	№ 1	2	№ 1, 2	1	№ 1	1	№ 1
2	Устройство русел пионерных траншей	ЭО-3211В	2	№ 2, 3	1	№ 2	2	№ 2, 3	1	№ 3	1	№ 2	2	№ 2, 3
3	Доработка пионерных траншей до параметров канала	ЭО-4221	1	№ 4	1	№ 3	1	№ 4	1	№ 4	1	№ 3	1	№ 4
4	Устройство русел проектных каналов	ЭО-3211В	1	№ 4	2	№ 2, 4	1	№ 3	2	№ 3, 5	2	№ 2, 4	1	№ 5
5	Засыпка пионерных траншей	ДЗ-42	1	№ 5	1	№ 5	2	№ 5, 6	1	№ 6	1	№ 5	1	№ 6
6	Разравнивание отвалов пионерных траншей	ДЗ-110	1	№ 6	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 7
7	Разравнивание отвалов доработок русел пионерных траншей	ДЗ-110	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 8	1	№ 7	1	№ 7
8	Разравнивание отвалов проектных каналов	ДЗ-110	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 7	1	№ 7	1	№ 6	1	№ 8
9	Планировка левых откосов проектных каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 9	1	№ 8	1	№ 9
10	Планировка правых откосов проектных каналов	ДТ-75 + РВ	1	№ 8	1	№ 8	1	№ 9	1	№ 9	1	№ 8	1	№ 9

## Варианты (В.16...В.20) расчетной продолжительности выполнения работ на объекте (для варианта Т.4)

Номера рабочих операций (вариант Т.4)	Варианты расчетной продолжительности выполнения работ на каналах объекта, раб. дн.														
	В.16			В.17			В.18			В.19			В.20		
	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 1	Канал 2	Канал 3
1	3	5	4	4	6	5	5	7	3	4	6	2	3	5	4
2	10	8	6	12	10	8	14	12	10	12	14	10	16	14	12
3	12	–	–	14	–	–	16	–	–	14	–	–	14	–	–
4	–	10	8	–	12	10	–	10	12	–	12	10	–	12	10
5	–	5	4	–	6	5	–	5	6	–	6	5	–	8	6
6	8	–	–	7	–	–	8	–	–	6	–	–	4	–	–
7	9	–	–	8	–	–	10	–	–	8	–	–	6	–	–
8	–	4	3	–	6	5	–	7	4	–	6	3	–	5	4
9	3	2	3	4	5	4	3	2	2	5	4	3	6	2	4
10	4	3	5	6	5	3	5	3	4	6	3	4	5	3	5

**Технико-эксплуатационные показатели использования машин (исполнителей)  
при строительстве открытой осушительной сети**

№ п.п.	Марки машины	Типы машины (базовый трактор)	Мощность двигателя $N$ , кВт	Стоимость 1 маш.-ч. работы $S_{м-ч}$ , руб.	Часовая норма расхода топлива $H_T^н$ , кг
1	ДЗ-109	Бульдозер (Т-130)	117,7	17,2	9,9
2	ЭО-3211В	Экскаватор (обратная лопата)	36,8	20,0	5,8
3	ДЗ-110А	Бульдозер (Т-130)	117,7	36,2	13,3
4	ЭО-4221	Экскаватор (обратная лопата)	95,6	21,2	9,7
5	ДЗ-42	Бульдозер (ДТ-75)	62,5	22,4	6,9
6	МП-2Б	Корчеватель-собирающий (Т-130)	95,6	39,6	9,2
7	ДП-8А	Корчеватель-собирающий (ДТ-75)	62,5	20,3	7,1
8	ДТ-75 + РВ	Бульдозер (ДТ-75)	58,8	18,1	7,6

**Проектные параметры открытой сети**

Варианты исходных данных	Варианты плана П	Проектные параметры осушительных каналов								
		Канал 1			Канал 2			Канал 3		
		$b$ , м	$m$	$H_{ср}$ , м	$b$ , м	$m$	$H_{ср}$ , м	$b$ , м	$m$	$H_{ср}$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	П.1	0,8	1,50	2,0	0,6	1,50	1,8	0,6	1,50	1,7
2		1,0	1,25	2,1	0,8	1,25	1,9	0,6	1,25	1,8
3		0,8	1,00	2,4	0,6	1,00	2,2	0,4	1,00	2,0
4		0,6	1,50	2,2	0,4	1,50	2,0	0,4	1,50	1,8
5		0,8	2,00	1,8	0,6	2,00	1,6	0,6	2,00	1,4
6		0,6	1,25	2,3	0,4	1,25	2,1	0,4	1,25	2,0
7		1,0	1,50	2,4	0,8	1,50	2,2	0,6	1,50	2,1
8	П.2	0,6	1,50	2,0	0,4	1,50	1,8	0,4	1,50	1,6
9		0,8	1,75	1,8	0,6	1,75	1,8	0,6	1,75	1,7
10		0,8	1,00	2,1	0,6	1,00	2,0	0,6	1,00	1,9
11		1,0	1,25	1,9	0,6	1,25	1,7	0,6	1,25	1,6
12		0,6	2,00	2,3	0,4	2,00	2,1	0,4	2,00	2,0
13	П.3	0,8	1,25	2,4	0,6	1,25	2,6	0,4	1,25	2,3
14		1,0	1,50	2,3	0,8	1,50	2,2	0,6	1,50	2,2
15		0,6	1,75	2,6	0,4	1,75	2,4	0,4	1,75	2,3
16		0,8	1,50	2,1	0,6	1,50	2,0	0,4	1,50	2,0
17		0,6	1,25	2,5	0,4	1,25	2,3	0,4	1,50	2,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	П.4	1,0	1,75	2,4	0,8	1,75	2,2	0,6	1,75	2,0
19		0,8	2,00	2,2	0,6	2,00	2,1	0,6	2,00	2,1
20		0,6	1,50	2,5	0,4	1,50	2,5	0,4	1,50	2,5
21		0,8	1,25	2,6	0,6	1,25	2,6	0,4	1,25	2,3
22		1,0	1,75	2,3	0,8	1,75	2,3	0,6	1,75	2,2
23	П.5	0,8	1,50	1,9	0,6	1,50	1,9	0,6	1,50	1,7
24		0,6	1,25	2,4	0,4	1,25	2,2	0,4	1,25	2,0
25		1,0	1,75	2,5	0,8	1,75	2,4	0,6	1,75	2,3
26		0,8	1,00	2,6	0,6	1,00	2,6	0,6	1,00	2,4
27		0,6	1,50	2,3	0,4	1,50	2,3	0,4	1,50	2,1
28	П.6	0,8	1,25	2,6	0,6	1,25	2,4	0,4	1,25	2,4
29		1,0	1,50	2,4	0,8	1,50	2,0	0,6	1,50	2,0
30		0,8	1,75	2,2	0,6	1,75	2,1	0,4	1,75	2,1
31		0,6	1,00	2,6	0,4	1,00	2,4	0,4	1,00	2,0
32		0,8	1,25	2,5	0,6	1,25	2,3	0,4	1,25	2,3
33	П.7	0,6	1,50	2,3	0,4	1,50	2,1	0,6	1,50	2,0
34		0,8	1,25	2,4	0,6	1,25	2,2	0,6	1,25	2,1
35		1,0	1,75	2,5	0,8	1,75	2,3	0,8	1,75	2,4
36		0,8	1,50	2,3	0,6	1,50	2,0	0,6	1,50	2,0
37		0,6	1,00	2,6	0,4	1,00	2,3	0,4	1,00	2,4
38	П.8	0,8	1,50	2,4	0,6	1,50	2,2	0,4	1,50	2,2
39		1,0	1,75	2,3	0,8	1,75	2,1	0,6	1,75	2,1
40		0,8	2,00	2,0	0,6	2,00	1,8	0,4	2,00	1,8
41		0,6	1,75	2,5	0,4	1,75	2,3	0,4	1,75	2,1
42		0,8	1,25	2,6	0,6	1,25	2,4	0,6	1,25	2,4
43	П.9	1,0	1,00	2,5	0,8	1,00	2,3	0,8	1,00	2,1
44		0,8	1,50	2,0	0,6	1,50	1,8	0,6	1,50	1,6
45		0,6	1,75	2,6	0,4	1,75	2,4	0,4	1,75	2,2
46		0,8	2,00	2,4	0,6	2,00	2,0	0,6	2,00	2,3
47		1,0	1,50	2,3	0,8	1,50	2,1	0,8	1,50	2,0
48	П.10	0,8	1,75	2,6	0,8	1,75	2,4	0,6	1,75	2,2
49		1,0	1,25	2,4	1,0	1,25	2,2	0,8	1,25	2,0
50		0,8	1,50	2,6	0,8	1,50	2,3	0,6	1,50	2,1
51		0,6	2,00	2,5	0,6	2,00	2,2	0,4	2,00	2,1
52		0,8	1,25	2,4	0,8	1,25	2,4	0,6	1,25	2,2
53	П.11	1,0	1,50	2,6	1,0	1,50	2,5	0,8	1,50	2,3
54		0,8	1,75	2,0	0,8	1,75	1,8	0,6	1,75	1,6
55		0,6	1,25	2,4	0,6	1,25	2,2	0,4	1,25	2,0
56		0,8	2,00	2,2	0,8	2,00	2,0	0,6	2,00	1,8
57		1,0	1,25	2,3	1,0	1,25	2,1	0,8	1,25	2,0
58	П.12	0,8	1,25	2,7	0,6	1,25	2,5	0,4	1,25	2,5
59		1,0	1,50	2,5	0,8	1,50	2,3	0,6	1,50	2,3
60		0,8	1,75	2,3	0,6	1,75	2,1	0,4	1,75	2,0
61		0,6	1,25	2,6	0,4	1,25	2,5	0,4	1,25	2,3
62		0,8	2,00	2,4	0,6	2,00	2,2	0,4	2,00	2,1

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	3
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	4
3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	5
4. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	8
4.1. Технология строительства открытой проводящей осушительной сети.....	8
4.1.1. Проектные параметры запроектированной открытой сети.....	9
4.1.2. Технологические схемы строительства открытой сети.....	10
4.1.3. Машины для производства работ.....	14
4.1.4. Ресурсы, необходимые для строительства.....	17
5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ.....	23
5.1. Организационная схема работы машин на объекте.....	23
5.2. Топология сетевой модели организации работ.....	28
5.3. Карточка-определитель работ на объекте.....	41
6. ПЛАНИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ..	42
6.1. Временные параметры работ сетевой модели.....	43
6.2. Временные параметры сетевой модели.....	52
6.3. Календарный план производства работ.....	54
6.4. Графики поставок ресурсов на объект строительства.....	58
6.4.1. График поставки трудовых ресурсов (рабочей силы).....	58
6.4.2. График поставки машин на объект строительства.....	60
6.4.3. График поставки топливно-смазочных материалов.....	62
7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.....	65
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
ЛИТЕРАТУРА.....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	68