

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ ПОСЛЕ АВАРИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта
для магистрантов направления подготовки
08.04.01 «Строительство» всех форм обучения

Воронеж 2023

УДК 697:614.8(07)
ББК 31.38:30.82я7

Составители: канд. техн. наук Т. В. Щукина,
канд. техн. наук Д. Н. Китаев

Восстановление систем теплогасоснабжения после аварий:
методические указания к выполнению курсового проекта для магистрантов
направления подготовки 08.04.01 «Строительство» всех форм обучения /
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.:
Т. В. Щукина, Д. Н. Китаев. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023 - 40 с.

Методические указания разработаны с целью организации процессов под-
готовки и защиты курсового проекта для обучающихся по дисциплине «Вос-
становление систем теплогасоснабжения после аварий». В рекомендациях
определены подходы к выбору тем работы, требования к содержанию и струк-
туре работы, основные направления для выполнения проекта и его графической
части.

Предназначены для магистрантов направления подготовки 08.04.01
«Строительство» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся
в файле МУ_КУР_ВСТПА_2023.pdf.

Ил. 10. Табл. 1. Библиогр.: 19 назв.

УДК 697:614.8(07)
ББК 31.38:30.82я7

**Рецензент - В. И. Щербаков, д-р техн. наук, проф. кафедры гидравлики,
водоснабжения и водоотведения ВГТУ**

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания соответствуют программе курса «Восстановление систем теплогазоснабжения после аварий» и содержат в достаточном объеме сведения нормативного характера с примерами решения отдельных задач проектирования. Они могут быть также использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

В ходе изучения изложенного материала обучающиеся смогут самостоятельно разрабатывать разделы курсового проекта по указанной дисциплине, а также при выполнении выпускной квалификационной работы. Приведенные для этой цели исходные данные и нормативно-справочные сведения позволяют расширить тематику проектирования по рассматриваемым монтажным процессам систем теплогазоснабжения, обеспечивая решение поставленных задач с максимальным приближением к реальным условиям строительных площадок, что крайне важно для соблюдения исчерпывающих мер безопасности предполагаемых работ, а так же требований по противопожарным и экологическим параметрам строящегося объекта.

Последовательность изложения методических указаний включает: вопросы определения объемов работ и трудозатрат при монтаже систем ТГС, описание различных моделей организации строительного производства и монтажно-сборочных работ на строительных объектах.

Приложение методических указаний содержат варианты исходных данных по сетям, подлежащим восстановлению. В соответствии с указаниями руководителя студенты принимают к разработке рекомендуемую схему прокладки систем ТГС.

1. Объемы работ и трудозатраты на их выполнение

Объемы работ, производимых при строительстве объектов, определяются по рабочим чертежам и монтажному проекту в единицах измерения, указанных в соответствующих параграфах Государственных Элементных Сметных Норм (ГЭСН) или Единых Норм и Расценок (ЕНиР).

На основании предварительно определенных объемов работ для предполагаемого объекта строительства и нормативных трудозатрат, приведенных в ГЭСНах или ЕНиРах в чел-ч. (человеко-часах), вычисляют затраты труда на все виды производственных процессов по формуле

$$T_P = H_{BP} \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.1)$$

где T_P – трудоемкость работ, то есть количество нормативного времени, необходимое для выполнения заданного объема работ (V); H_{BP} – нормативное количество времени, достаточное для изготовления одним рабочим (или машиной) единицы продукции соответствующего качества при принятой передовой организации труда; K_1 – коэффициент, определяемый вводной частью сборников ГЭСН, ЕНиР или примечаниями к таблицам и повышающий норму времени в зависимости от условий монтажа (пространственная стесненность, работа на высоте и т.п.), а так же применения механизмов и инструментов, отличающихся от предусмотренных в ГЭСН и ЕНиР; K_2 – коэффициент, повышающий норму времени за счет неучтенных и вспомогательных работ, который рекомендуется принимать в пределах $K_2=1,2-1,4$. В обосновании трудозатрат необходимо делать ссылки на применяемый коэффициент.

2. Технологическое проектирование и указания по производству работ

Для проведения строительно-монтажных работ, в том числе и по восстановлению инженерных систем и коммуникаций, необходимо разрабатывать *проекты организации строительства* (ПОС) и *производства работ* (ППР). ПОС является обязательным документом для заказчика и организаций, осуществляющих строительство и материально-техническое снабжение объекта.

ПОС включает в себя следующие документы:

календарный план строительства, в котором определяются сроки и очередность возведения основных и вспомогательных зданий с распределением капитальных вложений по периодам строительства;

строительные генеральные планы для подготовительного и основного периодов строительства;

организационно-технологические схемы, определяющие последовательность возведения объектов и выполнения работ;

ведомость объемов основных строительных, монтажных и специальных строительных работ с их выделением по основным зданиям и сооружениям и периодам строительства;

ведомость потребности в строительных материалах и оборудовании с распределением по календарным периодам строительства;

график потребности в основных строительных машинах;

график потребности в кадрах строителей по основным категориям;

пояснительная записка, содержащая основные данные для разработки организационно-технологических решений проекта, обоснование методов организации и технологии строительного производства, потребности в кадрах и материально-технических ресурсах, обоснование методов производства строительных, монтажных и специальных строительных работ, перечень условий сохранения окружающей природной среды и технико-экономические показатели.

Состав и содержание ПОС могут изменяться с учетом сложности и специфики проектируемых объектов или подлежащих восстановлению, необходимости применения специальных вспомогательных сооружений, приспособлений и установок, особенностей отдельных видов работ, а также от условия поставки на строительную площадку материалов, конструкций и оборудования.

Проект производства работ на строительство новых, расширение и реконструкцию действующих предприятий, сооружений и восстановление инженерных сетей разрабатывают подрядные строительные организации, на основе утвержденных ПОС и рабочей документации.

ППР разрабатываются на все виды работ, выполняемыми специализированными строительными и монтажными подразделениями, утверждаются их руководителями и согласовываются с генподрядчиком.

В обязательном порядке в ППР должны быть включены:

- основные решения по производству работ;
- календарный план производства работ по объему;
- графики движения рабочих и основных механизмов;
- строительный генеральный план;
- технологические карты (схемы) на выполнение отдельных видов работ, последовательность работ при реконструкции;
- решения по технике безопасности; противопожарной безопасности и охране окружающей среды;
- перечни технологического инвентаря и монтажной оснастки.

Разрабатываемые указания по производству работ являются одними из определяющих и требующими повышенного внимания и творческого отношения. В этом разделе, помимо перечисленного выше, указываются мероприятия, учитывающие специфику производства данного вида работ.

Строгая последовательность выполнения указаний обеспечит бесперебойное соблюдение рациональной и безопасной технологии строительномонтажных работ, способствующей сокращению сроков строительства или восстановлению инженерных сетей.

3. Методы и модели организации строительного-монтажных работ

Эффективность строительного производства во многом зависит от правильного, научно обоснованного календарного плана строительства и монтажа, составленного на основе наиболее подходящего для конкретных объектов метода организации и учитывающего взаимосвязи всех работ, сроки поставок материалов и конструкций, наличие квалифицированных рабочих кадров, а также механизмов и монтажной оснастки.

Для выбора рационального варианта организации работ исследуют модели линейные (ленточные), циклограммные, матричные и сетевые, которые позволяют решить задачи оптимального управления и организации производственного процесса в зависимости от реальных условий.

3.1. Линейные или ленточные модели организации работ

При использовании данных моделей работа изображается во временном масштабе в виде ленты, левая граница которой соответствует сроку начала работ, а правая - сроку окончания.

При *последовательном методе* ведения работ каждая система монтируется вслед за окончанием предыдущей. Этот метод имеет следующие особенности: сравнительно большую общую продолжительность монтажа, прерывное выполнение отдельных комплексов работ и потребление одинаковых видов ресурсов.

При *параллельном методе* выполнении работ системы могут монтироваться одновременно. Каждая группа параллельно выполняемых работ по отношению к любой другой группе может по времени совмещаться, либо не совмещаться, что в последнем случае приводит к прерывистой и одновременной потребности одних и тех же материалов и оборудования.

Простота изображения и четкая привязка ко времени, сделала ленточную модель распространенной, несмотря на ряд существенных недостатков:

1. Не четко увязаны технологические и организационные связи между отдельными операциями и работами. В современном строительстве такие работы выполняются отдельными специализированными подразделениями и исчисляются десятками и даже сотнями.
2. Невозможно оценить последствия срыва сроков выполнения той или иной работы.
3. Ленточный график является статической моделью и не отражает динамику процесса строительства в случае задержки поставок, выхода из строя механизмов, возникновения стихийных бедствий, климатических отклонений и каких-либо других событий.
4. Моделью не определяются решающие, важнейшие работы, задержка которых недопустима.

3.2. Поточные методы производства строительного-монтажных работ

Данный метод применяется при строительстве линейно-приближенных сооружений, таких как водопроводы, тепловые сети, нефтегазопроводы, линии электропередач и т.п. В этом случае производственный процесс может быть представлен в виде линейного графика (рис. 3.1) или циклограммы (рис. 3.2), на которой по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат – единицы строительной продукции (здания, участки или захватки). *Захватка* - это часть объекта или его конструктивного элемента с повторяющимися одинаковыми комплексами работ по его сооружению.

Поточный метод предполагает следующие этапы проектирования организации строительного производства:

1. Принимается шаг потока (K). *Шагом потока* называется промежуток времени между началом работ двух сменных бригад или промежуток времени, через который с потока выходит готовая продукция. При строительстве газопроводов и тепловых сетей шаг потока обычно принимается один или два дня.
2. Объект строительства разбивается на ряд участков, то есть на захватки. Трудоемкости работ на захватках должны быть примерно одинаковы и их разница не должна превышать 20 %.
3. В технологическом процессе строительного-монтажных работ выделяются отдельные операции, выполняемые специализированными бригадами или звеньями, которые оснащены необходимыми механизмами и приспособлениями.
4. Работа организуется таким образом, чтобы на каждой захватке выполнялась только одна операция и работала только одна специализированная бригада.
5. Каждая операция выполняется на любой захватке в течение одного и того же отрезка времени, который называется ритмом работы бригады (t). Бригады могут работать с ритмом кратным ритмам других бригад.
6. Специализированные бригады переходят последовательно с одной захватки на другую для выполнения одной и той же операции.

Таким образом, строительство превращается в производственный поток, состоящий из отдельных операций, меняющих друг друга на каждой захватке.

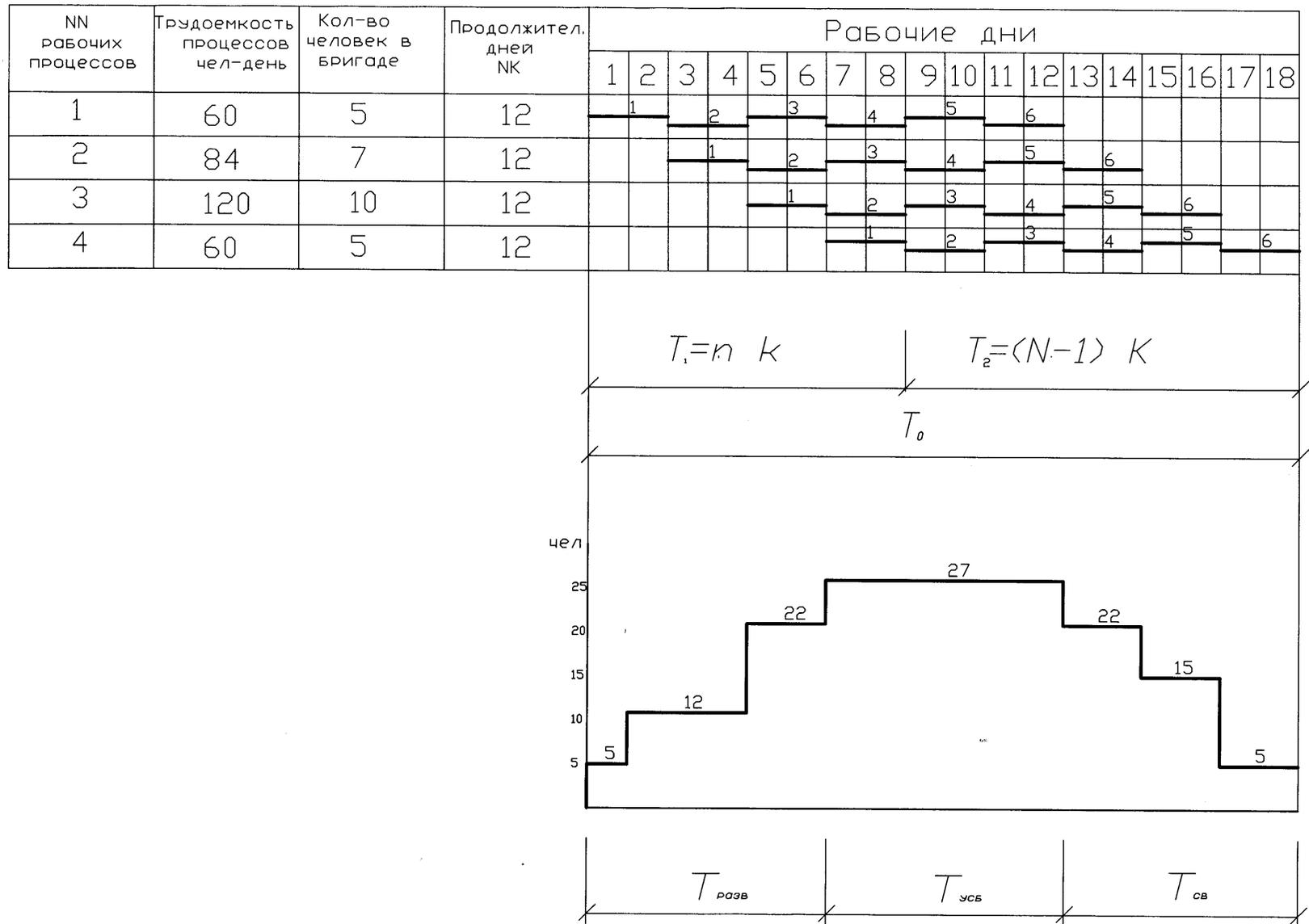


Рис. 3.1. Календарный график производства работ поточным методом с постоянным ритмом

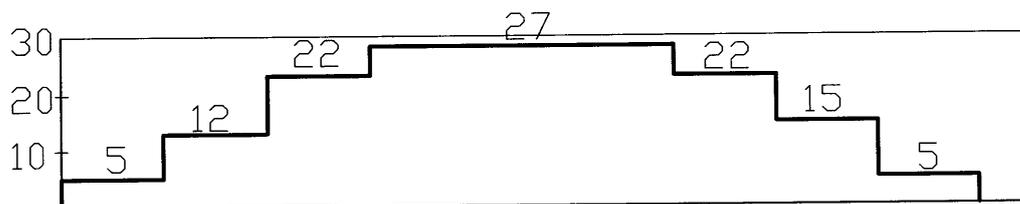
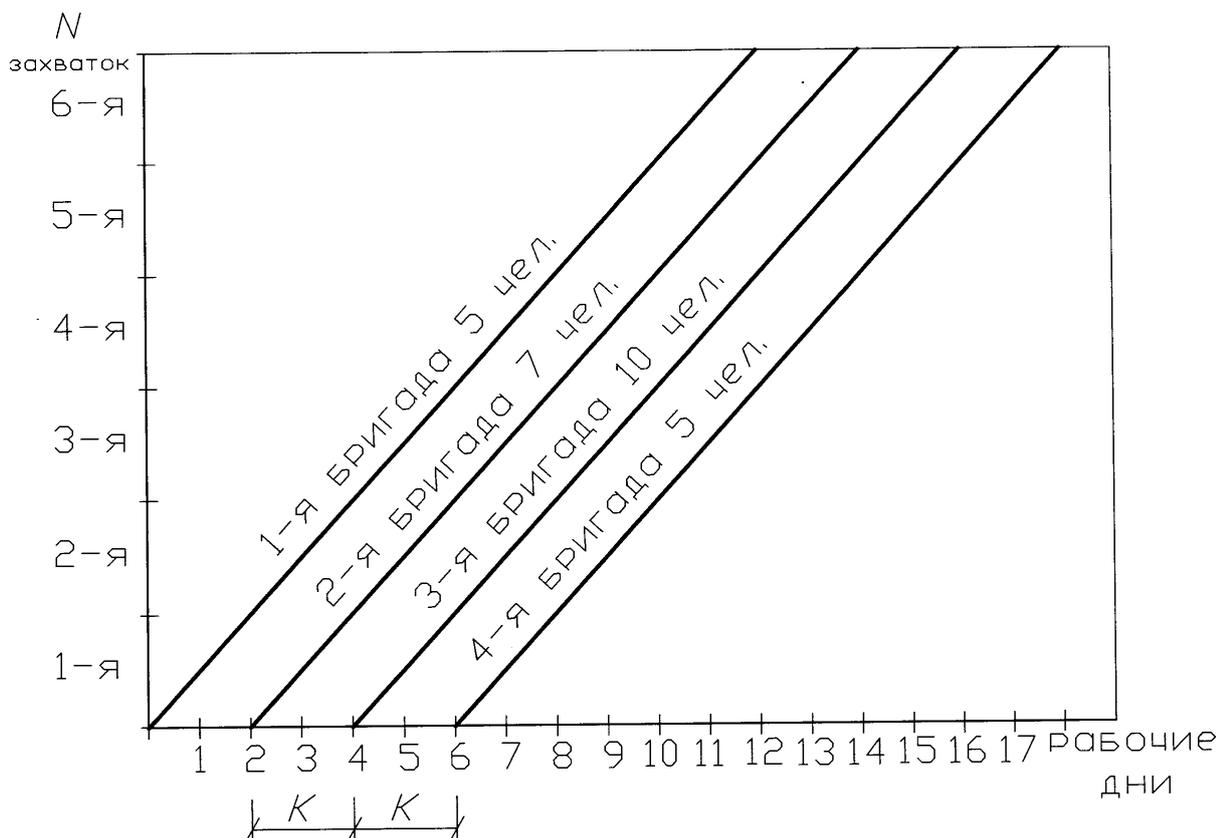


Рис. 3.2. Циклограмма потока постоянного ритма

3.2.1. Поток с постоянным ритмом

В рассматриваемом потоке ритмы работ всех бригад одинаковы и равны его шагу, то есть $t = K$.

На рис. 3.2 приведен график потока с постоянным ритмом, в котором все сооружение разделено на шесть захваток ($N=6$), а технологический процесс разбит на четыре операции, которые выполняются четырьмя специализированными бригадами. Шаг потока принят равным двум дням и соответствует ритму работы бригад $K=t=2$ дня.

Общая продолжительность работ T_0 , в днях, определяется по основной формуле потока

$$T_0 = (N + n - 1) \cdot K + \sum z, \quad (3.1)$$

где N - количество захваток; n - количество бригад; K - шаг потока; $\sum z$ - сумма технологических перерывов.

В рассматриваемом примере общая продолжительность работ составляет

$$T_o = (6 + 4 - 1) \cdot 2 + 0 = 18 \text{ дней}$$

Количество рабочих в специализированных бригадах вычисляется из соотношения

$$k_i = \frac{T_p}{K \cdot N}, \quad (3.2)$$

где T_p – трудоемкость, в чел-днях, специализированных работ, определяемая по формуле (1.1).

Для рассматриваемого примера, приведенного на рис 3.2, количество рабочих в бригадах составляет

$$k_1 = \frac{60}{6 \cdot 2} = 5, \quad k_2 = \frac{84}{6 \cdot 2} = 7, \quad k_3 = \frac{120}{6 \cdot 2} = 10, \quad k_4 = \frac{60}{6 \cdot 2} = 5.$$

При построении схемы производства работ целесообразно под ней разместить график движения рабочих, который показывает общую численность людей на каждый день. Построение графика движения рабочих на циклограмме заключается в сложении по вертикали их количества на каждый запланированный день.

Как видно из рис. 3.2, в строительном производстве четко наблюдаются три периода:

- ✓ время развития процесса производства $T_{разв}$, когда количество рабочих растет;
- ✓ период стабильного выполнения строительно-монтажных работ $T_{уст}$, с постоянным количеством людей;
- ✓ время свертывания с сокращением количества рабочих $T_{св}$.

Устойчивость потока, то есть его стабильность, оценивается двумя показателями равномерности по количеству рабочих α_1 и по времени α_2 .

Чем больше в потоке количество захваток, тем он устойчивей. При этом необходимо, чтобы количество захваток превышало количество бригад, то есть выполнялось условие $N_{min} = n + 1$.

Поток считается устойчивым, если при определении по формуле (3.3) $\alpha_1 \geq 0,5$

$$\alpha_1 = \frac{k_{CP}}{k_{max}}, \quad (3.3)$$

где k_{max} , k_{CP} - максимальное и среднее количество рабочих, вычисляемые по выражением

$$k_{max} = \frac{\sum T_{Pi}}{K \cdot N}, \quad (3.4)$$

ИЛИ

$$k_{\max} = \sum_{i=1}^n k_i, \quad (3.5)$$

$$k_{CP} = \frac{\sum T_{Pi}}{T_O}. \quad (3.6)$$

Для рассматриваемого примера (рис. 3.2) указанные параметры равны

$$k_{\max} = 5 + 7 + 7 + 10 + 5 = 27, \quad k_{CP} = \frac{324}{18} = 18, \quad \alpha_1 = \frac{18}{27} = 0,67 \geq 0,5$$

Величину α_1 можно вычислить не только по формуле (3.3), но и с учетом выражения

$$\alpha_1 = \frac{N}{N + n - 1}, \quad (3.7)$$

$$\alpha_1 = \frac{6}{6 + 4 - 1} = 0,67$$

Показатель неравномерности по времени рассчитывается из соотношения

$$\alpha_2 = \frac{T_{VCT}}{T_O} \quad (3.8)$$

Для соблюдения условия устойчивости необходимо, чтобы $\alpha_2 > 0,1$. Чем меньше периоды развертывания и свертывания и длиннее период установившегося потока, тем эффективней поток.

Для рассматриваемого примера

$$\alpha_2 = \frac{6}{18} = 0,33 > 0$$

Сделав небольшие преобразования с учетом выражений $T_{уст} = T_O - T_{разв} - T_{св}$, $T_{разв} = T_{св}$, $T_{разв} = (n-1)K$ и, соответственно $T_{уст} = T_O - 2T_{разв}$, а также формулы (3.1) можно убедиться, что α_2 будет равно

$$\alpha_2 = \frac{N - (n-1)}{N + (n-1)} \quad (3.9)$$

$$\alpha_2 = \frac{6 - (4-1)}{6 + (4-1)} = 0,33$$

Матричный способ изображения производственного процесса, представленный на рис. 3.3, менее нагляден и применяется редко. В левом верхнем углу (рис. 3.3) указывается начало работ бригады на захватке, в середине квадрата - продолжительность работы на захватке, в правом нижнем углу - окончание работ бригады на захватке.

№ захваток	1-я бригада	2-я бригада	3-я бригада	4-я бригада
1	1 2 2	3 2 4	5 2 6	7 2 8
2	3 2 4	5 2 6	7 2 8	9 2 10
3	5 2 6	7 2 8	9 2 10	11 2 12
4	7 2 8	9 2 10	11 2 12	13 2 14
5	9 2 10	11 2 12	13 2 14	15 2 16
6	11 2 12	13 2 14	15 2 16	17 2 18

Рис. 3.3. Матричный график производства работ

3.2.2. Поток с кратным ритмом

Если по технологическим соображениям при организации поточного производства не удастся ритм работы всех бригад принять одинаковым, то организуется поток с кратным ритмом. В этом случае одни бригады работают с минимальным ритмом, а другие бригады - с ритмом кратным минимальному, то есть $t=2K$, $t=3K$, или в общем виде

$$t = n \cdot K, \quad (3.10)$$

где n – количество одноименных бригад.

Для примера на рис. 3.4 приводится построение потока с кратным ритмом при следующих исходных данных:

- шаг потока $K=1$ день;
- количество захваток $N=12$;
- количество производственных потоков - четыре, в каждом из них первая бригада работает с ритмом равным шагу $t_1=K$, вторая - $t_2=3K$, третья - $t_3=K$; четвертая - $t_4=2K$.

В соответствии с исходными данными для выполнения первого цикла назначается одна бригада, второго - три одноименных бригады, третьего – одна, четвертого – две (рис. 3.4).

NN процессов	NN бригад	Рабочие дни																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
II	2а			1			4			7			10						
	2б				2			5			8			11					
	2в					3			6			9			12				
III	3				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
IV	4а	K	K	K	K				8		5		7		9		12		
	4б								2		4		6		8		10		12

Рис. 3.4. Календарный график работ с кратным ритмом

Основная формула потока для определения общей продолжительности работ

$$T_o = (N + n - 1) \cdot K + \sum z, \quad (3.1)$$

остаётся справедливой и для потока с кратным ритмом, но количество бригад n принимается с учетом одноименных бригад, то есть $n=1+3+1+2=7$.

$$T_o = (12 + 7 - 1) = 18 \text{ дней}$$

Как видно из приведенного графика потока с кратным ритмом (рис. 3.4) сохранены все признаки ритмичного потока: на захватке работает только одна бригада; бригады не простаивают; на захватке все время идет производственный процесс и бригады сменяют друг друга с одинаковым промежутком времени, то есть шагом K . Поток с кратным ритмом в виде циклограммы изображен на рис. 3.5.

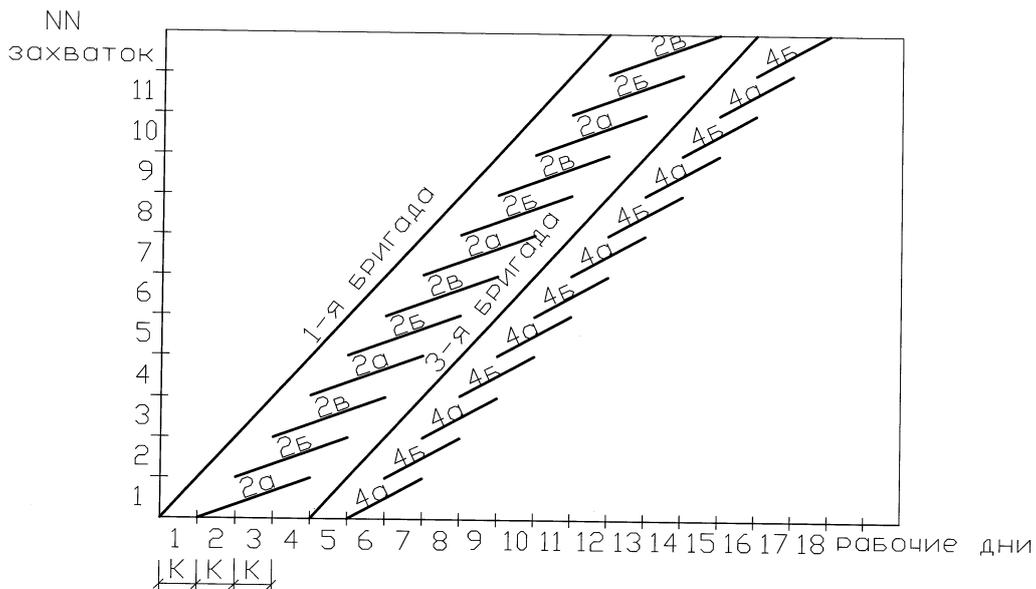


Рис. 3.5. Циклограмма потока с кратным ритмом

3.2.3. Неритмичные потоки

Неритмичные потоки применяются в том случае, когда объект строительства разбит на захваты с равной трудоемкостью не представляется возможным.

Различают два типа неритмичных потоков. Первый тип – *неритмичный поток с однородным изменением ритма*, когда захваты различаются размерами и трудоемкостью, но при этом структура и характер работ одинаковые, а трудоемкости работ пропорциональны размерам захваток. Примером такого потока может быть сооружения для размещения котлов одного типа, но разного количества, либо трубопроводная система с захватками разной протяженности.

Второй тип – *неритмичный поток с неоднородным изменением ритма*, когда ритм работы каждой бригады по захваткам имеет различные значения. При этом непрерывность производственного процесса каждой отдельной бригады, кроме первой, может быть обеспечена за счет изменения сроков начала работ последующей бригады с учетом сроков окончания предшествующей. Неритмичные потоки с неоднородным изменением ритма применяются крайне редко.

Задачей организации неритмичного потока является обеспечение бесперебойной работы специализированных бригад, с условием, что общая продолжительность работ всех бригад в потоке T_{OP} должна быть одинаковой. На захватках работа может прерываться, то есть захватка будет «простаивать».

На каждой захватке должна работать лишь одна бригада. Увязка работ бригад производится графически в следующем порядке:

1. Наносятся линии работ первой бригады на всех захватках.
2. Пунктиром наносятся линии работ второй бригады при условии, что она включается в работу сразу после ухода первой бригады с первой захватки.
3. Исходя из положения, что она на захватке может работать только одна бригада, определяется количество дней условного простоя бригады номер два. Обозначим эти простои отрезками лент « a_1 », « a_2 » и т.д.
3. Определяется так называемый, организационный перерыв « C », который выбирается из условия $C = a_{\max}$.
4. Отодвигается начало работ бригады номер два от условного варианта на отрезок C и наносится работа второй бригады.
5. Вычисляется интервал, через который в поток должны включаться в работу бригады

$$S = C + t_1, \quad (3.11)$$

где t_1 - время работ бригад на первой захватке.

6. Строится график организационных перерывов на захватках или по другому график пустующих захваток.

Основная формула потока (3.1) приобретает следующий вид

$$T_o = S \cdot (n - 1) + T_{BP} + \sum Z, \quad (3.12)$$

где n - количество бригад; T_{BP} - время работ одной бригады на всех захватках; $\sum Z$ - сумма технологических перерывов.

Пример: Построить график работ неритмичного потока с однородным ритмом при условии:

- количество бригад $n=4$;
- количество захваток $N=10$;
- время работы бригады на первой захватке $t_1=1$ дню, на второй захватке $t_2=4$ дня; $t_3=2$ дня; $t_4=1$ день; $t_5=5$ дней; $t_6=7$ дней; $t_8=1$ день; $t_9=2$ дня; $t_{10}=1$ день.

Таким образом продолжительность работ бригады на всех захватках

$$T_{БР} = \sum_{i=1}^N t = 20 \text{ дней.}$$

Построение ленточного графика неритмичного потока приведено на рис. 3.6. На нем указываются как условные простои, так и условная работа бригад, в данном случае второй бригады (рис. 3.6).

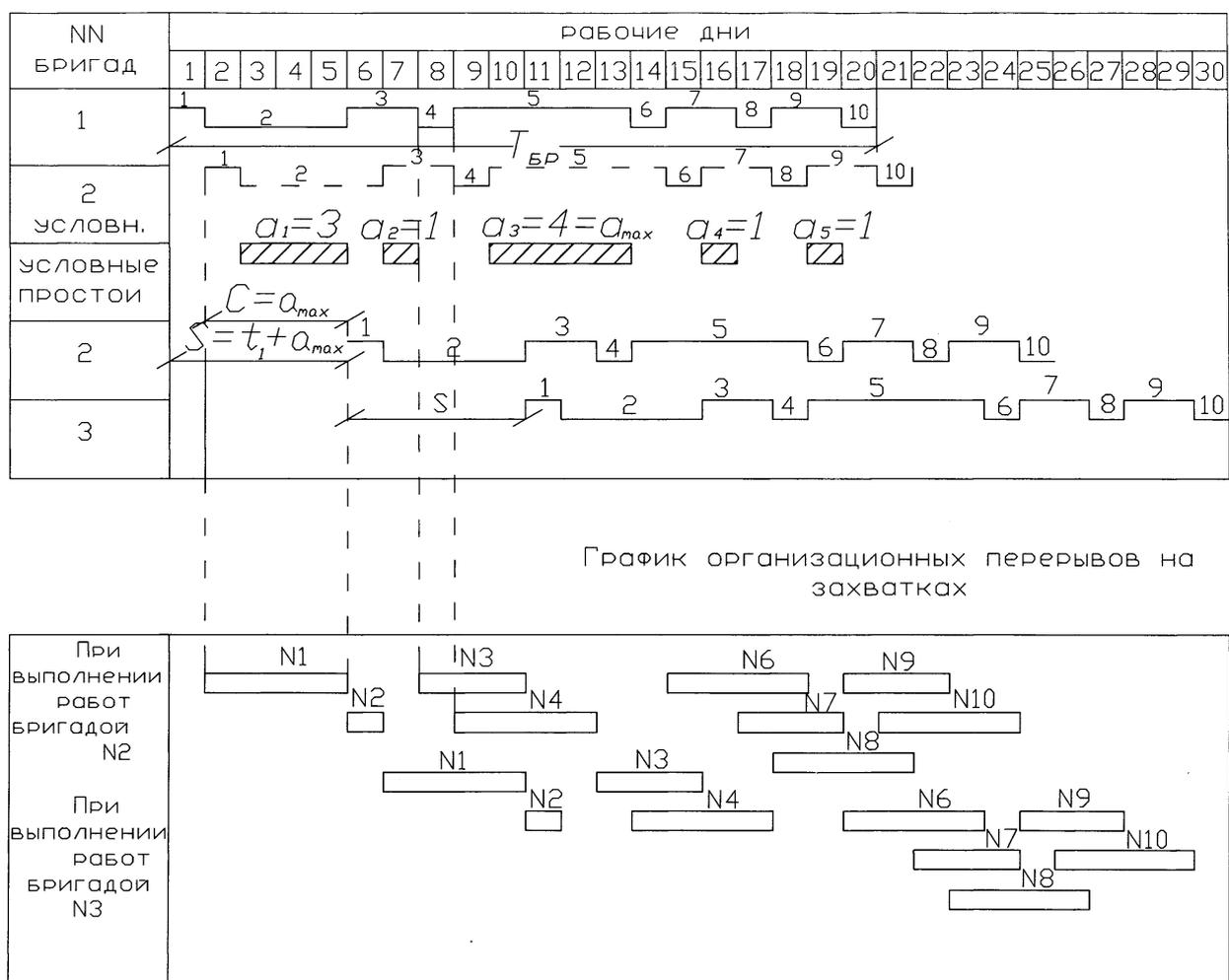


Рис. 3.6. Календарный график неритмичного потока с однородным изменением ритма

3.3. Сетевые модели производства строительного-монтажных работ

Сетевой календарный график имеет ряд нижеперечисленных преимуществ перед ленточными моделями организации работ, поэтому применяется не только при строительстве массивных объектов, но и в других отраслях производственной деятельности, где имеются многочисленные и сложные взаимосвязи участников процесса по достижению конечной цели.

Сетевая модель – это наглядное графическое изображение взаимосвязи различных видов работ, свершение которых приводит к достижению одного или нескольких требуемых результатов.

На базе сетевой модели составляется сетевой календарный график с рассчитанными временными параметрами производственных процессов.

Основным этапом сетевого моделирования является определение самого длинного пути от начального до конечного события, называемого *критическим путем*. Работы, лежащие на критическом пути, называются критическими. Работы, не находящиеся на критическом пути, будут обладать резервами времени, и поэтому для них определяют по два времени начала и окончания работ – соответственно ранние и поздние сроки.

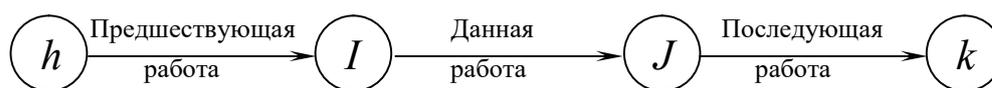
Календарные сетевые графики имеют следующие преимущества:

1. Позволяют сосредоточить финансовые, материальные и трудовые ресурсы на решающих работах, лежащих на критическом пути.
2. Дают возможность правильно оценивать отклонения на отдельных работах.
3. Обладают наглядностью в представлении о технологической последовательности и взаимосвязях отдельных работ.
4. Поскольку параметры сетевой модели определяются математическими зависимостями, то их расчет можно производить при помощи вычислительной техники, что особенно важно при наличии в рассматриваемой модели большого количества работ и зависимостей.

Для составления сетевого календарного графика расчетом определяются следующие параметры:

- продолжительность критического пути L_{KP} ;
- ранние и поздние сроки начала и окончания работ;
- общие и частные резервы времени работ;
- общие резервы времени путей и их напряженность.

Для последовательного выполнения расчетов приняты следующие обозначения:



t_{i-j} – продолжительность данной работы;

t_{h-i} – продолжительность предшествующей работы;

t_{j-k} – продолжительность последующей работы;

t_{i-j}^{pn} – раннее начало данной работы;

t_{i-j}^{po} – раннее окончание данной работы;

t_{i-j}^{nn} – позднее начало данной работы;

t_{i-j}^{no} – позднее окончание данной работы;

R_{i-j} – полный резерв времени данной работы;

r_{i-j} – частный резерв времени данной работы;

$R(L_n)$ – полный резерв времени пути;

$K_n(L_n)$ – напряженность пути.

Раннее начало данной работы равно максимальному значению из всех ранних окончаний предшествующих работ

$$t_{i-j}^{pn} = \max t_{h-i}^{po}; \quad (3.13)$$

если данной работе предшествует только одна работа, то $t_{i-j}^{pn} = t_{h-i}^{po}$.

Ранние сроки начал работ, выходящих из исходного события, равны нулю. Раннее окончание данной работы равно раннему началу данной работы плюс продолжительность данной работы:

$$t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{pn} + t_{i-j}. \quad (3.14)$$

Максимальное значение t^{po} какой-либо из работ, входящих в завершающее событие, определяет продолжительность критического пути:

$$t_{кр} = \max t_{j-k}^{po}. \quad (3.15)$$

Поздние сроки начала и окончания работ вычисляются от завершающего события к исходному.

Позднее начало определяется как разность позднего окончания и продолжительностью данной работы:

$$t_{i-j}^{nn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}. \quad (3.16)$$

Если за данной работой необходимо выполнить несколько последующих работ, то ее позднее окончание будет равно минимальному значению из всех поздних начал этих работ:

$$t_{i-j}^{no} = \min t_{j-k}^{nn}. \quad (3.17)$$

Если за данной работой стоит одна последующая работа, то $t_{i-j}^{no} = t_{j-k}^{nn}$.

Общим полным резервом пути называется разница между продолжительностью критического пути и продолжительностью любого другого пути от начального до конечного события, что отражено в зависимости

$$R(L_n) = t_{кр} - t(L_n) \quad (3.18)$$

Напряженность пути выражается коэффициентом напряженности:

$$K_H(L_n) = \frac{t(L_n) - t'_{кр}(L_n)}{t_{кр} - t'_{кр}(L_n)}, \quad (3.19)$$

где $t'_{кр}(L_n)$ – часть критического пути, по которому частично проходит рассматриваемый путь.

Общим резервом времени работы называется промежуток времени, на который можно перенести начало работы или увеличить продолжительность этой работы, не влекущей изменение сроков окончания строительства:

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{nn} - t_{i-j}^{pn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}^{po}. \quad (3.20)$$

Частным резервом работы называется промежуток времени, на который можно увеличить продолжительность работы или перенести начало этой работы без изменения срока начала последующей работы:

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{pn} - t_{i-j}^{po}. \quad (3.21)$$

Работы, лежащие на критическом пути, не имеют резервов времени и поэтому должны выполняться строго в обозначенные сроки. Если в результате вычислений получается, что зависимость имеет частный резерв, то этот резерв следует перенести на предшествующую работу. Расчет сетевой модели может производиться аналитическим, табличным, графическим способами, в том числе и с применением ПЭВМ.

Пример построения локальной сетевой модели приведен на рис. 3.7.

В зависимости от конкретного объекта, объема работ, очередности строительства, поставленной задачи и других обстоятельств строиться сетевая модель, характеризующая взаимосвязи работ и событий.

Внешние (вводные) работы в локальных сетевых моделях показывают зависимость рассматриваемых производственных процессов от работ, выполняемых смежниками.

Временные оценки технологических операций определяются по «Ведомости объемов работ и трудозатрат» с использованием нормативов ГЭСН, ЕНиР и опытных данных.

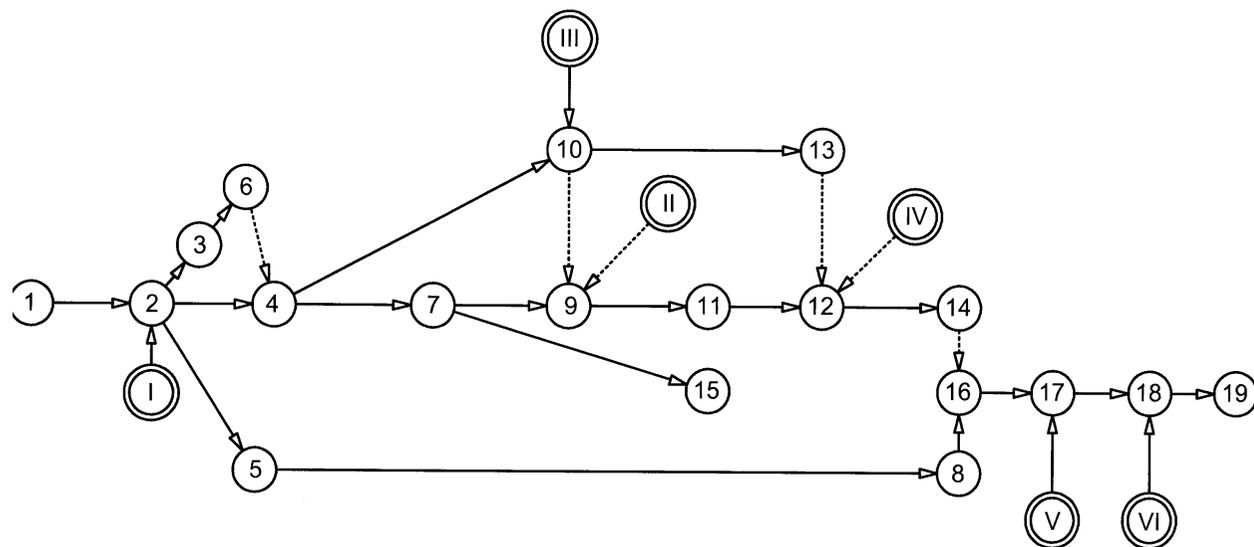


Рис. 3.7. Локальная сетевая модель монтажа котельной, включающая следующие виды работ для примера рассмотренного в разделе 3.3: 1 - подрядный договор заключен, финансирование открыто; 1-2 - разработка и согласование ППР; 2-3 - изготовление накаточного пути и салазок; 2-4 - доставка в зону монтажа экономайзера и котла N3; 2-5 - доставка дымососов, дутьевых вентиляторов, оборудования химводоподготовки; 3-6 - монтаж накаточного пути, салазок, запасовка полиспаста, установка отводного блока в осях А-Б, устройство якоря и установка ручной барабанной лебедки; 4-7 - монтаж экономайзера и котла в осях А-Б; 5-8 - монтаж оборудования химводоподготовки; 7-9 - демонтаж накаточного пути, полиспаста и блока в осях А-Б и монтаж их в осях Б-В; 4-10 - доставка в зону монтажа экономайзера и котла; 9-11 - монтаж экономайзера и котла в осях Б-В; 11-12 - демонтаж накаточного пути, салазок и блока в осях Б-В и монтаж их в осях В-Г; 10-13 - доставка в зону монтажа экономайзера и котла; 12-14 - монтаж экономайзера и котла в осях В-Г; 7-15 - гидравлическое, обмуровка и обвязка котла и экономайзера осях А-Б; 15-16 - тоже в осях Б-В; 16-17 - тоже в осях В-Г; 17-18 - тепловое испытание котлоагрегатов; 18-19 - сдача котельной в эксплуатацию:

внешние (вводные) работы: I-2 - устройство стоянки автокрана N1, устройство полов, устройство фундаментов под оборудование химводоподготовки котла и экономайзера в осях А-Б; II-9 - монтаж фундаментов под котел и экономайзер в осях Б-В; III-10 - устройство стоянки автокрана N2; IV -12 - устройство фундаментов под котел и экономайзер в осях В-Г; V-17 - окончание электротехнических работ; VI-18 - полное окончание строительных работ и работ смежников

4. Пример организации строительно-монтажных работ при восстановлении участков системы газоснабжения после аварии

Рассмотрим пример организации по выполнению линейной части газовой сети поточным методом с построением календарного графика неритмичного потока с однородным изменением ритма (ритмы работы всех бригад на одинаковых захватках одинаковы).

Исходные данные:

1. Схема газовой сети (рис.4.1) с указанием длин участков, диаметров труб, толщин стенок труб.
2. Грунт II группы (чернозем отвердевший).
3. Способ разработки грунта: экскаватором обратная лопата с объемом ковша 0,15 м³ навывмет.
4. Профиль траншеи без откосов, шириной 0,7 м; глубиной 1,1 м.
5. Трубы длиной 10 м поставляются изолированными с трубозаготовительной базы, изоляция весьма усиленная.

Технологический процесс сооружения газопровода разбит на следующие технологические операции:

1. Сборка, прихватка и сварка труб в звенья (плети) длиной 40 м на бровке траншеи.
2. Рытье траншеи экскаватором и планировка дна траншеи вручную.
3. Укладка плетей в траншею, сборка, прихватка и сварка неповоротным стыком.
4. Гидравлическое испытание на прочность.
5. Антикоррозионная изоляция стыков.
6. Обратная засыпка вручную.
7. Засыпка всей трассы газопровода бульдозером.
8. Гидравлическое испытание всей трассы на плотность.

Вначале определяются объемы и трудоемкость работ по захваткам. Исходные данные и результаты расчетов заносятся в табл. 4.1.

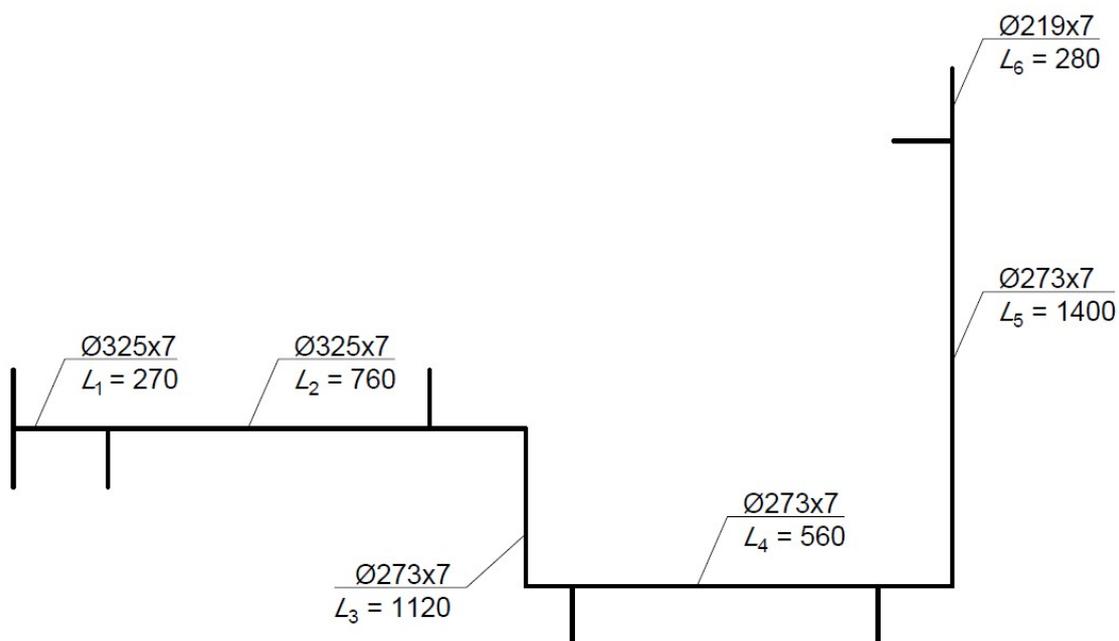


Рис. 4.1. Схема газовой сети, принятая к производству работ

Таблица 4.1

Ведомость объемов и трудоемкости работ по захваткам

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
1-я захватка Ø325x7 (t=1)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	270	Е9-2-1: табл. 1 № 6	0,09	24,3
	б) прихватка стыков	стык	21	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,11	2,31
	в) сварка стыков поворотная с односторонним скосок кромок	стык	21	Е22-2-2: табл. 7 № 1	1,1	23,1
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м ³	1,7	Е2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	17
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м ³	37,8	Е2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	56,7

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без распорок	м	270	Е9-2-1: табл. 2 № 6	0,19	51,3
	б) прихватка стыков	стык	6	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,11	0,66
	в) сварка стыков вертикальная неповоротная	стык	6	Е22-2-2: табл. 7 № 5	1,4	8,4
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	7	Е25-25: табл. 2 № 1	1,8	12,6
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	270	Е9-2-9: табл. 2 № 4, Пр. 2	0,17× 0,6=0,1	27
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	27	Е9-2-12: № 4	0,75	20,25
6	Обратная засыпка вручную	м³	76,8	Е2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	43,8
2-я захватка Ø325×7 (t=3)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	760	Е9-2-1: табл. 1 № 6	0,09	68,4
	б) прихватка стыков	стык	57	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,11	6,27
	в) сварка стыков поворотная с односторонним ско-сок кромок	стык	57	Е22-2-2: табл. 7 № 1	1,1	62,7
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м³	4,8	Е2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	48
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м³	106,4	Е2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	159,8

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без распорок	м	760	Е9-2-1: табл. 2 № 6	0,19	144,4
	б) прихватка стыков	стык	18	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,11	2,0
	в) сварка стыков вертикальная неповоротная	стык	18	Е22-2-2: табл. 7 № 5	1,4	25,2
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	19	Е25-25: табл. 2	1,8	34,2
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	760	Е9-2-9: табл. 2 № 4, Пр. 2	0,17× 0,6=0,1	76
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	75	Е9-2-12: № 4	0,75	56,25
6	Обратная засыпка вручную	м³	216,3	Е2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	123,3
3-я захватка Ø273×7 (t=4)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	1120	Е9-2-1: табл. 1 № 5	0,06	67,2
	б) прихватка стыков	стык	84	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	5,88
	в) сварка стыков поворотная с односторонним ско-сок кромок	стык	84	Е22-2-2: табл. 6 № 1	1,0	84,0
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м³	7,06	Е2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	70,6
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м³	159,6	Е2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	239,4

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без расporок	м	1120	Е9-2-1: табл. 2 № 5	0,14	157
	б) прихватка стыков	стык	27	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	1,89
	в) сварка стыков вертикальная неповоротная	стык	27	Е22-2-2: табл. 6 № 5	1,3	35,1
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	28	Е25-25: табл. 2	1,8	50,4
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	760	Е9-2-9: табл. 2 № 3, Пр. 2	0,14× 0,6= 0,084	94,1
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	111	Е9-2-12: № 3	0,64	71,0
6	Обратная засыпка вручную	м³	305,3	Е2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	174
4-я захватка $\varnothing 273 \times 7$ (t=2)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	560	Е9-2-1: табл. 1 № 5	0,06	33,6
	б) прихватка стыков	стык	42	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	2,94
	в) сварка стыков поворотная с односторонним ско-сок кромок	стык	42	Е22-2-2: табл. 6 № 1	1,0	42
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м³	3,53	Е2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	35,3
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м³	78,4	Е2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	117,6

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без распорок	м	560	Е9-2-1: табл. 2 № 5	0,14	78,4
	б) прихватка стыков	стык	13	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	0,91
	в) сварка стыков вертикальная неповоротная	стык	13	Е22-2-2: табл. 6 № 5	1,3	16,9
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	14	Е25-25: табл. 2	1,8	25,2
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	560	Е9-2-9: табл. 2 № 3, Пр. 2	0,14× 0,6= 0,084	47
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	55	Е9-2-12: № 3	0,64	35,2
6	Обратная засыпка вручную	м³	153,6	Е2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	87,6
5-я захватка $\varnothing 273 \times 7$ (t=5)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	1400	Е9-2-1: табл. 1 № 5	0,06	84
	б) прихватка стыков	стык	105	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	7,35
	в) сварка стыков поворотная с односторонним ско-сок кромок	стык	105	Е22-2-2: табл. 6 № 1	1,0	105
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м³	8,82	Е2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	88,2
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м³	196	Е2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	294

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без расporок	м	1400	E9-2-1: табл. 2 № 5	0,14	196
	б) прихватка стыков	стык	34	E22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	2,38
	в) сварка стыков	стык	34	E22-2-2: табл. 6 № 5	1,3	44,2
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	35	E25-25: табл. 2	1,8	63
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	1400	E9-2-9: табл. 2 № 3, Пр. 2	0,14× 0,6= 0,084	117,6
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	139	E9-2-12: № 3	0,64	88,96
6	Обратная засыпка вручную	м³	381,6	E2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	217,5
6-я захватка $\varnothing 219 \times 7$ (t=1)						
1.	Сборка и сварка труб в звенья на бровке траншеи:					
	а) сборка	м	280	E9-2-1: табл. 1 № 4	0,05	184
	б) прихватка стыков	стык	21	E22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	1,47
	в) сварка стыков поворотная с односторонним ско-сок кромок	стык	21	E22-2-2: табл. 6 № 1	0,81	17,01
2.	Рытье траншеи навывмет экскаватором (грунт II группы)	100 м³	1,76	E2-1-13: табл. 2 № 1	10,0	17,6
	Рытье грунта II группы вручную, глубина разрабатываемого грунта свыше 1 м.	м³	39,8	E2-1-47: табл. 1 № 2	1,5	52,7

№	Наименование операции	Ед. изм.	К-во	Обоснование	Трудоемкость, чел-ч	
					На ед.	Всего
3.	а) укладка звеньев труб в траншею без распорок	м	280	Е9-2-1: табл. 2 № 5	0,12	33,6
	б) прихватка стыков	стык	6	Е22-2-7: табл. 1 № 6	0,07	0,42
	в) сварка стыков	стык	6	Е22-2-2: табл. 6 № 5	1,0	6
	г) опускание звеньев двумя самоходными стреловыми кранами (масса груза до 2000 кН, глубина опускания до 5 м)	шт.	7	Е25-25: табл. 2	1,8	12,6
4	Гидравлическое испытание на прочность	м	280	Е9-2-9: табл. 2 № 3, Пр. 2	0,14× 0,6= 0,084	23,5
5	Антикоррозионная изоляция стыков	стык	27	Е9-2-12: № 3	0,64	17,28
6	Обратная засыпка вручную	м³	71,6	Е2-1-58: табл. 2 № 4	0,57	40,8

Пояснение к ведомости объемов работ и трудозатрат.

1-я захватка: $t=1$ день, $l=270$ м. Количество плетей на захватке $270:40=7$ плетей.

Количество свариваемых стыков $7 \times (4-1)=21$ стыков.

2-я захватка: $t=3$ дня, $l=760$ м. Количество плетей $760:40=19$ плетей. Количество стыков $18 \times 3=57$ стыков.

3-я захватка: $t=4$ дня, $l=1120$ м. Количество плетей $1120:40=28$ плетей. Количество стыков $28 \times 3=84$ стыков.

4-я захватка: $t=2$ дня, $l=560$ м. Количество плетей $560:40=14$ плетей. Количество стыков $14 \times 3=42$ стыков.

5-я захватка: $t=5$ дней, $l=1400$ м. Количество плетей $1400:40=35$ плетей. Количество стыков $35 \times 3=105$ стыков.

6-я захватка: $t=1$ день, $l=280$ м. Количество плетей $280:40=7$ плетей. Количество стыков $7 \times 3=21$ стыков.

Определение количества рабочих по каждой захватке производится для неритмичного потока по формуле

$$k_i = \frac{T_{Pi}}{K}, \quad (4.1)$$

где T_{Pi} – трудоемкость по каждой рассматриваемой i -захватке, в чел-днях; K – шаг потока.

Поскольку при организации поточного метода ведущим механизмом является экскаватор, определяем ритм работ бригад на захватках по скорости движения экскаватора за день $U=254$ м/день (см. ниже в пояснениях к ведомости объемов работ и трудозатрат).

$$t_1=l_1/U=270/254=1 \text{ день}; \quad t_2=760/254=3 \text{ дня}; \quad t_3=1120/254=4 \text{ дня}; \\ t_4=560/254=2 \text{ дня}; \quad t_5=1400/254=5 \text{ дней}; \quad t_6=280/254=1 \text{ день}.$$

1-я операция.

1-я захватка $t=1$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=24,3 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{24,3}{1 \cdot 8} = 3 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=23,1+2,31=25,41 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{25,41}{1 \cdot 8} = 3 \text{ сварщика}.$$

2-я захватка $t=3$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=68,4 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{68,4}{3 \cdot 8} = 3 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=6,27+62,7=69 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{69}{3 \cdot 8} = 3 \text{ сварщика}.$$

3-я захватка $t=4$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=67,2 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{67,2}{4 \cdot 8} = 2 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=84+5,88=89,88 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{89,88}{4 \cdot 8} = 3 \text{ сварщика}.$$

4-я захватка $t=2$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=33,6 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{33,6}{2 \cdot 8} = 2 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=2,34+42=44,34 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{44,34}{2 \cdot 8} = 3 \text{ сварщика}.$$

5-я захватка $t=5$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=84 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{84}{5 \cdot 8} = 2 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=7,35+105=112,35 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{112,35}{5 \cdot 8} = 3 \text{ сварщи-}$$

ка.

6-я захватка $t=5$:

$$\text{Сборка } T_{P1}=14 \text{ чел-ч}; \quad k_1 = \frac{14}{1 \cdot 8} = 2 \text{ монтажника}.$$

$$\text{Сварочные работы } T_{P2}=1,47+17,01=18,48 \text{ чел-ч}; \quad k_2 = \frac{18,48}{1 \cdot 8} = 2 \text{ сварщика}.$$

2-я операция.

Рытье траншеи экскаватором ЭО-1621 с емкостью ковша $0,15 \text{ м}^3$ и планировка траншеи вручную.

Объем грунта, разрабатываемый экскаватором на 1 м длины траншеи, составляет

$$V = 0,7 \cdot (1,1 - 0,2) = 0,63 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Согласно Е2-1-13, табл. 1, строка 1 для грунта II-ой группы $H_{\text{вр}}=10$ чел-ч на 100 м^3 грунта. Поэтому производительность экскаватора при 2-х сменной работе (16 часов) определяем по формуле

$$\Pi = \frac{100 \cdot T_p}{H_{\text{вр}}}, \quad (4.2)$$

$$\Pi = \frac{100 \cdot 16}{10} = 160 \text{ м}^3/\text{день}.$$

Скорость движения экскаватора в соответствии с выражением

$$U = \frac{\Pi}{V}, \quad (4.3)$$

равна

$$U = \frac{160}{0,63} = 254 \text{ м/день}.$$

1-я захватка: $l=270$ м, то есть экскаватор обеспечит рытье траншеи за один день ($t=1$) со скоростью 270 м/день.

При этом необходимо обеспечить перевыполнение норм выработки на

$$\frac{(270 - 254) \cdot 100}{254} = 6,3 \%,$$

2-я захватка: $l=760$ м, $t=3$, при скорости 254 м/день экскаватор за 3 дня выроет 760 м.

3-я захватка: $l=1120$ м, $t=4$, экскаватор будет работать со скоростью $1120/4=280$ м/день. При этом необходимо обеспечить перевыполнение норм выработки на

$$\frac{(280 - 254) \cdot 100}{254} = 10,2 \%,$$

что допустимо, так как перевыполнение норм выработки считается реальным не более чем на $15-20 \%$.

4-я захватка: $l=560$ м, $t=2$, $U=280$ м/день.

5-я захватка: $l=1400$ м, $t=5$, $U=1400/5=280$ м/день.

6-я захватка: $l=280$ м, $t=1$, $U=280$ м/день.

Рытье траншеи вручную при II-ой группе грунта. Объем грунта на 1 м длины траншеи составляет $0,2 \times 0,7 = 0,14 \text{ м}^3$.

1-я захватка: $270 \times 0,14 = 37,8 \text{ м}^3$; 2-я захватка: $760 \times 0,14 = 106,4 \text{ м}^3$;

3-я захватка: $1120 \times 0,14 = 156,8 \text{ м}^3$; 4-я захватка: $560 \times 0,14 = 78,4 \text{ м}^3$;

5-я захватка: $270 \times 0,14 = 37,8 \text{ м}^3$; 6-я захватка: $270 \times 0,14 = 37,8 \text{ м}^3$;

Количество рабочих для планировки траншеи вручную:

$$k_1 = \frac{56,7}{1 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов}; \quad k_2 = \frac{159,6}{3 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов}; \quad k_3 = \frac{233,4}{4 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов};$$

$$k_4 = \frac{117,4}{2 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов}; \quad k_5 = \frac{294}{5 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов}; \quad k_6 = \frac{59,7}{1 \cdot 8} = 7 \text{ землекопов}.$$

3-я операция.

Количество стыков равно количеству звеньев за вычетом 1.

В соответствии с пунктом 9 «вводной части» сборника ЕНиР Е9 выпуск 2, работа машинистов автокранов нормами не учтена и она принимается эпизодически не зависимо от трудоемкости.

Количество машинистов: $k_1 = \frac{51,3}{1 \cdot 8} = 6 \text{ чел.}; \quad k_2 = \frac{144}{3 \cdot 8} = 6 \text{ чел.}; \quad k_3 = \frac{157}{4 \cdot 8} = 5$

чел.; $k_4 = \frac{78,4}{2 \cdot 8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_5 = \frac{196}{5 \cdot 8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_6 = \frac{33,6}{1 \cdot 8} = 4 \text{ чел.}$

Количество сварщиков: $k_1 = \frac{8,4 + 0,66}{1 \cdot 8} = 1 \text{ чел.}; \quad k_2 = \frac{2 + 25,2}{3 \cdot 8} = 1 \text{ чел.};$

$k_3 = \frac{1,89 + 35,1}{4 \cdot 8} = 1 \text{ чел.}; \quad k_4 = \frac{16,9 + 0,91}{2 \cdot 8} = 1 \text{ чел.}; \quad k_5 = \frac{2,38 + 44,2}{5 \cdot 8} = 1 \text{ чел.};$

$k_6 = \frac{0,42 + 6}{1 \cdot 8} = 1 \text{ чел.}$

4-я операция.

Количество рабочих: $k_1 = \frac{27}{1 \cdot 8} = 3 \text{ чел.}; \quad k_2 = \frac{76}{3 \cdot 8} = 3 \text{ чел.}; \quad k_3 = \frac{94,1}{4 \cdot 8} = 3 \text{ чел.};$

$k_4 = \frac{47}{2 \cdot 8} = 3 \text{ чел.}; \quad k_5 = \frac{117,6}{5 \cdot 8} = 6 \text{ чел.}; \quad k_6 = \frac{23,5}{1 \cdot 8} = 5 \text{ чел.}$

5-я операция.

Количество рабочих: $k_1 = \frac{20,25}{1 \cdot 8} = 2 \text{ чел.}; \quad k_2 = \frac{56,25}{3 \cdot 8} = 2 \text{ чел.}; \quad k_3 = \frac{71}{4 \cdot 8} = 2$

чел.; $k_4 = \frac{35}{2 \cdot 8} = 2 \text{ чел.}; \quad k_5 = \frac{88,96}{5 \cdot 8} = 2 \text{ чел.}; \quad k_6 = \frac{17,28}{1 \cdot 8} = 2 \text{ чел.}$

6-я операция.

Объем засыпки грунтом траншеи вручную в соответствии со схемой рис. 4.2 определяется формуле

$$V_{BP} = \left[0,7 \cdot (D + 0,2) - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot l, \quad (4.4)$$

1-я захватка $t=1$:

$$V_{BP1} = \left[0,7 \cdot (0,325 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,325^2}{4} \right] \cdot 270 = 76,84 \text{ м}^3$$

2-я захватка $t=3$:

$$V_{BP2} = \left[0,7 \cdot (0,325 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,325^2}{4} \right] \cdot 760 = 216,3 \text{ м}^3$$

3-я захватка $t=4$:

$$V_{BP3} = \left[0,7 \cdot (0,273 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,273^2}{4} \right] \cdot 1120 = 305,3 \text{ м}^3$$

4-я захватка $t=2$:

$$V_{BP4} = \left[0,7 \cdot (0,273 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,273^2}{4} \right] \cdot 560 = 153,6 \text{ м}^3$$

5-я захватка $t=2$:

$$V_{BP5} = \left[0,7 \cdot (0,273 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,273^2}{4} \right] \cdot 1400 = 381,6 \text{ м}^3$$

6-я захватка $t=2$:

$$V_{BP6} = \left[0,7 \cdot (0,219 + 0,2) - \frac{\pi \cdot 0,219^2}{4} \right] \cdot 280 = 71,6 \text{ м}^3$$

Необходимое количество рабочих для производства шестой операции по захваткам составляет:

$$k_1 = \frac{43,8}{1,8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_2 = \frac{123,3}{3,8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_3 = \frac{174}{4,8} = 5 \text{ чел.};$$

$$k_4 = \frac{87,6}{2,8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_5 = \frac{217,5}{5,8} = 5 \text{ чел.}; \quad k_6 = \frac{40,8}{1,8} = 5 \text{ чел.};$$

Общая продолжительность выполнения всех работ в потоке определяется по основной формуле (3.12) для потоков с однородным изменением ритма:

$$T_0 = S \cdot (n-1) + T_{BP} + \sum Z,$$

где n – количество бригад; S – организационный перерыв между работой сменных бригад $S=C+t_1=a_{\max}+t_1=4+1=5$ дней; T_{BP} – продолжительность работы одной бригады, равная $t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6=16$ дней; t_1 – ритм работы бригад на первой захватке; $\sum Z$ – сумма технологических перерывов.

$$T_0 = 5(6-1) + 16 + 2 = 43 \text{ дня.}$$

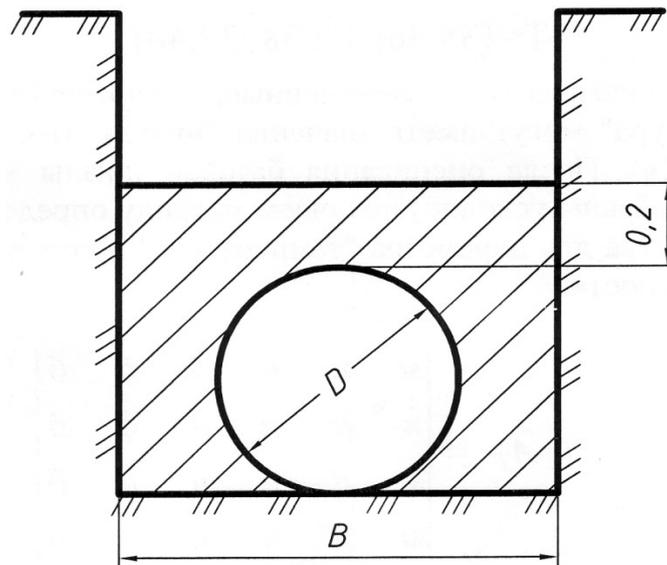


Рис. 4.2. Схема засыпки траншеи вручную

1-й технологический перерыв.

Производится обратная засыпка всей трассы бульдозером, для этого определяем объем грунта, засыпаемый бульдозером,

$$V_B = L \cdot (b \times h) - V_{BP}, \quad (4.5)$$

где L – длина трассы газопровода, $L=270+760+1120+560+1400+280=4390$ м; $b \times h$ – сечение транши при ее прямоугольной форме $b \times h=0,7 \times 1,1=0,77$ м²; V – объем грунта засыпанный вручную $V=V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_6=76,84+216,3+305,3+153,6+384,6+71,6=1205,21$ м³.

$$V_B = 4390 \cdot 0,77 - 1205 = 2263 \text{ м}^3$$

Норма времени на засыпку траншеи бульдозером ДЗ-29 для грунта II группы согласно Е2-1-34 равно 0,77 машино-часа на 100 м³ грунта, поэтому первый технологический перерыв составит

$$Z_1 = \frac{2263}{100} \cdot 0,77 = 17,4 \text{ ч}$$

При двухсменной работе бульдозера $t=17,6/16=1$ день, $k=2$ бульдозериста.

2-й технологический перерыв.

Гидравлическое испытание всей трассы газопровода на плотность. Норма времени согласно Е9-2-9 табл.2 на 1 м трубопровода с учетом примечания ПР-2 будет равна:

для $\varnothing 325$ мм – $0,17 \times 0,4=0,068$ чел-ч,

для $\varnothing 273$ мм и $\varnothing 219$ мм – $0,14 \times 0,4=0,056$ чел-ч.

Трудозатраты на гидравлическое испытание составят

$$(270+760) \times 0,068 + (1120+560+1400+280) \times 0,056 = 70,04 + 188,16 = 258,2 \text{ чел-ч}$$

или $258,2/8=32,3$ чел-дня.

$k=4$ человек, $t=32,3/4=8$ часов, то есть испытания будут проведены за один день.

Порядок построения календарного графика неритмичного потока с однородным изменением ритма приведен на рис. 4.3.

По оси ординат показывают бригады. По оси абсцисс – рабочие дни.

- 1) Строится график работы 1-ой технологической бригады с учетом ритма на каждой захватке $t_1; t_2 \dots t_n$.
- 2) Строится условный график работы второй технологической бригады. Начало работы 2-ой бригады принимается после окончания работы на 1-ой захватке 1-ой бригады. Условный график работы второй бригады обозначается пунктирной линией.
- 3) Определяются промежутки времени, в течение которых возникают помехи для работы бригады №2 по условному варианту, которые обозначаются $a_1, a_2 \dots a_n$. Выявляется максимальный размер $a_{\max}=4$.

- 4) От начала координат откладываем отрезок времени $S=t_1+a_{\max}=1+4=5$ дней и строим график работы 2-ой бригады.
- 5) Отступая от начала работы 2-ой бригады на 1-ой захватке на отрезок времени t строим график работы 3-ей бригады и т.д.

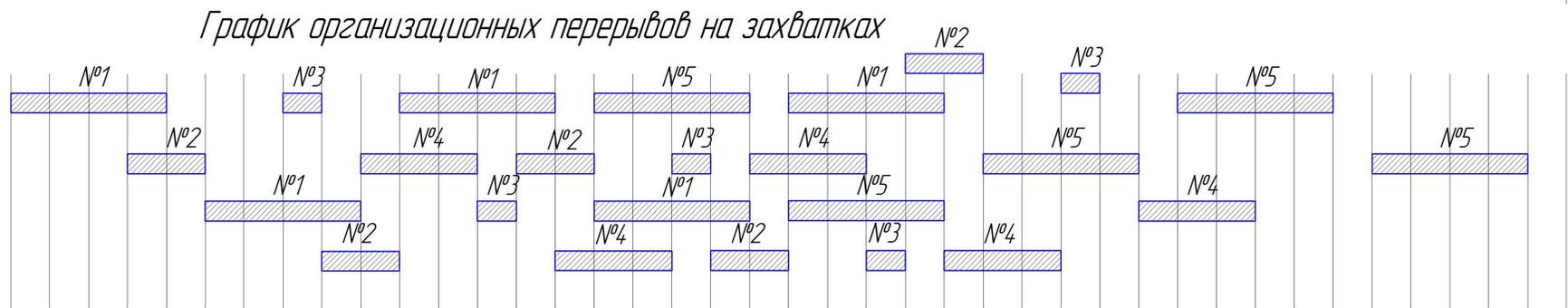
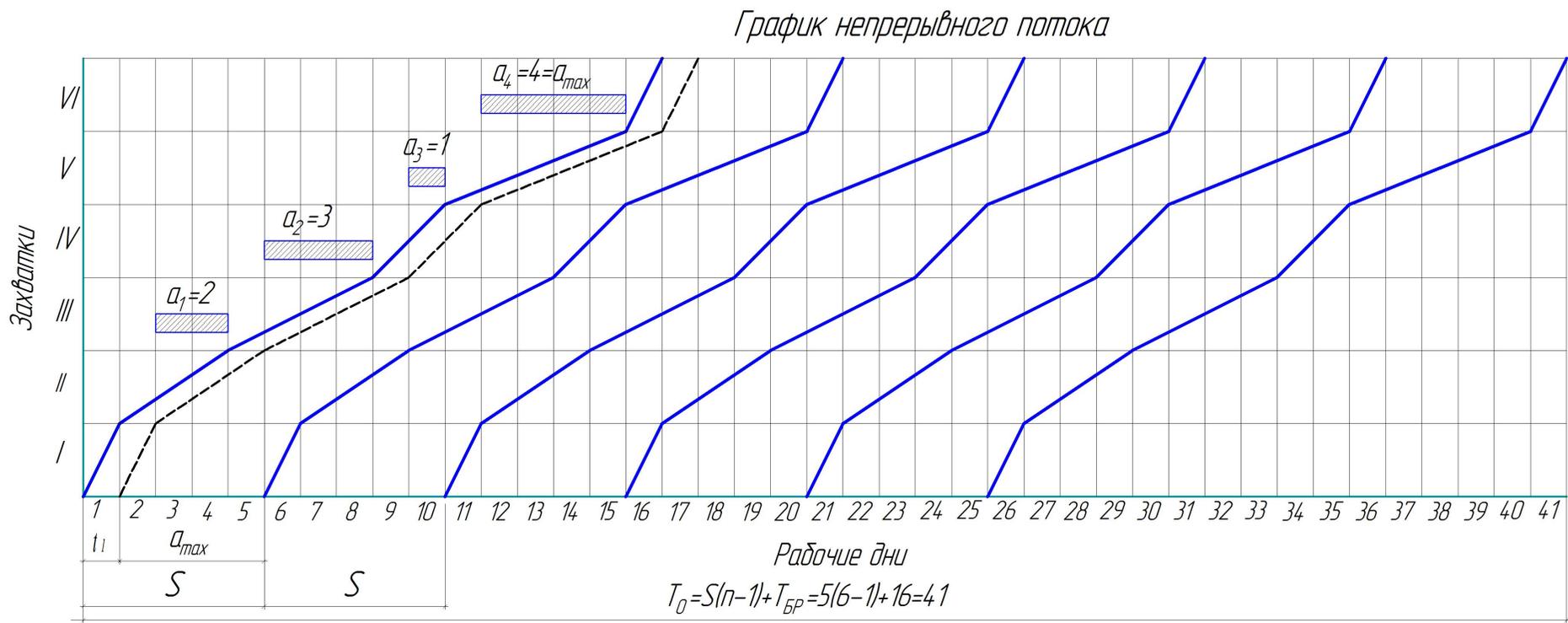


Рис. 4.3. Календарный график неритмичного потока с однородным изменением ритма

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГЭСН 81-02-01-2022. Земляные работы. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2023. – 276 с.
2. ГЭСН 81-02-16-2020. Внутренние трубопроводы. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2020. - 45 с.
3. ГЭСН 81-02-18-2020. Отопление - внутренние устройства. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2020. - 27 с.
4. ГЭСН 81-02-24-2020. Теплоснабжение и газопроводы – наружные сети. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2020. - 112 с.
5. ГЭСН 81-02-25-2001. Магистральные и промышленные трубопроводы. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2023.– 258 с.
6. ГЭСН 81-02-39-2020. Контроль монтажных сварных соединений. – М.: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2020. - 76 с.
7. ЕНиР. Сборник Е 2. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 224 с.
8. ЕНиР. Сборник Е 2. Вып. 2. Гидромеханизированные земляные работы/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 96 с.
9. ЕНиР. Сборник Е 9. Вып. 1. Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 79 с.
10. ЕНиР. Сборник Е 9. Вып. 2. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 96 с.
11. ЕНиР. Сборник Е 11. Изоляционные работы/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 64 с.
12. ЕНиР. Сборник Е 22. Сварочные работы. Вып. 2. Трубопроводы/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 112 с.
13. ЕНиР. Сборник Е 25. Такелажные работы/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.
14. ЕНиР. Сборник Е 34. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 63 с.
15. ЕНиР. Сборник Е 40. Изготовление строительных конструкций и деталей. Вып. 6. Детали и узлы для систем вентиляции и пневмотранспорта/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 56 с.
16. Краснов В.И. Монтаж газораспределительных систем. – М.: Инфра-М, 2023. – 309 с.
17. Краснов В.И. Справочник монтажника водяных тепловых сетей. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 334 с.
18. Расторгин М.А. Линейных и технологических трубопроводов. _ Ставрополь: ООО «Ставропольбланкиздат», 2010 – 376 с.
19. Тавастшерна Р.И. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 288 с.

Задание на проектирование организации строительного-монтажных работ для производства газовых сетей

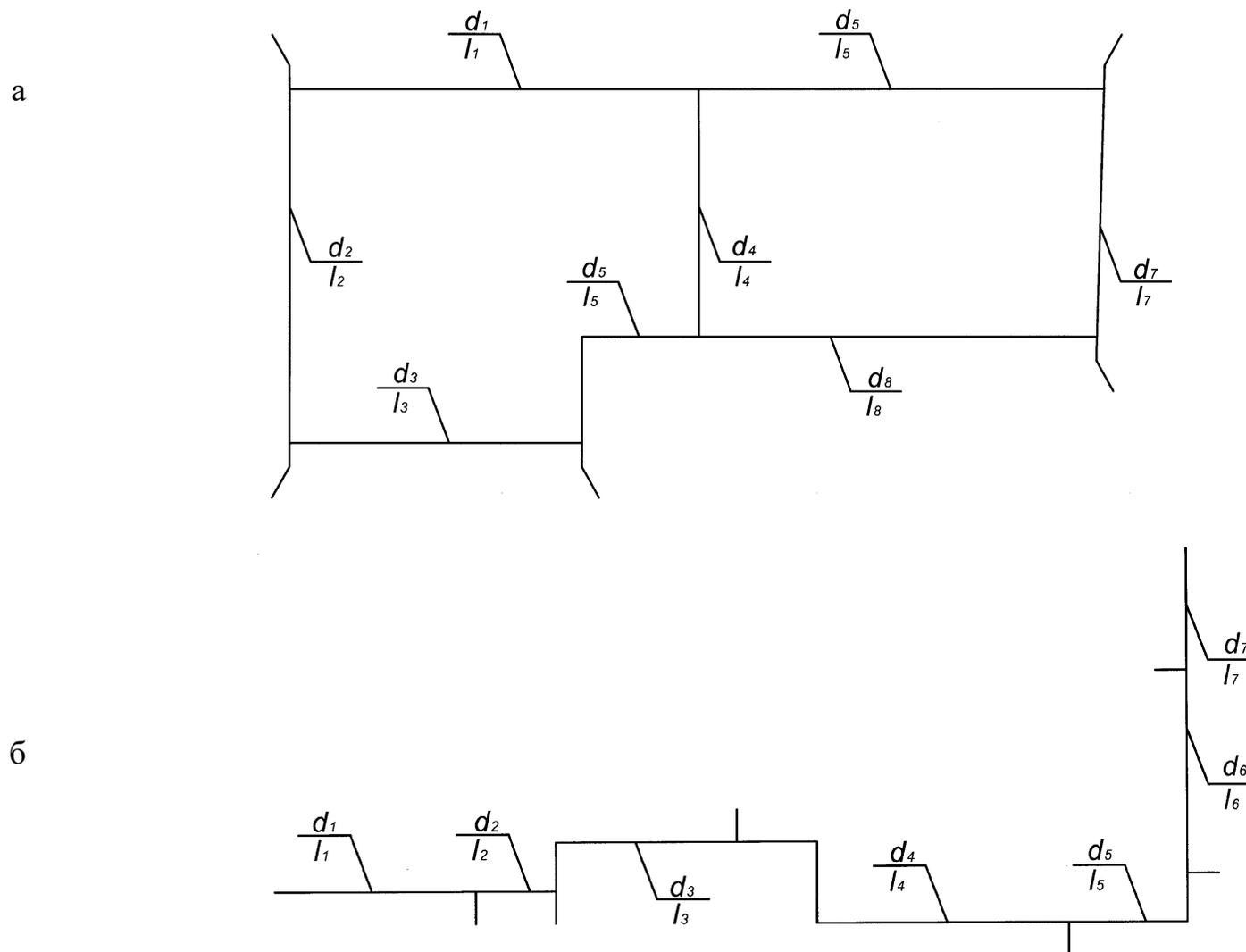


Рис. П.1. Схемы газовой сети для проектирования организации строительного-монтажных работ

Таблица П.1

Параметры газовых сетей для проектирования организации строительного-монтажных работ

№ варианта	Диаметр трубы, мм/ длина участка, м								Группа грунта	Размеры траншеи, м		Изоляция
	d_1/l_1	d_2/l_2	d_3/l_3	d_4/l_4	d_5/l_5	d_6/l_6	d_7/l_7	d_8/l_8		b	h	
Газовая сеть схемы а												
1	$\frac{273 \times 7}{420}$	$\frac{325 \times 7}{370}$	$\frac{273 \times 7}{320}$	$\frac{219 \times 6}{280}$	$\frac{219 \times 6}{190}$	$\frac{159 \times 6}{510}$	$\frac{133 \times 5}{320}$	$\frac{159 \times 6}{430}$	II	0,7	1,0	усиленная
2	$\frac{530 \times 9}{260}$	$\frac{426 \times 9}{280}$	$\frac{377 \times 8}{210}$	$\frac{426 \times 9}{190}$	$\frac{325 \times 8}{130}$	$\frac{426 \times 9}{310}$	$\frac{377 \times 8}{290}$	$\frac{273 \times 7}{220}$	I	0,8	1,0	усиленная
3	$\frac{426 \times 8}{310}$	$\frac{426 \times 8}{280}$	$\frac{377 \times 8}{250}$	$\frac{377 \times 8}{240}$	$\frac{325 \times 7}{100}$	$\frac{377 \times 8}{200}$	$\frac{219 \times 7}{230}$	$\frac{219 \times 7}{160}$		0,8	1,2	весьма усиленная
4	$\frac{159 \times 8}{310}$	$\frac{426 \times 9}{280}$	$\frac{377 \times 8}{250}$	$\frac{377 \times 8}{240}$	$\frac{325 \times 7}{100}$	$\frac{377 \times 8}{200}$	$\frac{219 \times 7}{230}$	$\frac{219 \times 7}{160}$		0,7	1,1	весьма усиленная
5	$\frac{480 \times 10}{410}$	$\frac{426 \times 8}{380}$	$\frac{377 \times 8}{350}$	$\frac{426 \times 8}{320}$	$\frac{377 \times 8}{120}$	$\frac{426 \times 8}{300}$	$\frac{377 \times 8}{360}$	$\frac{325 \times 7}{240}$		0,8	1,2	нормальная
6	$\frac{377 \times 7}{420}$	$\frac{377 \times 7}{360}$	$\frac{325 \times 7}{290}$	$\frac{377 \times 8}{300}$	$\frac{273 \times 7}{190}$	$\frac{325 \times 7}{400}$	$\frac{273 \times 7}{330}$	$\frac{273 \times 7}{360}$		0,7	1,0	нормальная
7	$\frac{325 \times 8}{530}$	$\frac{325 \times 8}{480}$	$\frac{273 \times 8}{350}$	$\frac{325 \times 8}{360}$	$\frac{219 \times 7}{280}$	$\frac{325 \times 8}{400}$	$\frac{159 \times 7}{330}$	$\frac{219 \times 7}{360}$		0,7	0,9	усиленная
8	$\frac{377 \times 7}{360}$	$\frac{325 \times 7}{280}$	$\frac{273 \times 7}{300}$	$\frac{325 \times 7}{220}$	$\frac{273 \times 7}{120}$	$\frac{325 \times 7}{440}$	$\frac{219 \times 7}{250}$	$\frac{219 \times 7}{400}$		0,8	1,0	усиленная
9	$\frac{273 \times 7}{480}$	$\frac{377 \times 7}{300}$	$\frac{325 \times 7}{380}$	$\frac{273 \times 7}{250}$	$\frac{273 \times 7}{150}$	$\frac{219 \times 6}{510}$	$\frac{159 \times 7}{270}$	$\frac{219 \times 7}{430}$		0,7	1,0	нормальная
10	$\frac{219 \times 7}{500}$	$\frac{219 \times 7}{300}$	$\frac{159 \times 6}{300}$	$\frac{159 \times 6}{120}$	$\frac{159 \times 6}{380}$	$\frac{133 \times 5}{400}$	$\frac{114 \times 5}{130}$	$\frac{114 \times 5}{330}$		0,7	0,9	нормальная

№ варианта	Диаметр трубы, мм/ длина участка, м								Группа грунта	Размеры траншеи, м		Изоляция
	d_1/l_1	d_2/l_2	d_3/l_3	d_4/l_4	d_5/l_5	d_6/l_6	d_7/l_7	d_8/l_8		b	h	
Газовая сеть схемы б												
11	$\frac{325 \times 7}{450}$	$\frac{325 \times 7}{130}$	$\frac{273 \times 7}{600}$	$\frac{219 \times 6}{400}$	$\frac{219 \times 6}{180}$	$\frac{159 \times 6}{480}$	$\frac{133 \times 5}{530}$	-	II	0,7	1,0	нормальная
12	$\frac{378 \times 7}{300}$	$\frac{325 \times 7}{150}$	$\frac{273 \times 6}{500}$	$\frac{273 \times 6}{300}$	$\frac{219 \times 6}{200}$	$\frac{219 \times 6}{400}$	$\frac{159 \times 6}{630}$	-	I	0,8	1,1	нормальная
13	$\frac{219 \times 7}{550}$	$\frac{219 \times 7}{220}$	$\frac{159 \times 5}{660}$	$\frac{133 \times 5}{380}$	$\frac{133 \times 5}{180}$	$\frac{114 \times 5}{720}$	$\frac{108 \times 5}{610}$	-		0,7	0,9	весьма усиленная
14	$\frac{377 \times 8}{380}$	$\frac{377 \times 8}{220}$	$\frac{325 \times 7}{570}$	$\frac{273 \times 7}{280}$	$\frac{273 \times 7}{160}$	$\frac{219 \times 6}{630}$	$\frac{159 \times 5}{410}$	-		0,9	1,0	весьма усиленная
15	$\frac{273 \times 7}{440}$	$\frac{219 \times 5}{300}$	$\frac{219 \times 5}{700}$	$\frac{159 \times 5}{270}$	$\frac{159 \times 5}{220}$	$\frac{159 \times 5}{520}$	$\frac{133 \times 5}{480}$	-		0,7	1,2	усиленная
16	$\frac{219 \times 6}{380}$	$\frac{219 \times 6}{440}$	$\frac{159 \times 6}{390}$	$\frac{133 \times 5}{310}$	$\frac{133 \times 5}{180}$	$\frac{133 \times 5}{600}$	$\frac{114 \times 5}{420}$	-		0,7	0,9	усиленная
17	$\frac{426 \times 8}{400}$	$\frac{219 \times 6}{180}$	$\frac{377 \times 8}{530}$	$\frac{325 \times 7}{180}$	$\frac{325 \times 7}{220}$	$\frac{219 \times 6}{490}$	$\frac{219 \times 6}{360}$	-		1,0	1,2	нормальная
18	$\frac{325 \times 7}{520}$	$\frac{273 \times 7}{220}$	$\frac{273 \times 7}{430}$	$\frac{219 \times 6}{340}$	$\frac{159 \times 6}{300}$	$\frac{159 \times 6}{400}$	$\frac{133 \times 5}{420}$	-		0,8	1,0	нормальная
19	$\frac{273 \times 7}{400}$	$\frac{273 \times 7}{320}$	$\frac{219 \times 6}{530}$	$\frac{159 \times 6}{150}$	$\frac{159 \times 6}{380}$	$\frac{133 \times 5}{370}$	$\frac{114 \times 5}{500}$	-		0,7	1,0	усиленная
20	$\frac{273 \times 7}{460}$	$\frac{273 \times 7}{300}$	$\frac{219 \times 6}{300}$	$\frac{159 \times 6}{350}$	$\frac{133 \times 5}{280}$	$\frac{133 \times 5}{440}$	$\frac{108 \times 5}{540}$	-		0,7	0,9	усиленная

- Примечания: 1. Трубы поставляются в зону монтажа длиной 10 м изолированные за исключением торцов труб.
2. Рытье траншеи осуществляется одноковшовым экскаватором «обратная лопата» или роторным экскаватором. Планировка дна траншеи выполняется вручную.
3. Монтаж звеньев трубопроводов длиной 40 м производится при помощи автокранов или трубоукладчиков.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Объемы работ и трудозатраты на их выполнение.....	4
2. Технологическое проектирование и указания по производству работ.....	4
3. Методы и модели организации строительного-монтажных работ.....	6
3.1. Линейные или ленточные модели организации работ.....	6
3.2. Поточные методы производства строительного-монтажных работ.....	7
3.3. Сетевые модели производства строительного-монтажных работ..	16
4. Пример организации строительного-монтажных работ при восстановлении участков системы газоснабжения после аварии....	20
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	35
Приложение. Задание на проектирование организации строительного-монтажных работ для производства газовых сетей	36

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ ПОСЛЕ АВАРИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта
для магистрантов направления подготовки
08.04.01 «Строительство» всех форм обучения

Составители:

**Щукина Татьяна Васильевна
Китаев Дмитрий Николаевич**

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор Т. В. Щукиной

Подписано к изданию 06.02.2023.

Уч.-изд. л. 2,1.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84