

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы по
дисциплине “Строительство подземных сооружений и
метро”

Донецк – 2001

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы по
дисциплине “Строительство подземных сооружений и
метро”

(для студентов специальности 7.09.03.03 «Шахтное и подземное
строительство» и 7.05.02.01 «Менеджмент организаций»)

УТВЕРЖДЕНЫ

на заседании кафедры
«Строительство шахт
и подземных сооружений»
Протокол № 8
от « 8 » декабря 2000 г.

Утверждены
на заседании методсовета по
специальности “Шахтное и
подземное строительство”
Протокол № 29
от « 27 » декабря 2000 г.

Донецк – 2001

УДК 622.26 (071)
М 54

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Строительство подземных сооружений и метро» (для студентов специальности 7.09.03.03 «Шахтное и подземное строительство» и 7.05.02.01 «Менеджмент организаций»). / Сост.: Б.А. Лысиков, А.К. Пономаренко. – Донецк: ДонГТУ, 2001. - 16 с.

Даны общие указания к текстовой и графической частям курсового проекта, описаны его структура, порядок защиты.

Составители:

Б.А. Лысиков, проф.

А.К. Пономаренко, доц.

Ответственный за выпуск

Н.Р. Шевцов, проф.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цель расчетно-графической работы (РГР) – закрепить знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Строительство подземных сооружений и метро».

При проектировании строительства горных объектов метрополитена (станций или отдельных частей ее, тоннелей и т.д.) надо учитывать новейшие достижения науки и техники, передовой опыт их проходки. Проект строительства объектов метрополитена должен соответствовать требованиям, изложенным в [1, 2, 3, 4, 6]. РГР в законченном виде состоит из пояснительной записки (20÷30 с. рукописного или печатного текста) с рисунками, эскизами в ней.

Пояснительная записка пишется на листах размером 200-290 мм чернилами или пастой. Разрешается напечатать на машинке или на компьютере. Записка состоит из титульного листа, задания, реферата, оглавления (содержания), введения, основной части, заключения, списка использованных источников, размещенных в порядке их использования в тексте записки.

В реферате следует привести объем РГР, ключевые слова и краткое содержание работы. Объем реферата 0,5÷1 с. Во введении надо отразить показатели строительства рассматриваемых объектов в масштабе строительной организации; цель и задачи РГР; описать методику выполнения работы. Объем введения 1-2 с. В заключении следует указать перспективы улучшения технико-экономических показателей строительства проектируемого объекта.

В основной части приводятся необходимые обоснования решений, расчеты, схемы, эскизы. Заимствованный из литературы материал необходимо сопровождать ссылкой на источник. Входящие в формулы величины надо расшифровывать. Рисунки, помещаемые в записке, должны выполняться в масштабе. Название разделов проекта и методические указания к их выполнению приводятся ниже.

Графическая часть РГР, выполняемая в записке карандашом или тушью, включает: технические чертежи проектируемого объекта или его части в эксплуатации, продольный разрез и план проходимой выработки с размещением проходческого оборудования, элементы паспорта БВР при буровзрывной технологии, схему транспорта, схему проветривания, график организации работ или календарный график строительства, перечень проходческого оборудования, таблицы технико-экономических показателей. Чертежи выполняются в стандартных или произвольных масштабах. Все отдельные чертежи следует подписать и снабдить необходимыми размерами.

Темами РГР являются проекты строительства всей станции метрополитена или ее частей, перегонных тоннелей, эскалаторных тоннелей, подходных выработок, вентиляционных тоннелей.

Каждому студенту выдаются задание и календарный план выполнения РГР. Задание включает следующие данные: наименование объекта или его части, пересекаемые породы, глубина заложения, данные об угле падения пород и наклона выработки, притоке воды в забое, сроке службы объекта.

Для выполнения РГР необходимо наличие технического чертежа объекта.

Задания на РГР приведены в Приложении.

1 ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА ИЛИ ЕГО ЧАСТИ

1.1 Описание конструкции объекта и его размеры

На основании технического проекта объекта или использования источников [1, 2, 3] надо сделать его описание: назначение, конструкция крепи, ее толщина, размеры сечения выработки в свету, длина. После этого определить размеры объекта вчерне, определить площади поперечных сечений в свету, вчерне, в проходке.

1.2 Выбор способа выемки породы и проходческого оборудования

Выбор способа выемки пород при глубоком заложении объектов зависит в основном от крепости пород f и от их конструкции и размеров. Способ выемки пород может быть буровзрывным при $f \geq 3$ или механическим.

Выбор проходческого оборудования определяется способом выемки пород. Известны эректорный способ проходки выработок при буровзрывной технологии и щитовой способ – при механической выемке пород. В некоторых случаях могут применяться горнопроходческие комбайны.

Выбор проходческого оборудования может быть обоснован анализом технико-экономических показателей на проходку. Для этого надо наметить несколько вариантов проходки выработки.

При выборе способа выемки пород и проходческого оборудования надо пользоваться рекомендациями, приведенными в работах [1, 2, 3, 5], а также в журналах, освещающих опыт строительства метрополитенов.

1.3 Подготовительные работы к строительству

Здесь надо перечислить подготовительные работы к строительству объекта или его части. Ниже приведен пример подготовительных работ при проходке двух тоннелей для опорных фундаментов односводчатой станции глубокого заложения при помощи укороченного щита КТ-1-5,6 с конвейерным блокоукладчиком и доставкой материалов и вывозкой грунта электровозом: обустройство строительной площадки, пройдены ствол, околоствольный двор и подходные выработки, сооружены камеры для

монтажа щита и комплекса за ним, завершен монтаж щита КТ-1-5,6, проложены силовые кабели и трубопроводы сжатого воздуха, воды, вентиляции, проложены узкоколейные пути.

1.4 Описание состава и выполнения горнопроходческих работ по строительству объекта

Здесь надо описать состав и порядок выполнения горнопроходческих работ при строительстве объекта или его части.

Ниже приводится пример этого при сооружении калоттной прорези верхнего свода односводчатой станции.

В состав работ входят: разработка грунта в прорези с временным креплением кровли и груди забоя; погрузка грунта в вагонетки и перестановка конвейера; передвижка блокоукладочной фермы вперед; монтаж обделки из сборных железобетонных блоков; первичное разжатие арок из блоков; передвижка блокоукладочной фермы назад.

Калоттную прорезь разрабатывают от середины забоя к его краям двумя ярусами отбойными молотками заходками 1 м. Разработку в верхней части прорези производят с площадок блокоукладочной фермы, а в нижней – с уступа грунта. Грунт сбрасывают на ленточный конвейер длиной 6 м. Конвейер размещен в средней части призабойного пространства. Грунт подается конвейером к желобам и течкам в правый и левый опорные тоннели для загрузки в нерасцепленный состав вагонеток. Помещение состава при погрузке производится лебедкой. Составы транспортируются к стволу электровозом УКР-600.

Разработку грунта в прорези начинают с устройства вруба шириной 3 м и высотой 2,8 м. После разработки грунта и установки крепи вруба разрабатывается остальная часть калоттной прорези. После разработки грунта по всему сечению калоттной прорези с ее временным креплением блокоукладочную ферму передвигают на забой для монтажа первой арки. На ферме блоки устанавливают в направлении от пят к замку поочередно с каждой стороны. Последним устанавливают замковый блок с распорными домкратами и т.д. Чеканка швов и нагнетание цементно-песчаного раствора за обделку производится не ближе 10-15 м от забоя. При описании выполнения работ надо учитывать требования, излагаемые в источниках [4, 6, 7].

1.5 Буровзрывные работы

Этот параграф выполняется при буровзрывной технологии проходки выработки. Здесь надо определить параметры буровзрывных работ: тип ВВ и средства взрывания, расход ВВ на 1 м³ породы в массиве, количество шпуров, глубину шпуров, К.И.Ш, длину заходки, тип и количество бурильного оборудования, расход ВВ на заходку и на 1 м выработки, массу зарядов шпура. По рассчитанным параметрам составляется паспорт

буровзрывных работ. Описывается схема проветривания забоя после взрывных работ с примыкающими выработками. В параграфе надо описать производство буровзрывных работ. При расчете параметров, составлении паспортов и описании производства БВР надо учитывать правила безопасности [7].

1.6 Определение сменной скорости выполнения горнопроходческих работ

Сменная скорость выполнения горнопроходческих работ $V_{см}$ может определяться в м/смену или $м^3/смену$, то есть, сколько метров выработки может быть пройдено за смену или сколько $м^3$ породы может быть вынута за смену с учетом обеспечения безопасности работ [6]. Первый случай характерен для проходки тоннелей; второй, например, при выемке породы в ядре односводчатой станции метрополитена.

Сменная скорость может быть определена исходя из производительности горнопроходческой техники, скорости подвигания щита, количества устанавливаемых колец крепи, длины заходки при БВР, по трудоемкости работ на 1 м выработки или $м^3$ выемки породы.

Лучше всего определять сменную скорость $V_{см}$ при любых схемах проходки по трудоемкости работ по формуле:

$$V_{см} = \frac{n \cdot K_n}{n_{тз}}, \text{ м/смену (} м^3/смену \text{)}$$

где n – количество проходчиков в смене; их можно определить путем расстановки по рабочим точкам, исходя из средней площади забоя на одного проходчика, исходя из фактического наличия проходчиков;

K_n – коэффициент выполнения норм выработки, K_n следует принимать в пределах 1,05-1,3 в зависимости от принятой проходческой техники;

$n_{тз}$ – трудоемкость работ на 1 м проходки выработки или $1 м^3$ выемки породы, (чел.-смен/м или чел.-смен/ $м^3$).

Расчет $n_{тз}$ производится в виде таблицы, форма которой представлена ниже при проходке тоннеля БВР (табл.1).

Таблица 1

Форма таблицы для расчета $n_{тз}$

Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ на 1 м проходки	Расчет нормы выработки			Количество чел.-смен
			H_E	K	$H_{пр}$	
1	2	3	4	5	6	7
Бурение шпуров	м	$V_{\sigma} = \frac{N \cdot \ell}{\cos \alpha}$	$\frac{T_{см}}{t_{i\sigma}} = H_{i\sigma}$	K_{σ}	$H_{\sigma} = K_{\sigma} \cdot H_{i\sigma}$	$n_{\sigma}^{11} = \frac{V_{\sigma}^1}{H_{\sigma}}$
.....

ИТОГО

$n_{тз}$

Примечания к таблице:

1. N – количество шпуров, l – глубина шпуров, м; $\cos\alpha = 0,9 - 0,95$ – коэффициент, учитывающий наклон шпуров;

2. N_E – норма выработки, рассчитанная по Сборнику норм на горнопроходческие работы [8]; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч.; t_i – норма времени в часах на выполнение единицы i -той работы [8];

3. K – поправочный коэффициент на более совершенные технику и технологию, $K = 1,05 \div 1,3$;

4. $N_{пр}$ – принятая норма выработки.

Рассчитанную сменную скорость надо увязывать с шириной тюбингов или блоков, чтобы в смену устанавливалось целое количество колец. Эта задача выполняется путем корректировки K_n .

Пример. При первом расчете получены результаты: $V_{см} = 1,05$ м/смену. Определим новый K_n^1 при установке 1 кольца тюбингов в смену, т.е. $V_{см} = 0,75$ м/смену.

$$K_n^1 = \frac{V_{см} \cdot n_{мз}}{n} = \frac{0,75 \cdot n_{мз}}{n}$$

1.7 Освещение забоя и выработки, маркшейдерский контроль, связь

В этой части должны быть описаны: способ освещения забоя и пространства до обменных устройств и всей выработки; методы контроля за направлением выработки в горизонтальной плоскости и за профилем пути, качеством и объемом выполненных работ; виды связи забоя с остальными выработками, с машинистами лебедок, с поверхностью земли.

1.8 Техника безопасности выполнения горнопроходческих работ

При производстве работ должны выполняться требования техники безопасности [5, 6, 7]. Например, при разработке ядра и обратного свода односводчатой станции должны выполняться следующие требования.

Каждую землеройную машину нужно оборудовать звуковой сигнализацией. Экскаваторы во время работы во избежание самопроизвольного перемещения должны закрепиться инвентарными опорами. При работе экскаватора запрещаются другие работы в забое и находиться рабочим в радиусе действия экскаватора плюс 5 м. Запрещается передвижение экскаватора с нагруженным ковшом.

На месте работы надо иметь запас материалов, инструмента и приспособлений. Проход рабочих в зоне загрузки вагонеток и движения электровоза запрещается. Машинист электровоза трогает состав с места только по сигналу оператора с конвейера. Машинист тельфера кран-балки обязан выполнять перемещения груза только по сигналу стропальщика.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

2.1 Схема организации и режим работ

В этом параграфе надо обосновать порядок выполнения работ, возможность их совмещения; обосновать тип проходческих бригад и режим работы в сутки.

Очевидно, в условиях строительства подземной части метрополитена в Донецке надо принять такой режим: три шестичасовые смены – проходка, одна смена – ремонтно-подготовительная.

Обычно горнопроходческие работы производятся сквозными комплексными бригадами, состоящими из сменных звеньев.

Состав сменного звена будет определяться необходимостью обслуживания горнопроходческого оборудования и содержанием выемочных работ и крепления.

2.2 Расчет технических показателей и продолжительности выполнения работ

Технические показатели можно рассчитывать исходя из формулы:

$$V_{см} = \frac{n \cdot K_n}{n_{мз}}$$

Явочный состав суточной комплексной бригады: $n_{я.с.} = n \cdot n_{р.с.}$,

где $n_{р.с.}$ – количество рабочих смен по проходке (определяется режимом горнопроходческих работ).

Списочный состав суточной комплексной бригады: $n_{с.с.} = n_{я.с.} \cdot K_{сп.}$,

где $K_{сп.}$ - коэффициент списочного состава, $K_{сп.} = 1,3 \div 1,4$.

Комплексная норма выработки

$$K_{н.в.} = \frac{1}{n_{мз}}, \text{ м/чел.-смену или м}^3/\text{чел.-смену}$$

Производительность труда проходчика: $\Pi = K_{н.в.} \cdot K_n$, м/выход (м³/выход).

Суточная скорость проходки

$$V_{сут} = V_{см} \cdot n_{р.с.}, \text{ м/сутки}$$

Месячная скорость проходки

$$V_{мес} = V_{сут} \cdot n_о, \text{ м/мес.},$$

где n_d – количество рабочих суток в месяце.

Время выполнения сменного объема работ или проходческого цикла может быть определено по формулам:

$$t_i = \frac{n_i^1 \cdot V_{см} \cdot T_{см} \cdot \alpha}{n_i \cdot K_n}, \text{ Ч}$$

или

$$t_i = \frac{n_i^{11} \cdot T_{см} \cdot \alpha}{n_i \cdot K_n}, \text{ Ч,}$$

где n_i^1 – трудоемкость выполнения i -той работы на единицу проходки, чел.смен/м (чел.смен/м³);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.;

α - коэффициент, учитывающий выполнение ненормируемых работ;

n_i^{11} – трудоемкость выполнения i -той работы проходческого цикла, чел.-смен.;

n_i – количество проходчиков, выполняющих i -тую работу.

После определения продолжительности выполнения работ составляется график организации работ.

Пример расчета вышеуказанных параметров приводятся ниже.

Пример. Рассчитать технические показатели, время выполнения работ проходческого цикла при следующих условиях.

Тоннель проводят эректором способом по буровзрывной технологии по породам с коэффициентом крепости $f = 5$. Диаметр тоннеля в свету $D_{св} = 6$ м. Тоннель крепят железобетонными блоками с размерами: ширина 0,75 м, толщина 0,2 м, длина по внутренней дуге 1,5 м. Показатели рассчитывать на установку 1 кольца блоков.

Параметры БВР, необходимые для определения объемов работ

ВВ – аммонит 6ЖВ; способ взрывания – электрической машинкой ПИВ-100; электродетонаторы короткозамедленные.

Удельный расход ВВ по Н.М. Покровскому:

$$q = 0,1 \cdot f \cdot S_1 \cdot \frac{6,5}{\sqrt{S_{вч}}} \cdot \frac{380}{\rho}, \text{ кг/м}^3,$$

где $S_1 = 1,4$ – коэффициент структуры породы (принимается S_1 среднее);

$$S_{вч} = \frac{\pi \cdot (D_{св} + 0,4)^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (6 + 0,4)^2}{4} = 32 \text{ м}^2$$

$$q = 0,1 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot \frac{6,5}{\sqrt{32}} \cdot \frac{380}{360} = 0,85, \text{ кг/м}^3$$

Количество шпуров с учетом контурного щадящего взрывания.

$$N = 1,15 \cdot \frac{1,27 \cdot q \cdot S_{вч} \cdot \eta}{a \cdot \Delta \cdot d_n^2} = 1,15 \cdot \frac{1,27 \cdot 0,85 \cdot 32 \cdot 0,9}{0,5 \cdot 1000 \cdot 0,036^2} = 56$$

Глубина шпуров

$$\ell = \frac{0,75}{\eta} = \frac{0,75}{0,9} = 0,83 \text{ м}; \ell_{зах} = 0,75 \text{ м}$$

Расход ВВ на цикл (кольцо)

$$Q_{ц} = q \cdot S_{вч} \cdot \ell_{зах} = 0,85 \cdot 32 \cdot 0,75 = 20,4 \text{ кг}$$

Средний заряд шпура

$$q_{ум} = \frac{Q_{ц}}{N} = \frac{20,4}{56} = 0,36 \text{ кг}$$

Шпуры бурят ручными электросверлами. Верхние шпуры бурят с площадок эректора.

Расчет трудоемкости работ проходческого цикла представлен в табл. 2.

Таблица 2

Расчет трудоемкости работ цикла

Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ на 1 м проходки	Расчет нормы выработки			Количество чел.-смен
			Н _Е	К	Н _{пр}	
1	2	3	4	5	6	7
Бурение шпуров	м	$V_{\sigma} = \frac{N \cdot \ell}{\cos \alpha} = \frac{56 \cdot 0,83}{0,95} = 49$	$\frac{6}{0,26} = 23,1$	1	23,1	$n_{\sigma}^1 = \frac{49}{23,1} = 2,12$
Погрузка породы машиной 1ППН-5	м ³	$V_n = 1,03 \cdot S_{вч} \cdot \ell = 1,03 \cdot 32 \cdot 0,75 = 24,6$	$\frac{6}{0,66} = 9,1$	1	9,1	$n_n^1 = \frac{24,6}{9,1} = 2,70$
Настилка временного пути	м	$V_n = 0,75$	$\frac{6}{0,73} = 8,22$	1	8,22	$n_n^1 = \frac{0,75}{8,22} = 0,09$

1	2	3	4	5	6	7
Крепление железобетонными блоками	кольцо	$V_k = 1$	$\frac{6}{7,6} = 0,79$	1	0,79	$n_k^1 = \frac{1}{0,79} = 1,27$
Передвижка эректора	пер.	$V_{nep} = 1$	$\frac{6}{1,5} = 4$	1	4	$n_{nep}^1 = \frac{1}{4} = 0,25$
Нарращивание рельсов для передвижки	м	$V_{нар} = 0,75$	$\frac{6}{1,11} = 5,4$	1	5,4	$n_{нар}^1 = \frac{0,75}{5,4} = 0,14$
Чеканка швов	м	$V_{ч} = 28,4$	$\frac{6}{0,29} = 20,5$	1	20,5	$n_{ч}^1 = \frac{28,4}{20,5} = 1,38$
Тампоаж закрепного пространства	м ³	$V_T = 2,91$	$\frac{6}{3,6} = 1,67$	1	1,67	$n_T^1 = \frac{2,91}{1,67} = 1,75$

ИТОГО $n_{ц}^1 = 9,7$

Технические показатели

Примем количество проходчиков в смене $n = 9$ чел.

Тогда $K_n = 9,7/9 = 1,07$

Продолжительность цикла

$$T_{ц} = \frac{n_{ч}^1}{n \cdot K_n} = \frac{9,7}{9 \cdot 1,07} = 1 \text{ смена} = 6 \text{ ч.}$$

Явочный состав суточной комплексной бригады

$$n_{я.с.} = n \cdot n_{п.с.} = 9 \cdot 3 = 27 \text{ чел.}$$

Списочный состав бригады

$$n_{с.с.} = K_{сн} \cdot n_{я.с.} = 1,3 \cdot 27 = 35 \text{ чел.}$$

Комплексная норма выработки

$$K_{н.в.} = \frac{\ell_{зак}}{n_{ч}^1} = \frac{0,75}{9,7} = 0,077 \text{ м/чел.-смену}$$

Производительность труда проходчика

$$П = K_n \cdot K_{н.в.} = 1,07 \cdot 0,077 = 0,082 \text{ м/выход или } 1,72 \text{ м}^3/\text{выход}$$

Суточная скорость проходки

$$V_{\text{сут.}} = \ell_{\text{зах}} \cdot n_{\text{п.с.}} = 0,75 \cdot 3 = 2,25 \text{ м/сутки}$$

Месячная скорость проходки

$$V_{\text{мес.}} = V_{\text{сут.}} \cdot n_{\text{д}} = 2,25 \cdot 25 = 56,5 \text{ м/мес.}$$

Расчет продолжительности выполнения работ цикла

$$\alpha = \frac{T_{\text{ц}} - t_{\text{н.с.}} - t_{\text{зар}} - t_{\text{пр}} - t_{\text{рез}}}{T_{\text{ц}}},$$

где $t_{\text{пс}}$ – прием-сдача смены, ч.;
 $t_{\text{зар}}$ – продолжительность зарядания, ч.;
 $t_{\text{пр}}$ – продолжительность проветривания, ч.;
 $t_{\text{рез}}$ – резервное время, ч.

$$\alpha = \frac{6 - 0,25 - 0,38 - 0,33 - 0,3}{6} = 0,79$$

Продолжительность бурения шпуров

$$t_{\text{б}} = \frac{n_{\text{б}}^1 \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{n_{\text{б}} \cdot K_n} = \frac{2,12 \cdot 6 \cdot 0,79}{7 \cdot 1,07} = 1,34 \text{ ч.} = 1 \text{ ч. } 20 \text{ мин.}$$

Продолжительность погрузки породы

$$t_n = \frac{n_n^1 \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{n_n \cdot K_n} = \frac{2,7 \cdot 6 \cdot 0,79}{7 \cdot 1,07} = 1,7 \text{ ч.} = 1 \text{ ч. } 42 \text{ мин.}$$

Продолжительность настилки временного пути и наращивания рельсов для передвижки эректора

$$t_{\text{н.пер.}} = \frac{(n_n^1 + n_{\text{пер}}^1) \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{n_{\text{н.пер}} \cdot K_n} = \frac{(0,09 + 0,14) \cdot 6 \cdot 0,79}{4 \cdot 1,07} = 0,25 \text{ ч.} = 15 \text{ мин.}$$

Продолжительность передвижки эректора

$$t_{\text{неп}} = \frac{n_{\text{неп}}^1 \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{n_{\text{неп}} \cdot K_n} = \frac{2,25 \cdot 6 \cdot 0,79}{9 \cdot 1,07} = 0,14 \text{ ч.} = 8 \text{ мин.}$$

Продолжительность крепления железобетонными блоками

$$t_{\text{к}} = \frac{n_{\text{к}}^1 \cdot T \cdot \alpha}{n_{\text{к}} \cdot K_n} = \frac{1,27 \cdot 6 \cdot 0,79}{7 \cdot 1,07} = 0,8 \text{ ч.} = 48 \text{ мин.}$$

Продолжительность чеканки швов (параллельно бурению и погрузке)

$$t_{\text{ч}} = \frac{n_{\text{ч}}^1 \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{n_{\text{ч}} \cdot K_n} = \frac{1,38 \cdot 6 \cdot 0,79}{2 \cdot 1,07} = 3,05 \text{ ч.} = 3 \text{ ч.} 3 \text{ мин.}$$

Количество чел.-часов на тампонаж

$$t_T^1 = \frac{n_T^1 \cdot T_{\text{см}} \cdot \alpha}{K_n} = \frac{1,75 \cdot 6 \cdot 0,79}{1,07} = 7,75 \text{ чел.-час.}$$

Продолжительность не совмещенного тампонажа

$$t_{\text{н.т.}} = T_{\text{ц}} - t_{\text{п.с.}} - t_{\text{зар}} - t_{\text{пр}} - t_{\text{рез}} - t_{\text{б}} - t_{\text{п}} - t_{\text{н.нар.}} - t_{\text{неп}} - t_{\text{к}} = 6 - 0,25 - 0,38 - 0,33 - 0,3 - 1,34 - 1,7 - 0,25 - 0,14 - 0,8 = 0,45 \text{ ч.} \approx 27 \text{ мин.}$$

Продолжительность совмещенного тампонажа

$$t_{\text{с.т.}} = (t_{\text{б}} + t_{\text{п}} + t_{\text{н.нар.}} + t_{\text{к}} - t_{\text{ч}}) + t_{\text{н.нар.}} = (1,34 + 1,7 + 0,25 + 0,8 - 3,05) + 0,25 = 1,09 + 0,3 = 1,39 \text{ ч.} = 1 \text{ ч.} 23 \text{ мин.}$$

Общая продолжительность тампонажа

$$t_{\text{т.}} = t_{\text{н.т.}} + t_{\text{с.т.}} = 0,45 + 1,39 = 1,84 \text{ ч.} = 1 \text{ ч.} 50 \text{ мин.}$$

Проверка расчетов времени

$$t_T^1 = \sum t_{\text{ит}} \cdot n_{\text{ит}} = t_{\text{нт}} \cdot n + (t_{\text{б}} + t_{\text{п}} + t_{\text{н.нар.}} + t_{\text{к}} - t_{\text{ч}}) \cdot (n - n_{\text{б}}) + t_{\text{н.пер.}} \cdot (n - n_{\text{н.пер.}}) = 0,45 \cdot 9 + 1,09 \cdot 2 + 0,25 \cdot 5 = 4,05 + 2,18 + 1,5 = 7,73 \text{ чел.-час.} \approx 7,75 \text{ чел.-час.}$$

Операции и процессы	n _i	Время		1-я смена					
		ч	мин	8 9	10	11	12	13	14
Прием, сдача смены	9	-	15						
Бурение шпуров	7	1	20						
Заряжание	4	-	23						
Взрывание и проветривание	-	-	20						
Погрузка породы	7	1	42						
Настилка пути и наращивание рельсов	4	-	15						
Передвижка эректора	9	-	8						
Крепление блоками	7	-	48						
Чеканка швов	2	3	3						
Тампонаж	2...9	1	50						
Резервное время	9	-	18						

Рис. 1 График организации работ на цикл, установку одного кольца крепи (n_i – количество проходчиков).

После этого составляется график организации работ на цикл (на подвигание забоя на ширину одного кольца 0,75 м) (рис. 1).

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ПРОХОДКИ ВЫРАБОТКИ

Стоимость проходки выработки вначале рассчитывается на 1 м ее длины или на 1 м³ в свету (короткие выработки). Обычно в длинных выработках вначале рассчитывают стоимость проходки ее 1 м. В этом случае рассчитывается, прежде всего, стоимость проходки 1 м выработки по забойным (прямым нормируемым) расходам по формуле:

$$C_{п.н.} = C_3 + C_M + C_{м.с.}, \text{ грн.},$$

где $C_3, C_M, C_{м.с.}$ – соответственно стоимость 1 м выработки по зарплате проходчиков, материалам и эксплуатации забойных машин и механизмов, грн./м.

$$C_3 = \frac{T \cdot n_{ц}^1}{l_{зах}}, \text{ при БВР}, C_3 = \frac{T \cdot n_{тз}^к}{e}, \text{ при щитовой проходке},$$

где T – средняя тарифная ставка проходчика, $T = 15$ грн.;
 $n_{ц}^1$ – количество чел.-смен на цикл;
 $n_{тз}^к$ – трудоемкость работ на 1 кольцо крепи;
 e – ширина блока (тубинга), м.

Расчет стоимости проходки по материалам вначале проводится на заходку при БВР или на кольцо при щитовой проходке (табл. 3).

Таблица 3

Расчет стоимости по материалам

Материал	Расход на заходку или кольцо	% использования	Фактический расход	Цена единицы, грн.	Суммарная стоимость, грн.
.....

ИТОГО ΣC_M

Стоимость 1 м по материалам с учетом неучтенных

$$C_M = 1,05 \cdot \frac{\Sigma C_M}{l_{зах}} \text{ или } C_M = 1,05 \cdot \frac{\Sigma C_M}{e}$$

Цены наиболее ходовых материалов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Стоимость материалов

М а т е р и а л	Цена единицы, грн.
Рудничные стойки деревянные, м ³	205
Верхняки, т: из СВП	1200
из двутавра	1055
Крепь из СВП, т	1150
Аммонит, т: АП-5ЖВ	1600
6ЖВ	1750
Электродетонатор, шт.: ЭДКЗ	0,9
ЭДЗД	0,75
Бетон, м ³ : М-200	120
М-300	135
М-400	150
М-500	200
Балласт щебеночный, м ³	50
Анкерная крепь, т	1150
Рельсы, т: Р-24	800
Р-33	750
Двутавровый профиль 18-22, т	760
Обаполы, м ³	200
Шпалы деревянные, шт., колей: 600 мм	12,70
900 мм	19,80
Железобетонная стойка трубчатая, шт.	26
Затяжки железобетонные, м ³	425
Сетчатая затяжка металлическая, м ²	19
Железобетонные шпалы, шт., колей: 600 мм	29
900 мм	34
Железобетонная крепь водосточной канавки, м	27
Железобетонный тубинг, шт.	140
Железобетонный блок, шт.	150
Тампонажный раствор, м ³	120
Чеканочный материал с расширяющимся цементом, м ²	180

Расчет стоимости проходки по эксплуатации забойных машин и механизмов вначале производится на заходку при БВР или на кольцо при щитовой проходке (табл. 5).

Таблица 5

Расчет стоимости по эксплуатации забойных машин и механизмов

Машины и механизмы	Количество	Время работы, ч	Общий расход машино-смен	Цена машино-смены, грн.	Суммарная стоимость, грн.
.....

ИТОГО

ΣС_{м.с.}

$$C_H = 0,283 \cdot (C_{п.н.} + C_o), \text{ грн./м,}$$

Полная стоимость 1 м выработки с учетом необходимых накоплений

$$C_{пол} = 1,08 \cdot (C_{п.н.} + C_o + C_H), \text{ грн./м,}$$

Сводные технико-экономические показатели приводятся в табл. 7.

Таблица 7

Сводные технико-экономические показатели		
Показатели	Формулы	Количество
Суточная скорость, м/сутки	$V_{сут} = \ell_{зах} \cdot n_{ц}$ или $V_{сут} = n_{к} \cdot \ell$	
Месячная скорость, м/мес.	$V_{мес} = V_{сут} \cdot n_{д}$	
Явочный состав суточной бригады, чел.	$n_{я.с} = n \cdot n_{р.с.}$	
Списочный состав суточной бригады, чел.	$n_{с.с.} = K_{сн} \cdot n_{я.с.}$	
Комплексная норма выработки, м/чел.смену	$K_{н.в.} = \frac{\ell_{зах}}{n_{ц}^1}$ или $K_{н.в.} = \frac{\ell}{n_{мз}^к}$	
Производительность труда проходчика м/выход	$\Pi = K_{к.в.} \cdot K_n$	
Полная стоимость 1 м выработки	$C_{пол} = 1,08 \cdot (C_{п.н.} + C_o + C_H)$	
Стоимость проходки всей выработки, грн.	$C = C_{пол} \cdot \ell_{выр}$	
Продолжительность проходки выработки, мес.	$T_{выр.} = \frac{\ell_{выр}}{V_{мес}}$	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лысыков Б.А., Розенвассер Г.Р., Шаталов В.Ф. Строительство метрополитенов и подземных сооружений на подрабатываемых территориях. Донецк, КИТИС. – 2001. – 463 с.
2. Храпов В.Г., Демешко Е.А., Наумов С.Н. Тоннели и метрополитены. – М.: Транспорт. – 1989. – 383 с.
3. Меркин В.Е., Маковский Л.В. Прогрессивный опыт и тенденции развития современного тоннелестроения. – М.: ТИМР. – 1997. – 190 с.
4. СНИПы по строительству метрополитенов.
5. Технологические схемы сооружения метрополитенов.
6. Правила техники безопасности и промышленной санитарии при строительстве метрополитенов и тоннелей.
7. Единые правила безопасности при взрывных работах. – М.: Недра.
8. Единые нормы и расценки. Горнопроходческие работы. – М.: Стройиздат, 1988. – Вып. Е 36. – 205 с.

Приложение

Задания на контрольную работу

№№ вариантов	Наименование объекта строительства или его части	Крепость пород, f	Толщина крепи, мм	Длина, м	Глубина заложения, м
I	Боковые тоннели для опорных фундаментов				
1		1	200	200x2	30
2		2	250	150x2	40
3		3	200	200x2	50
4		4	150	150x2	60
II	Верхний свод односводчатой станции				
5		4	150	150	60
6		3	200	200	50
7		2	250	150	40
8		1	300	200	30
III	Ядро односводчатой станции				
9		1	300	200	30
10		2	250	150	40
11		3	200	200	50
12		4	150	150	60
IV	Тоннели пилонной станции				
13		4	150	200x3	60
14		3	200	150x3	50
15		2	150	200x3	40
16		1	200	150x3	30
V	Перегонный тоннель между станциями				
17		1	300	1000	30
18		2	250	1500	40
19		3	200	1000	50
20		4	150	1500	60
VI	Вентиляционный тоннель между станциями				
21		4	160	1700	20
22		3	180	1500	30
23		2	200	1700	40
24		1	220	1500	50
VII	Эскалаторный тоннель				
25		1	300	30	0÷50
26		2	250	40	0÷40
27		3	200	50	0÷30
28		4	150	60	0÷20

Примечание: По желанию студента может быть выдано задание и на другие объекты строительства метрополитена.

