ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ВОЗВЕДЕНИЕ ОБДЕЛОК ПОДЗЕМНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

ВСН 36—86

Минэнерго СССР

Издание официальное

Министерство энергетики и электрификации СССР

РАЗРАБОТАНЫ Ленинградским отделением института Гидропроект им. С. Я. Жука (канд. техн. наук Г. Я. Гевирц — руководитель темы, инженеры И. Э. Будаев, А. Н. Муравьев, В. Л. Челноков, Г. Ф. Ширяева), Всесоюзным институтом по проектированию организации энергетического строительства «Оргэнергострой» (кандидаты техн. наук Е. М. Глазунов — ответственный исполнитель, М. Н. Белкин, Р. П. Бурба, И. И. Гроссман, М. В. Зайцев, А. И. Матюхина, канд. физ.-мат. наук Г. Н. Пикина, инженеры В. В. Мишин, В. А. Румянцев), а также Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б. Е. Веденеева (инж. Л. Ф. Фурсов — ответственный исполнитель).

ВНЕСЕНЫ Ленинградским отделением Всесоюзного ордена Ленина проектно-изыскательского и научно-исследовательского института Гидропроект им. С. Я. Жука.

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ ГУКСом Минэнерго СССР (инженеры Н. Д. Пивненко и Л. С. Давыдова).

С введением в действие ВСН 36-86 / Минэнерго СССР «Возведение обделок подземных гидротехнических сооружений в вечномерзлых скальных грунтах» утрачивают силу «Указания по устройству тоннельных обделок гидротехнических сооружений в вечномерзлых горных породах» — ВСН 36-70 / Минэнерго СССР.

СОГЛАСОВАНЫ с Госстроем СССР.
Письмо № ДП-732-1 от 12 февраля 1986 г.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. Б. Е. Веденеева (ВНИИГ), 1986

Министерство энергетики и электрификации СССР (Минэнерго СССР)	Ведомственные строительные нормы	ВСН 36-86
	Возведение обделок подземных гидротехнических сооружений в вечномерзлых скальных грунтах	Взамен ВСН 36-70

Настоящие нормы распространяются на возведение обделок подземных гидротехнических сооружений, расположенных в вечномерзлых, мерзлых, морозных и талых скальных грунтах с температурой ниже 5° С; они обязательны при составлении проектов производства работ.

Нормы устанавливают правила производства работ по возведению монолитных бетонных и железобетонных обделок, по нагнетанию цементационных растворов за монолитные обделки, а также по возведению комбинированных обделок из железобетонной анкерной крепи в сочетании с монолитным бетоном или набрызгбетоном.

Нормы не распространяются на возведение обделок из сборного железобетона, а также на устройство внутренних конструкций в подземных машинных залах, шинных шахтах, камерах затворов и других подземных сооружениях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. При возведении обделок подземных гидротехнических сооружений в рассматриваемых условиях должны выполняться требования СНиП III-15-76, СНиП III-44-77, а также настоящих ВСН. Основные термины и определения даны в справочном приложении 1.

1.2. Общим требованием к методам возведения обделок является необходимость предохранения тяжелого и мелкозернистого бетона, набрызгбетона и цементационного раствора от замерзания и обеспечение заданных прочностных характеристик в сроки, предусмотренные проектом производства работ.

Внесены Институтом Гидропроект имени С. Я. Жука (Ленинградское отделение)	Утверждены приказом Минэнерго СССР № 89а от 13 мая 1986 г	Срок введения в действие 1 июля 1986 г.

Издание официальное

1.3. Обделки следует возводить после закрепления выработок временной крепью, обеспечивающей устойчивость выработки при изменении теплового режима приконтурной зоны. В сильнотрещиноватых и раздробленных скальных грунтах, склонных при оттаивании к потере устойчивости, обделку, как правило, следует возводить в период естественных отрицательных температур окружающего массива.

1.4. При назначении способа возведения обделки необходимо проводить опытные работы по уточнению состава бетона и температурного режима.

1.5. При температуре скального грунта не ниже минус 10° С возведение обделки следует выполнять без предварительного отогрева грунта.

При температуре скального грунта ниже 10° С следует осуществлять его предварительный отогрев до минус 10° С на глубину, обеспечивающую расчетный режим твердения бетона до замерзания.

2. МОНОЛИТНЫЕ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОБДЕЛКИ

Способы бетонирования

2.1. Бетонирование обделок необходимо осуществлять одним из следующих способов:

методом термоса;

с противоморозными добавками;

в термоактивной опалубке.

2.2. Метод термоса следует применять при темпах бетонирования до 30 м/мес. в конструкциях, где требуемая проектом прочность в момент снятия опалубки не превышает критическую.

2.3. Метод бетонирования с противоморозными добавками следует применять для конструкций с нелимитированными сроками распалубливания, например, турбинных водоводов с металлической облицовкой, сопряжений выработок, бетонных «пробок», порталов.

2.4. Обогрев бетона в термоактивной опалубке следует применять при возведении обделок в выработках с пролетом более 8 м и при темпах бетонирования свыше 30 м/мес.

2.5. Метод бетонирования обделок и его параметры, включая температурный режим, должны назначаться в проекте производства работ на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом конкретных условий бетонирования.

В отдельных случаях, при незначительных объемах работ, когда нецелесообразно устройство термоактивной опалубки, допускается бетонирование обделки в тепляках с предварительным обогревом грунта на расчетную глубину.

2.6. При бетонировании методом термоса и в термоактивной опалубке следует, как правило, наносить на стены и свод вы-

работки теплоизолирующее покрытие толщиной от 3 до 5 см, выполняя требования п. 2.26 настоящих ВСН.

Допускается использование противоморозных добавок, необходимость применения которых следует устанавливать расчетом согласно рекомендуемым приложениям 7 и 8.

2.7. Температуру бетонной смеси на момент укладки в опалубку следует назначать от 15 до 30° С в соответствии с рекомендуемым приложением 2.

Материалы и подбор состава бетона

2.8. Цементы должны отвечать следующему требованию — нормальная густота цементного теста не более 0,26.

2.9. Мелкие пески ($M_{кр} < 2$) с содержанием фракций до 0,14 мм более 10% разрешается использовать после контрольных испытаний изготовленных на их основе бетонов.

2.10. Максимальная фракция крупного заполнителя для литой бетонной смеси не должна превышать 20 мм.

2.11. Количество противоморозных добавок для пластичных и литых бетонов следует назначать по табл. 1.

Таблица 1

Добавки	Количество безводных добавок, % от массы цемента, при расчетной температуре твердения бетона, °С		
	до —5	от —5 до —10	от —10 до —15
ННК (ННН)	3	5	7
ХК	3	5	—
СДБ+ННК (ННН)	0,2+3	0,2+5	0,2+7
СДБ+ХК	0,2+3	0,2+5	—
ННК (ННН)+М	2+1	4+1	5+2
ННК (ННН)+ГКЖ (СНВ)+С-3	3+0,01+0,5	5+0,01+0,5	7+0,01+0,5
ННК (ННН)+С-3	3+0,5	5+0,5	7+0,5
ХК+НН (НК)	2+2	3+3	4+4

Примечания: 1. Принятые сокращения: ННК — нитрит-нитрат кальция, ННН — нитрит-нитрат натрия, ХК — хлористый кальций, НК — нитрат кальция.

2. Комбинированная добавка ХК+НН(НК) применяется при соотношении 1:1 по массе в расчете на сухое вещество.

3. Изменение во времени прочности бетонов с противоморозными добавками приведено в справочном приложении 3.

2.12. Добавки ХК, НК+НН, ННК+М могут использоваться как ускорители твердения при бетонировании в термоактивной опалубке.

2.13. Ограничения на применение противоморозных добавок ННК+М, ХК+НН(НК) следует принимать в соответствии с обязательным приложением 4.

2.14. Противоморозные комплексные добавки, включающие НН, ввиду токсичности допускается применять при условии приготовления бетонной смеси на автоматизированном бетонном заводе для бетонирования водоводов с металлической облицовкой, пробок и т. п. сооружений при отсутствии людей в заопалубочном пространстве.

2.15. Добавку ХК без ингибиторов следует применять при бетонировании только неармированных конструкций.

2.16. Концентрация раствора для затворения с противоморозной добавкой не должна превышать 20% с НН и ННК и 26% с ХК+НН(НК) и ХК.

2.17. Составы бетонной смеси следует подбирать в лаборатории строительства с учетом конкретных характеристик составляющих материалов и проектных требований по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

2.18. При подборе составов бетонной смеси следует учитывать следующие дополнительные требования:

содержание C_3S в цементе должно быть не менее 50%;

при методе термоса следует применять цементы активностью не ниже 50 МПа, а при бетонировании в термоактивной опалубке — портландцементы активностью не ниже 40 МПа;

водоцементное отношение должно составлять от 0,40 до 0,42 при методе термоса и от 0,37 до 0,40 — при бетонировании в термоактивной опалубке;

для снижения водоцементного отношения рекомендуется вводить суперпластификатор типа С-3 в количестве от 0,4 до 0,6% от массы цемента при методе термоса и от 0,5 до 0,7% от массы цемента при бетонировании в термоактивной опалубке.

2.19. Составы литого бетона следует подбирать экспериментально или по методике, приведенной в рекомендуемом приложении 5.

2.20. При предъявлении к бетонам требований по морозостойкости и водонепроницаемости следует применять цементы с содержанием C_3A до 8% и микрогазообразующие добавки типа ГКЖ-11 *или* ГКЖ-94 *в количестве от* 0,015 *до* 0,030% *сухого* вещества от массы цемента.

2.21. Для стабилизации бетонной смеси при транспортировании следует применять добавку кремнегель (полупродукт суперфосфатного производства) в количестве от 0,5 до 2% сухого вещества от массы цемента.

2.22. Состав бетонной смеси необходимо корректировать с учетом влажности и гранулометрии заполнителей (рекомендуемое приложение 6).

2.23. При приготовлении бетонной смеси на неотогретых заполнителях не допускаются включения в них льда и снега, смерзшихся комьев и наледи.

Подготовка блоков к бетонированию

2.24. Сосредоточенные выходы воды, образующиеся в результате таяния льда в трещинах вечномерзлых грунтов, должны быть отведены по дренажным трубкам или лоткам за пределы подготавливаемого блока.

2.25. Перед началом бетонирования поверхность выработки должна быть очищена от наледи и пыли водовоздушной смесью с противоморозной добавкой, подогретой до 70° С. В качестве противоморозной добавки следует применять, как правило, поташ, хлористый кальций в количестве от 4 до 6% от массы воды.

Допускается удаление наледей путем обдува поверхности выработки горячим воздухом от электрокалориферов.

2.26. Теплогидроизолирующее покрытие поверхности выработки (п. 2.6) должно отвечать следующим требованиям:

модуль деформации покрытия должен быть меньше модуля деформации массива;

термическое сопротивление покрытия должно составлять 0,25—0,30 $м^2 \cdot К/Вт$ (0,25—0,30 $м^2 \cdot °С/Вт$).

В качестве теплогидроизолирующего покрытия следует использовать, как правило, набрызгбетон или торкрет.

2.27. Опалубки, используемые при методе термоса, и термоактивные, должны быть снабжены теплоизоляцией. Параметры теплоизоляции следует устанавливать теплотехническим расчетом (рекомендуемое приложение 7). В термоактивной опалубке следует предусматривать систему регулирования заданного температурного режима.

2.28. При отрицательных температурах воздуха в туннеле бетоноукладочные комплексы (бетоноукладчики и средства загрузки) следует располагать в тепляках, в которых температура воздуха должна быть не ниже 5° С.

В туннелях сечением до 50 $м^2$ тепляк следует организовать на участке туннеля длиной 10—15 м, отделяя его занавесями из брезента. В туннелях сечением свыше 50 $м^2$ для размещения бетоноукладочных средств следует использовать тепляки передвижного типа.

Распалубливание обделки

2.29. При распалубливании обделки следует выполнять требования п. 4.64 СНиП III-15-76, п. 5.25 СНиП III-44-77 и настоящего раздела.

При отсутствии горного давления распалубливание допускается после достижения бетоном прочности, указанной в проекте производства работ, но не менее критической. Распалубочную прочность следует устанавливать статическим расчетом, учитывающим конфигурацию обделки, характер приложения нагрузки, армирование конструкции и ее взаимодействие с грунтом.

При распалубливании круговых обделок и обделок формы поперечного сечения туннеля I, II, IV согласно п. 2.5 и табл. 1 СНиП 2.06.09-84 пролетом до 12 м допускается определять распалубочную прочность по формуле

$$R_{тр} = 2\gamma_б z_0,$$

где $R_{тр}$ — распалубочная прочность бетона при растяжении, МПа; $\gamma_б$ — удельный вес бетона, МН/м^3; z_0 — пролет выработки в проходке, м.

2.30. В случае возможного замораживания бетона, не набравшего проектную прочность к сроку фактического загружения конструкции, следует применить дополнительные меры, обеспечивающие получение проектной прочности.

2.31. Расчет теплового режима твердения бетона, при котором обеспечивается требуемая распалубочная прочность в заданные сроки, следует производить согласно рекомендуемым приложениям 7 и 8.

Нагнетание растворов за обделку

2.32. Производство работ по нагнетанию растворов за обделку необходимо выполнять в соответствии с проектом производства работ, составленным с учетом конкретных условий.

2.33. Пустоты за внешним очертанием обделки следует заполнять нагнетанием цементационных растворов после достижения обделкой 70% проектной прочности. При наличии льда в пустотах их заполнение следует производить цементационными растворами с температурой от 20 до 35° С. Наличие льда за внешним очертанием обделки следует определять при бурении цементационных скважин.

2.34. Для приготовления цементационных растворов, твердеющих в условиях отрицательных температур, следует применять, как правило, портландцементы с содержанием трехкальциевого алюмината $C_3A \leqslant 8\%$, соответствующие требованиям ГОСТ 10178-85.

Использование шлакопортландцемента, пуццоланового, расширяющегося и гидрофобного цементов разрешается только после проведения лабораторных испытаний, устанавливающих сроки схватывания раствора в конкретных условиях строительства.

2.35. Для приготовления цементационных растворов, твердеющих при температурах от 0 до 5° С, следует применять портландцементы с содержанием $C_3A > 8\%$.

2.36. В качестве противоморозных добавок в цементационных растворах следует применять хлористый кальций по ГОСТ 450-77, поташ по ГОСТ 10590-75*, этиленгликоль по ГОСТ 19710-83, противообледенительную жидкость «Арктика» по МРТУ 6-14-17-68.

2.37. Для цементационных растворов следует применять песок с модулем крупности от 1,5 до 2,0.

2.38. Составы цементационных растворов следует подбирать, как правило, согласно приложению 10. Не допускается использование растворов с В/Ц > 2.

2.39. В цементационных растворах с добавкой хлористого кальция необходимо применять добавку СДБ, содержание которой в зависимости от температуры скального грунта следует назначать в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Температура грунта, °С	Содержание хлористого кальция, % от воды затворения	Содержание СДБ, % от массы цемента
Св. 2 до 4	От 0 до 2	От 0,2 до 0,4
» 0 » 4	Св. 2 до 3	» 0,2 » 0,4
От 0 до —3	» 3 » 6	» 0,2 » 0,4
Ниже —3 до —5	» 6 » 9	—
—»— —5 » —10	» 9 » 12	—
—»— —10 » —15	» 12 » 16	—

Примечание. Нижний предел применения добавок относится к растворам с В/Ц $<$ 1,0, верхний — с В/Ц $>$ 1,0.

2.40. Процентное содержание добавки «Арктика» рекомендуется назначать в соответствии с табл. 3.

2.41. Цементно-песчаные растворы следует назначать по табл. 4 в зависимости от вида и количества добавки.

Таблица 3

Температура грунта, °С	Содержание «Арктики», % от воды затворения
Св. 2 до 4	От 0 до 0,3
» 0 » 2	Св. 0,25 до 0,5
От 0 до —1	» 0,5 » 1,0
Ниже —1 до —3	» 1,0 » 2,0
—»— —3 до —5	» 2,0 » 5,0
—»— —5 до —7	» 5,0 » 10,0

Примечание. Приводятся данные для растворов на портландцементах с содержанием C_3A $<$ 8%.

Таблица 4

Содержание составляющих раствора, ч. м.			Содержание добавки, % от воды затворения	
Цемент	Песок	Вода	«Арктика»	Этиленгликоль
1	—	0,8	0,5	1,5
1	—	1,0	1,0	2,0
1	—	2,0	2,0	5,0
1	1	0,6	1,0	2,0
1	2	0,8	1,5	3,0
1	3	0,8	3,0	5,0

2.42. Применение поташа в качестве противоморозной добавки не должно превышать 5% от массы цемента.

3. ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ АНКЕРНАЯ КРЕПЬ

Материалы и омоноличивающие мелкозернистые бетоны

3.1. В качестве стержня анкера следует применять горячекатаную арматурную сталь периодического профиля класса А-II и А-III.

3.2. В качестве растворонагнетательных и воздухоотводящих трубок для анкеров следует применять, как правило, стальные или полимерные трубы.

3.3. Для омоноличивания анкеров следует использовать мелкозернистые бетоны не ниже М200, цементно-песчаные смеси, включающие цемент, песок, воду, противоморозную или пластифицирующие добавки. Состав бетона должен устанавливаться строительной лабораторией согласно рекомендуемому приложению 11.

При продолжительности транспортирования бетона более 30 мин необходимо применять стабилизирующие добавки кремнегеля или бентонита в количестве от 0,5 до 2,0% сухого вещества от массы цемента.

Допускается использовать составы на основе синтетических смол после производственных испытаний и технико-экономического обоснования.

3.4. Для приготовления омоноличивающих бетонов следует применять портландцемент активностью не ниже 400 по ГОСТ 10178-76*, песок по ГОСТ 10268-80, воду по ГОСТ 23732-79. Песок должен быть отогрет до температуры не менее 4° С.

3.5. Количество противоморозной и пластифицирующих добавок следует определять в зависимости от температуры грунта. При использовании поташа и СДБ их количество следует принимать по табл. 5.

Таблица 5

Температура грунта, °С	Содержание добавки, % от массы цемента	
	Поташ	СДБ
От 5 до —5	От 3 до 5	0,5
» —5 » —10	» 5 » 8	0,5
» —10 » —15	» 5 » 10	0,5
» —15 » —20	» 10 » 12	0,5
Ниже —20	» 12 » 15	0,5

Производство работ

3.6. Железобетонная анкерная крепь используется, как правило, в качестве элемента конструкции комбинированной обделки в сочетании с монолитным бетоном или набрызгбетоном. До бетонирования обделки железобетонная анкерная крепь, как правило, выполняет роль временного крепления.

Анкерную крепь следует устанавливать по паспорту крепления выработки, составленному на основе рабочих чертежей конструкции обделки с учетом фактических инженерно-геологических условий. Паспорт крепления выработки должен составляться строительной организацией.

3.7. Работы по возведению анкерной крепи должны включать:

подготовку поверхности выработки;
разметку и бурение шпуров или скважин;
продувку шпуров (скважин), а при наличии в них наледей промывку водным раствором противоморозной добавки;
приготовление омоноличивающего бетона;
подготовку и опробование оборудования;
установку и омоноличивание анкеров.

*3.8. При подготовке поверхности выработки следует произ*вести оборку нависающих и отслаивающихся кусков грунта, устранить наледи.

3.9. Количество противоморозной добавки поташа в водном растворе для промывки шпуров следует принимать в зависимости от температуры грунта вокруг выработки по табл. 6. Температура водного раствора должна быть не менее 40° С.

Таблица 6

Температура грунта, °С	Точка замерзания раствора, °С	Содержание поташа, г/л	Плотность раствора, г/см³
Св. —5	—5	150	1,090
От —5 до —10	—10	275	1,195
» —10 » —15	—15	365	1,270
» —15 » —20	—20	440	1,295
» —20 » —25	—25	520	1,365
» —25 » —30	—30	575	1,390
» —30 » —35	—35	630	1,412

Допускается использование других добавок, не обладающих коррозионным действием на металл и токсичностью.

3.10. Перемешивание раствора противоморозной добавки следует вести не меньше 15 мин до получения однородной консистенции.

3.11. Анкеры длиной более 4 м должны устанавливаться в следующем порядке: сначала в скважине монтируют армирующий стержень с нагнетательной и воздухоотводящей трубками, затем в устье скважины устанавливают тампон и через нагнетательную трубку закачивают омоноличивающий бетон.

3.12. Схема монтажа анкеров длиной более 4 м и технология их омоноличивания должны предусматриваться проектом производства работ. Установку собранных анкеров следует производить лебедкой через блок, закрепленный в 20—30 см от устья скважины.

4. НАБРЫЗГБЕТОН

Материалы и составы бетона

4.1. В качестве вяжущего должны применяться портландцементы с содержанием C_3A не менее 8%, активностью не ниже 400 и удовлетворяющие требованиям общесоюзных стандартов.

4.2. В качестве мелкого заполнителя следует применять природные или искусственные пески со следующими характеристиками:

Модуль крупности	2—3,2
Относительная влажность	4—7%
Содержание глинистых частиц	до 2%
Содержание фракций	
менее 0,14 мм	до 10%
крупнее 5 мм	до 5%
Содержание фракций	
от 0,14 до 1,25 мм	60—70%
от 1,25 до 5,0 мм	30—40%.

Допускается использование песков с модулем крупности менее 2 и содержанием фракции менее 0,14 мм более 10% после экспериментального обоснования.

4.3. В качестве крупного заполнителя необходимо применять щебень или гравий со следующими характеристиками:

Механическая прочность	не менее 60 МПа
Относительная влажность	не более 2%
Загрязненность	не более 5%
Содержание фракций	
от 5 до 13,5 мм	60—70%
от 13,5 до 20 мм	30—40%
Размер крупного заполнителя	не более 20 мм.

Примечание. При применении гравия прочность набрызгбетона на сжатие снижается на 15%. Для получения высоких классов набрызгбетона предпочтение следует отдавать использованию щебня.

4.4. Вода затворения на момент подачи ее к соплу должна иметь температуру в пределах от 40 до 70° С.

4.5. Жидкие и порошкообразные добавки следует вводить непосредственно в воду затворения.

4.6. В качестве противоморозных добавок следует использовать поташ или хлористый кальций (для неармированных конструкций) в количестве соответственно от 2 до 6% и от 1 до 3% от массы цемента.

4.7. Добавки-ускорители схватывания и твердения следует использовать при положительных температурах окружающей среды. В качестве добавок-ускорителей рекомендуется применять аэрационную пыль бокситосодово-известковой шихты (типа добавки ОЭС), либо фтористый натрий в количествах соответственно от 2 до 4% и от 0,5 до 2% сухого вещества от массы цемента.

Количество добавки следует устанавливать опытным путем. Достаточным считается количество добавки, при котором начало схватывания цементного теста до 3 мин, конец схватывания до 5 мин.

4.8. Сухая смесь не должна содержать включений льда, ее температура на момент использования должна быть не ниже минус 4° С.

Производство работ

4.9. При отрицательной температуре скального грунта обделку из набрызгбетона следует возводить, как правило, с использованием противоморозных добавок.

4.10. В сильнотрещиноватых грунтах после закрепления выработки набрызгбетоном следует производить укрепление приконтурного слоя скального грунта цементацией, как правило, в летний период после оттаивания грунтового массива на глубину не менее 0,5 м.

4.11. В состав работ по возведению обделки из набрызгбетона входят следующие операции:

подготовка поверхности выработки;

приготовление, доставка и хранение сухой смеси;

нанесение выравнивающего и конструктивного слоев набрызгбетона;

уход за обделкой из набрызгбетона.

Подготовка поверхности выработки

4.12. При подготовке поверхности выработки к нанесению набрызгбетона следует выполнять:

демонтаж сетки временного крепления;

оборку поверхности свода и стен блока бетонирования с обязательным удалением «заколов» и отслаивающихся кусков грунта;

срезку выступающих внутрь выработки анкеров, оставляя концы, равные толщине обделки;

установку дренажных трубок для отвода грунтовых вод при наличии сосредоточенных течей.

4.13. Поверхность выработки должна очищаться от пыли, грязи, масляных пятен, а также изморози и наледи толщиной до 5 см промывкой горячим водовоздушным раствором противоморозной добавки. При толщине наледи более 5 см ее следует сколоть и обработать поверхность раствором противоморозной добавки. Температура раствора при выходе из сопла должна быть в пределах от 60 до 70° С.

Для промывки следует использовать бетоншприцмашину и емкость для приготовления раствора добавки. Температура поверхности выработки должна соответствовать требованию п. 1.5 настоящих ВСН.

Приготовление, доставка и хранение сухой смеси

4.14. Методика подбора сухой смеси изложена в рекомендуемом приложении 12.

4.15. Сухую смесь следует готовить, как правило, централизованно на стационарном бетонном заводе. Допускается приготовление сухой смеси на припортальном бетонном узле при соблюдении точности дозирования согласно ГОСТ 7473-76.

4.16. Сухую смесь следует доставлять в транспортных средствах, защищенных от попадания влаги.

4.17. Срок хранения сухой смеси не должен превышать 3 ч с момента ее приготовления.

Нанесение набрызгбетона и уход за обделкой

4.18. Набрызгбетон с противоморозной добавкой следует наносить так же, как и в обычных условиях при положительных температурах. Специфика действия отрицательных температур должна учитываться при подготовке поверхности слоя набрызгбетона к последующему нанесению: очистку поверхности ранее нанесенного слоя следует выполнять водным раствором противоморозной добавки, концентрация которой определяется в зависимости от температуры грунта (табл. 5 настоящих ВСН).

4.19. При влажности воздуха в выработке ниже 80% поверхность набрызгбетона следует увлажнять до приобретения материалом 70% марочной прочности.

4.20. При отрицательных температурах грунта покрытие следует увлажнять горячим раствором противоморозной добавки через 12 ч в течение первых трех суток после нанесения.

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

5.1. При возведении обделок и железобетонной анкерной крепи должен быть обеспечен входной, операционный и приемочный контроль согласно требованиям СНиП 3.01.01-85, выполняемый инженерно-техническим персоналом заказчика, подрядчика, субподрядчика, авторским надзором проектной организации, строительной лабораторией, маркшейдерской службой в соответствии с положениями этих служб.

При выполнении всех видов контроля следует руководствоваться требованиями СНиП III-15-76, СНиП III-44-77, ВСН 03-74 Минэнерго СССР, а также настоящих ВСН.

Входной контроль

5.2. Субподрядная организация, выполняющая работы по возведению обделки, должна осуществлять входной контроль оборудования, конструкций, материалов и полуфабрикатов, поступающих от генподрядчика.

Операционный контроль

5.3. Операционный контроль при возведении обделок из монолитного бетона и железобетона должен включать:

контроль температурного режима в соответствии с обязательным приложением 9;

не реже одного раза в смену визуальный контроль состояния теплоизоляции опалубки, тепляков, средств доставки и укладки бетонной смеси, а также соответствия типа и толщины теплоизоляции требованиям проекта производства работ.

5.4. Операционный контроль цементационных работ должен проводиться не реже одного раза в смену и включать:

контроль дозирования компонентов цементационного раствора согласно требованиям ГОСТ 7473-76;

контроль плотности цементационного раствора с помощью ареометра и соответствия плотности раствора заданной в проекте производства работ;

контроль плотности водного раствора противоморозной добавки рабочей концентрации, согласно требованиям пп. 2.39—2.41.

5.5. Операционный контроль при возведении обделок из набрызгбетона должен включать:

контроль состава сухой смеси и получаемого материала в конструкции размывом не менее трех проб по 10 л свеженанесенного материала на каждые 1000 м² обделки; допустимое отклонение расхода компонентов от проектных 15%;

контроль толщины обделки по маякам, а при их отсутствии— щупами из проволоки диаметром 4 мм, путем не менее трех замеров на каждые 100 м² обделки; допустимое отклонение толщины обделки от проектной 10%.

5.6. Операционный контроль при возведении анкерной крепи должен включать:

контроль глубины шпуров по меткам на буровой штанге с точностью измерений до 10 см;

контроль направления шпуров угломером с точностью измерения до 10°;

контроль расстояния между шпурами шаблоном с точностью измерения до 10 см;

контроль подвижности омоноличивающего мелкозернистого бетона обычным конусом по ГОСТ 10181.1-80, осадка конуса должна находиться в пределах от 6 до 7 см для анкеров длиной до 4 м и свыше 7 до 10 см — для анкеров длиной более 4 м; срок сохранения подвижности при осадке конуса более 6 см должен быть не менее 20 мин;

контроль заполнения шпуров омоноличивающим бетоном визуальным наблюдением: для анкеров длиной до 4 м — по плавному вытеснению инъектора из шпура давлением бетона; для анкеров более 4 м — по появлению бетона из воздухоотводящей трубки.

Приемочный контроль

5.7. Приемочный контроль при возведении монолитных бетонных, железобетонных и набрызгбетонных обделок должен включать:

контроль прочности бетона по ГОСТ 18105.2-80 испытанием на каждый блок бетонирования не менее трех образцов-кубов в распалубочном возрасте (п. 2.35 настоящих ВСН) и в возрасте 180 сут;

контроль водонепроницаемости бетона по ГОСТ 12730.5-84 для каждого состава бетона;

контроль морозостойкости бетона по ГОСТ 10060-76 для каждого состава.

Результаты испытаний следует оценивать удовлетворительно, если контролируемые параметры отклоняются от проектных не более чем на 15%.

Допускается контроль прочности бетона неразрушающими методами по ГОСТ 22690.0-77 — ГОСТ 22690.4-77. Объем проверки — не менее 30 испытаний на 200 м² обделки. Оценку результатов следует проводить по ГОСТ 22690.0-77.

5.8. Приемочный контроль цементационных работ должен включать контроль прочности нагнетаемого за обделку цементационного раствора по ГОСТ 18105.0-80 испытанием по три образца-куба в возрасте 7, 28 и 180 сут. Пробы цементационного раствора для приготовления образцов-кубов должны отбираться с периодичностью один раз в сутки.

5.9. Приемочный контроль анкерной крепи должен включать:

контроль прочности омоноличивающего бетона по ГОСТ 18105.2-80 испытанием на каждые 100 анкеров не менее трех образцов-кубов в возрасте 7 сут;

контроль несущей способности анкеров испытанием на выдергивание домкратом трех анкеров из 100 установленных; испытания следует проводить через 7 сут после установки анкеров.

Результаты испытаний следует считать удовлетворительными, если прочность бетона на сжатие и достигнутая нагрузка на анкер не менее 70% проектной.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Работы по устройству туннельных обделок должны выполняться в соответствии с «Правилами безопасности при строительстве подземных гидротехнических сооружений» Минэнерго СССР и СНиП III-4-80.

6.2. При работе с противоморозными добавками и добавками-ускорителями схватывания следует соблюдать правила техники безопасности, предусмотренные «Руководством по применению бетонов с противоморозными добавками» НИИЖБ Госстроя СССР.

6.3. В местах приготовления растворов и бетонной смеси с химическими добавками необходимо предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию. Вблизи мест использования таких растворов и бетонных смесей должен находиться бак с чистой водой и специальные нейтрализующие растворы для оказания первой помощи.

6.4. Лица, работающие с химическими добавками, должны пройти инструктаж по технике безопасности перед допуском к работам.

6.5. При работе со смесями, включающими химические добавки, следует обращать особое внимание на исправность электропроводки и электроинструмента.

6.6. При работе с горячими растворами и водовоздушными смесями, а также с горячим воздухом следует применять меры по предотвращению ожогов (защитные очки, спецодежда, разделяющие перегородки и т. п.).

Приложение 1

Справочное

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩИХ ВСН

Термин	Пояснение
Грунт вечномерзлый	Грунт, который в условиях природного залегания находится в мерзлом состоянии непрерывно (без оттаивания) в течение многих (трех и более) лет.
Грунт мерзлый	Грунт, имеющий отрицательную температуру и содержащий в своем составе лед.
Грунт морозный	Скальный грунт, имеющий отрицательную температуру и не содержащий в своем составе лед.
Бетоны тяжелые	Бетоны плотной структуры на цементном вяжущем и плотных крупных и мелких заполнителях.
Бетоны мелкозернистые	Бетоны плотной структуры на цементном вяжущем и мелких плотных заполнителях.
Противоморозная добавка	Химическое соединение, обеспечивающее сохранение жидкой фазы раствора (или бетона) и твердение цементного камня в условиях отрицательной температуры.
Заполнительная цементация	Комплекс технологических приемов, используемых при нагнетании за обделку цементационных растворов для заполнения пустот.
Хладостойкий цементационный раствор	Смесь цемента и воды с инертными наполнителями и противоморозной добавкой.
Критическая прочность	Прочность, до которой не допускается замерзание бетона и которая должна составлять не менее 50, 40, 30% марочной прочности соответственно бетонов М200, М300, М400 и выше.
Метод термоса	Укладка бетонной смеси в утепленную опалубку и твердение ее до приобретения заданной прочности в процессе медленного остывания. Необходимый температурный режим для твердения бетона обеспечивается за счет тепла, введенного подогретыми материалами, и тепла, выделяемого цементом в процессе твердения.
Термоактивная опалубка	Опалубка, включающая систему обогрева и регулирования температуры твердеющего бетона.

Приложение 2
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОННОЙ СМЕСИ В МОМЕНТ УКЛАДКИ

$$t_0 = t_{бз} - (\Delta t_{тр} + \Delta t_{пер} + \Delta t_{укл}),$$

где $t_{бз}$ — температура бетонной смеси при выходе из бетонного завода, согласно СНиП III-15-76, раздел 5; при использовании портландцемента марки ниже 600 температура бетонной смеси при выходе из бетоносмесителя не должна превышать 35° С; $\Delta t_{тр}$, $\Delta t_{пер}$, $\Delta t_{укл}$ — снижение температуры бетонной смеси соответственно при ее транспортировании, перегрузке и укладке определяется проектом производства работ. Для ориентировочных расчетов может быть использована следующая таблица.

Снижение температуры бетонной смеси в процессе ее транспортирования, перегрузки и укладки в зависимости от температуры наружного воздуха, °С

Разность температуры бетонной смеси и воздуха, °С	Продолжительность транспортирования, мин									Перегрузка	Укладка в блок
	10	15	20	25	30	40	45	50	60		
5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	0,2	1,0
10	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,4	1,7	1,8	2,0	0,3	1,5
15	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	2,2	2,4	2,7	3,0	0,4	2,0
20	0,8	1,1	1,5	1,8	2,0	2,8	3,2	3,6	4,0	0,6	2,5
25	1,0	1,4	1,8	2,2	2,7	3,6	4,0	4,4	5,2	0,8	3,0
30	1,2	1,8	2,2	2,7	3,3	4,3	4,8	5,4	6,2	0,9	3,5
35	1,4	2,0	2,6	3,2	3,8	4,9	5,6	6,2	7,2	1,0	4,0
40	1,5	2,3	3,0	3,7	4,4	5,7	6,4	7,1	8,2	1,2	4,5
45	1,7	2,5	3,3	4,1	4,8	6,4	7,2	8,0	9,3	1,5	5,0
50	1,9	2,8	3,7	4,6	5,4	7,1	8,8	8,9	10,0	1,8	5,5
55	2,1	3,1	4,1	5,0	6,0	7,8	8,8	9,8	11,0	2,0	6,0

Примечание. Приведены данные для автосамосвала ЗИЛ-585.

Приложение 3

Справочное

КИНЕТИКА НАБОРА ПРОЧНОСТИ ЛИТЫХ БЕТОНОВ С ПРОТИВОМОРОЗНЫМИ ДОБАВКАМИ НА СРЕДНЕАЛЮМИНАТНЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТАХ

Добавки	Количество добавок, % сухого вещества от массы цемента	Прочность в относительных единицах от проектной при температуре твердения, °С за период, сутки											
		20 °С				минус 5° С				минус 15 °С			
		3	7	14	28	7	14	28	180	7	14	28	180
ФХК	4	0,72	0,90	1,20	1,50	0,38	0,67	0,90	1,20	0,07	0,07	0,09	0,16
	8	0,67	0,87	1,15	1,40	0,33	0,58	0,80	1,20	0,07	0,08	0,13	0,20
ННН	2,5+2,5	0,50	0,67	0,85	0,95	0,33	0,67	0,90	1,00	0,07	0,10	0,20	0,26
	4,5+4,5	0,43	0,60	0,76	0,97	0,33	0,67	0,83	0,93	0,10	0,30	0,46	0,60
ННК+М	2,0+2,0+1,5	0,50	0,70	0,97	1,10	0,17	0,33	0,43	0,67	0,05	0,10	0,15	0,30
	3,5+3,5+2,5	0,60	0,82	1,15	1,33	0,13	0,26	0,40	0,60	0,07	0,13	0,20	0,36

Примечания: 1. За проектную принята прочность бетона М 300 в возрасте 180 сут.
2. Прочность пластичных бетонов на 10—15% выше приведенных показателей.
3. Расход цемента для литых бетонов составляет 400—450 кг/м³, для пластичных — 350—400 кг/м³.

Приложение 4

Обязательное

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНОВ С ПРОТИВОМОРОЗНЫМИ ДОБАВКАМИ

(Извлечения из табл. 1 «Руководства по применению бетонов с противоморозными добавками»/НИИЖБ Госстроя СССР М., Стройиздат, 1978)

Тип конструкций и условия их эксплуатации	ННК+М	ХК+НН(НК)
1. Железобетонные конструкции с ненапрягаемой рабочей арматурой диаметром:		
а) более 5 мм	+	+
б) 5 мм и менее	+	—
2. Железобетонные конструкции, предназначенные для эксплуатации:		
а) в неагрессивных и агрессивных водных средах, кроме указанных ниже (б)	+	+
б) в агрессивных водных средах при наличии агрессивного воздействия по показателям содержания сульфатов или солей и едких щелочей при наличии испаряющих поверхностей	—	—
в) в зоне переменного уровня воды	+	—
г) в водных и газовых средах при относительной влажности более 60% при наличии в заполнителе включений реакционноспособного кремнезема	+	—
д) в зонах действия блуждающих постоянных токов от посторонних источников	+	—

Примечания: 1. Знак «+» — допускается применение добавки, знак «—» — не допускается.

2. Ограничения по применению бетонов с добавками (см. 2 б, г настоящей таблицы) распространяются и на бетонные конструкции.

3. Показатели агрессивности среды устанавливаются по СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», а наличие блуждающих постоянных токов от посторонних источников — по СН 65176 «Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами». При применении добавок в этих условиях следует учитывать требования указанных нормативных документов в части плотности и толщины защитного слоя бетона, защиты конструкций химически стойкими, антикоррозионными покрытиями.

4. Конструкции, периодически увлажняющиеся водой, конденсатом, приравниваются к эксплуатируемым при относительной влажности воздуха более 60%.

Приложение 5

Рекомендуемое

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСТАВА ЛИТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Методика включает следующие основные положения.

1. Подбор максимально плотной упаковки крупного заполнителя является его максимальная плотность с разным содержанием фракций 20—10 мм и 10—5 мм.

2. Подбор относительного содержания песка r в смеси заполнителей: $r = \frac{П}{П+Щ}$.

Технологическими критериями содержания песка в смеси заполнителей является удобоукладываемость и подвижность литой бетонной смеси. Требуемые для литой бетонной смеси удобоукладываемость и подвижность характеризуются соответственно отсутствием разделения растворной и щебеночной составляющих с осадкой конуса Абрамса 22—25 см.

Кроме технологических критериев должно соблюдаться экономическое ограничение — обеспечение заданной прочности при минимальном расходе цемента.

При подборе задается несколько значений r в пределах от 0,30 до 0,50 с постоянными В/Ц и расходом цемента. Рекомендуется принимать следующие значения В/Ц и расхода цемента:

для класса бетона В15—В25 В/Ц = 0,70÷0,55; цемент 300—400 кг;

для класса бетона В22,5 — В30 В/Ц = 0,55÷0,45; цемент 400—500 кг.

Для каждого значения r изготавливаются замесы, в которых замеряют осадку конуса, диаметр расплыва щебня d_1, диаметр расплыва бетонной смеси d_2.

Оптимальное содержание песка в смеси заполнителей характеризуется его удобоукладываемостью и подвижностью.

3. Определение В/Ц, обеспечивающего заданную прочность бетона. Для определения В/Ц по трем значениям экспериментально устанавливаем зависимость $R_{28} = f(Ц/В)$. В качестве ориентира при выборе значения Ц/В рекомендуется формула

$$R_{28} = 0{,}45R_{ц}(Ц/В - 0{,}40).$$

Для каждого значения В/Ц изготавливают три серии образцов-близнецов с принятым для литого бетона значением Ц/В с оптимальным содержанием r, подобранным ранее.

Цементно-водное отношение для класса бетона В15—В25 в возрасте 180 суток рекомендуется принимать от 1,43 до 1,66; для класса бетона В22,5—В30 — от 1,66 до 2,70. По результатам определения прочности строят зависимость $R = f(Ц/В)$, по которой определяют требуемое В/Ц, обеспечивающее заданный класс бетона. Если при выбранном значении В/Ц не достигается заданная подвижность бетонной смеси, то либо в допустимых по прочности пределах корректируют В/Ц, либо добавляют цемент и воду в соотношении, пропорционально выбранному В/Ц, либо вводят добавку-пластификатор.

Приложение 6

Рекомендуемое

МЕТОДИКА УЧЕТА ВЛАЖНОСТИ И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Расход песка П и щебня Щ в рабочем составе, кг/м^3:

$$П = П_c \cdot K_1,$$

$$Щ = Щ_c \cdot K_2,$$

где $П_c$ и $Щ_c$ — соответственно расход песка и щебня в проектном составе, кг/м^3;

$$K_1 = 1 + \frac{a}{1-\alpha} + \frac{\alpha}{1-\alpha} - \frac{c}{1-c} \cdot \frac{1-r}{r},$$

$$K_2 = 1 + \frac{b}{1-c} + \frac{c}{1-c} - \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \frac{r}{1-r},$$

где a, b — соответственно относительные влажности песка и щебня, %; c и α — относительное содержание соответственно песка в щебне и щебня в песке, %; r — отношение массы сухого песка к общей массе сухих заполнителей.

Приложение 7

Рекомендуемое

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА

Расчетом устанавливается изменение температуры твердения бетона t по времени τ в контрольной точке обделки на расстоянии 5—10 см от опалубки и характерные температурно-временные параметры процесса выдерживания. К таким параметрам

при бетонировании в термоактивной опалубке относятся максимальная температура бетона $t_{макс}$ и время ее достижения τ_1, при термосном выдерживании — время выдерживания $\tau_в$.

При составлении алгоритма расчета принято условие, что требуемая распалубочная прочность R_τ и допустимый температурный перепад Δt между поверхностью бетона обделки и воздухом в выработке достигается, по крайней мере, одновременно.

Перечень необходимых для расчета исходных данных приведен в табл. 7-1.

Таблица 7-1

Исходные данные для расчета

Данные расчета	Обозначение	Способ определения
Температура бетона в момент завершения укладки	t_0	По приложению 2
Температура воздуха в выработке	$t_{выр}$	По натурным замерам или аналогам
Температурный перепад между поверхностью обделки и воздухом в выработке	Δt	По замерам, не более 20° С
Температура бетона в момент распалубливания	$t_в$	По формуле $t_в = t_{выр} + \Delta t$
Распалубочная прочность бетона при сжатии	R_τ	Согласно п. 2.29
Прочность бетона при сжатин в возрасте 28 сут.	R_{28}	По проекту

При бетонировании в термоактивной опалубке дополнительно задается продолжительность выдерживания $\tau_в$, при термосном выдерживании — максимальная температура бетона $t_{макс}$.

Изменение температуры t по времени τ определяется по формуле

$$t = t_0\left(1 + \frac{\tau}{\tau_н}\right)\cdot e^{-a\tau}, \qquad (1)$$

где a и $\tau_н$ — параметры уравнения, определяемые по формулам:

$$a = \frac{z}{\tau_в}, \qquad (2)$$

$$\tau_н = \frac{z_0}{a}. \qquad (3)$$

Константы z и z_0 устанавливаются по номограммам рис. 1 и 2. Значение τ_1, соответствующее $t_{макс}$, вычисляют по формуле

$$\tau_1 = a^{-1} - \tau_н. \qquad (4)$$

Обогрев бетона в термоактивной опалубке

Алгоритм определения параметров температурного режима

На рис. 1 по заданным значениям $\tau_в$ и R_τ/R_{28} в правом нижнем квадранте находят на оси абсцисс соответствующее u. Затем по найденному u в верхнем правом квадранте определяют

$t_{ср}$ и в левом верхнем квадранте при установленной ординате $t_{ср}$ и принятом значении t_0 находят абсциссу $t_{ср}/t_0$. По заданному $t_в$ устанавливают значение $t_в/t_0$ и ранее определенному $t_{ср}/t_0$ в нижнем левом квадранте находят z.

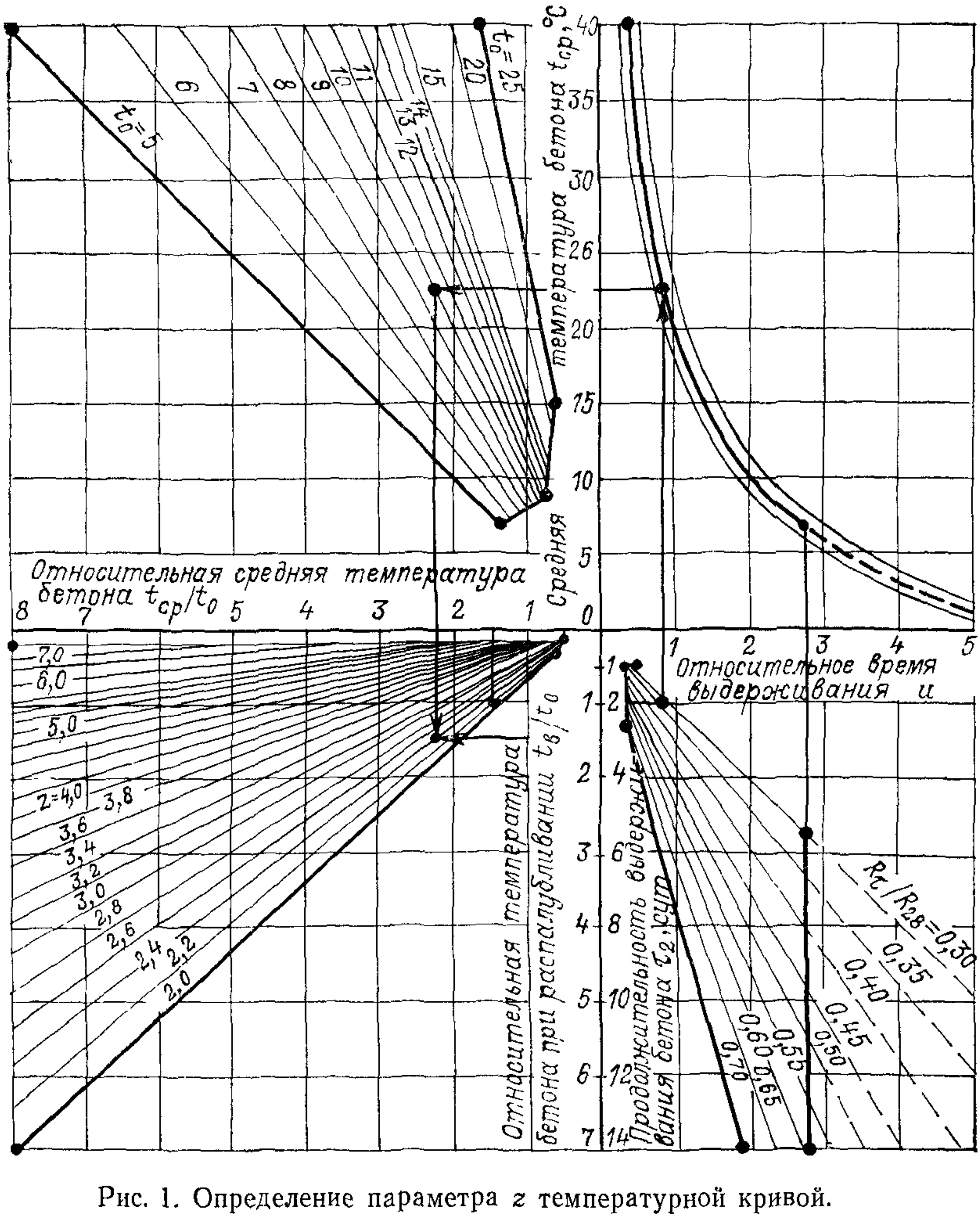

Рис. 1. Определение параметра z температурной кривой.

На нижнем графике рис. 2 по известным $t_в/t_0$ и z находят абсциссу z_0^{-1}, а на верхнем — z_0. По найденным z и z_0 и заданному $\tau_в$ определяют параметры a и $\tau_н$ согласно формулам (2) и (3) и значение τ_1 — по формуле (4). На графике рис. 3 по найденному значению z_0 определяют ординату $t_{макс}/t_0$ и при заданном t_0 вычисляют $t_{макс}$.

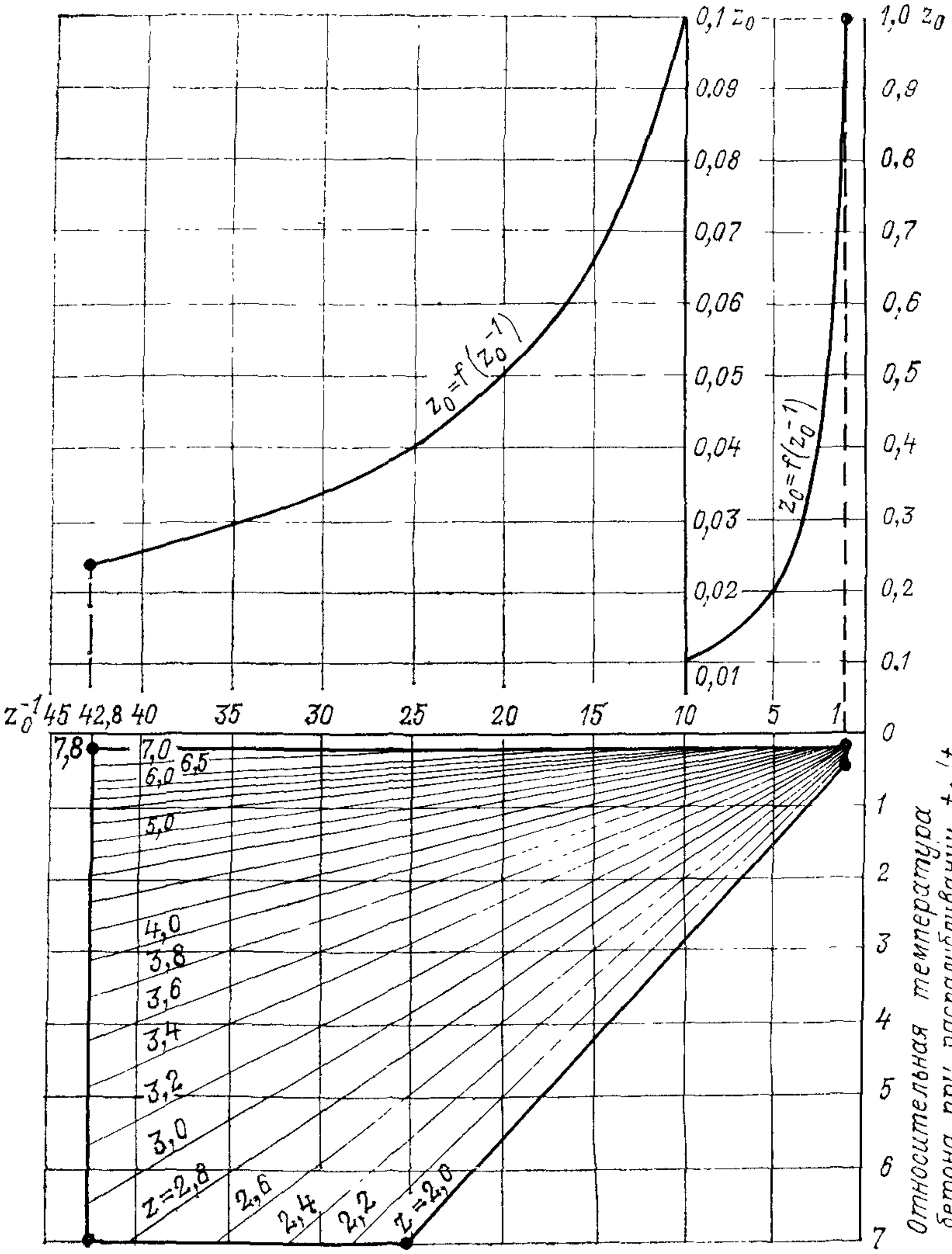

Рис. 2. Определение параметра z_0 температурной кривой.

Определение параметров теплоизоляции опалубки

К параметрам теплоизоляции опалубки относят толщину δ_i, м, количество i-х слоев n и теплопроводность λ_i, Вт/(м·К),

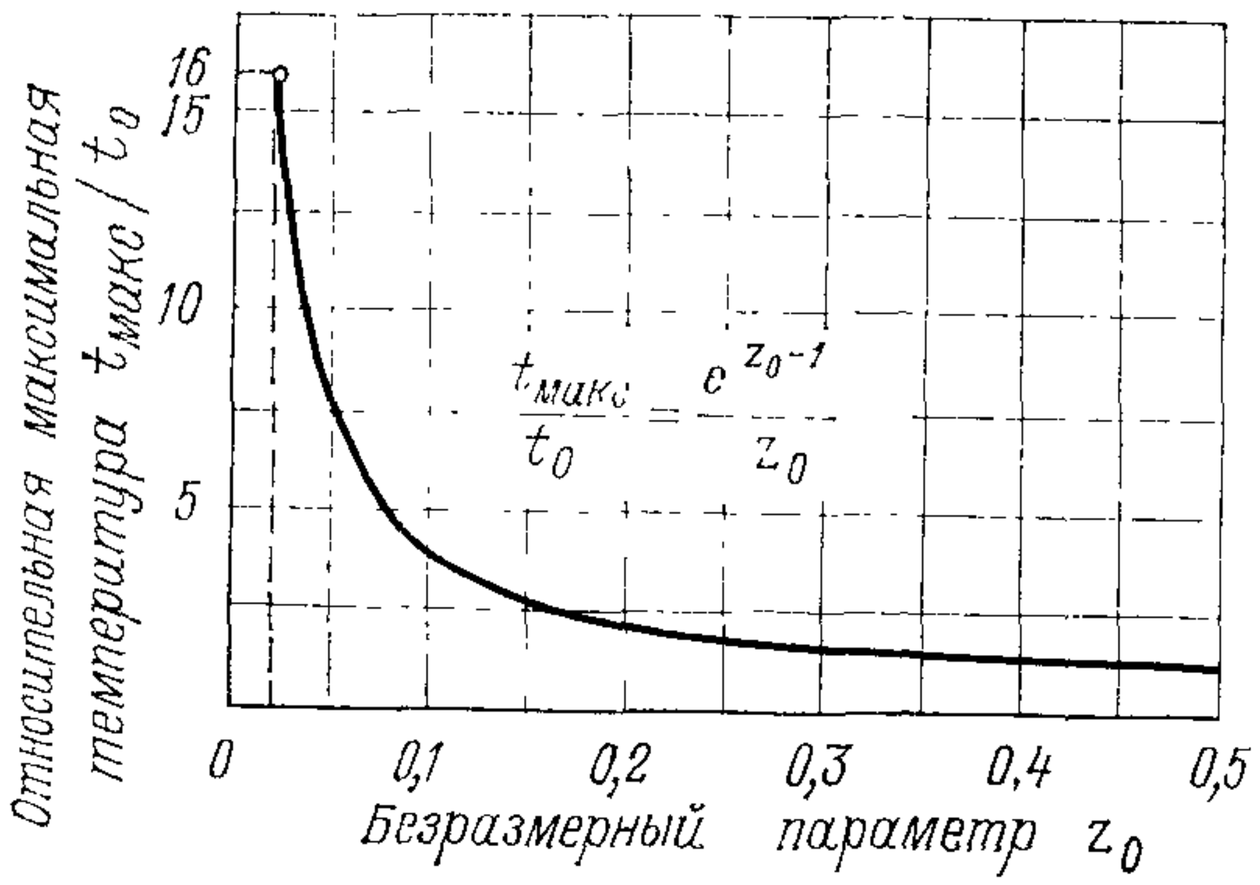

Рис. 3. Определение максимальной температуры бетона $t_{макс}$.

изолирующего материала, а также термическое сопротивление R, м²·К/Вт, и коэффициент теплопередачи K, Вт/(м²·К), изоляции в целом. В зависимости от поставленной задачи может устанавливаться значение K при заданном R, либо наоборот — значение R при заданном K. При этом используются следующие расчетные зависимости:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + R}, \tag{5}$$

где α_0 — коэффициент теплоотдачи в окружающую среду на внутренней поверхности опалубки, Вт/(м²·К), принимается в зависимости от скорости движения воздуха $V_в$ в туннеле; для $V_в = 0{,}15 \div 1{,}5$ м/с значения α_0 находятся в пределах 2,5—10 Вт/(м²·К); допускается определять α_0 путем линейной интерполяции в указанных пределах;

$$R = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \tag{6}$$

Значения теплопроводности λ_i для различных материалов приведены ниже.

Материал	λ_i, Вт/(м·К)
Стекловата	0,037
Пенопласт	0,052
Минеральная вата	0,047
Войлок строительный	0,040—0,069
Маты из минеральной ваты	0,058—0,076

Минеральный войлок	0,076
Опилки древесные	0,093—0,174
Камышит	0,140
Асбестобумага	0,174
Толь, рубероид	0,174

Выбор мощности нагревателя опалубки

Удельную мощность нагревателя опалубки, Вт/м², обеспечивающую заданный температурный режим твердения бетона, выбирают по табл. 7-2 в зависимости от коэффициента теплопередачи изоляции опалубки K и температуры воздуха в выработке $t_{выр}$.

Таблица 7-2

Значения удельной мощности нагревателя

Температура воздуха в выработке, °С	Коэффициент теплопередачи изоляции опалубки, Вт/(м²·К)						
	0,5	1	2	3	4	6	8
5	500	550	600	700	800	900	1000
0	600	650	700	750	850	950	1100
—5	650	700	750	850	950	1050	1200
—10	700	750	800	900	1050	1200	1350
—15	750	800	900	1000	1150	1300	1500

Бетонирование методом термоса

Определение максимальной температуры бетона

Максимальную температуру бетона, необходимую для прогнозирования режима выдерживания, можно определить по формуле

$$t_{макс} = t_0 \cdot A_1 \cdot A_2, \qquad (7)$$

где A_1 и A_2 — коэффициенты, значения которых даны ниже.

Таблица 7-3

Значения коэффициента A_1

Температура воздуха в выработке, °С	Коэффициент теплопередачи изоляции опалубки, Вт/(м²·К)				
	0,5	1	3	5	8
1	3,0	2,80	2,35	1,95	1,30
0	2,80	2,60	2,20	1,80	1,20
—5	2,50	2,35	2,0	1,60	1,10
—10	2,0	1,85	1,65	1,40	1,05
—15	1,30	1,25	1,20	1,10	1,0

Значения коэффициента A_2

Модуль поверхности обделки, м⁻¹	A_2
2	1,2
3	1,0
4	0,8

На графике рис. 3 по заданному значению t_0 и определенному по формуле (7) $t_{макс}$ находят z_0.

На верхнем графике рис. 2 по найденному значению z_0 определяют соответствующее значение z_0^{-1}, а на нижнем — по известным z_0^{-1}, заданному $t_в$ и вычисленному $t_в/t_0$ устанавливают z.

На графике рис. 1 по значениям $t_в/t_0$ и z в левом нижнем квадранте устанавливают $t_{ср}/t_0$ и по принятому t_0 в левом верхнем квадранте находят ординату $t_{ср}$, затем в верхнем правом квадранте при известном $t_{ср}$ устанавливают u и в правом нижнем — по найденному u и заданному R_τ/R_{28} находят на оси ординат соответствующее значение $\tau_в$.

По найденным значениям z, z_0 и $\tau_в$ определяют параметры a и $\tau_н$ по формулам (2) и (3) и значение τ_1 — по формуле (4).

Параметры теплоизоляции опалубки устанавливают согласно настоящему приложению.

Приложение 8
Рекомендуемое

ПРОГРАММА «ПОИСК»
Тип ЭВМ ЕС-1033

Программа «Поиск» предназначена для решения одномерных задач нестационарной теплопроводности в многослойных неоднородных средах с пространственно распределенным тепловыделением методом конечных разностей в цилиндрических координатах.

Конкретно программа «Поиск» применялась для определения истинных и средних температурных полей в бетонных обделках, возводимых в термоактивной опалубке (на контакте опалубка — обделка граничное условие IV рода) и методом термоса (на контакте опалубка — обделка граничное условие I и II рода). В алгоритме программы учитывается экзотермия бетона при твердении, возможность фазовых переходов влаги в породе, наличие или отсутствие теплоизоляционного слоя между бетоном и породой.

В результате расчета определяется необходимое время выдерживания бетона в опалубке по условиям обеспечения допустимого перепада температур окружающего воздуха и поверхности обделки и распалубочной прочности бетона в контрольной точке. При этом также фиксируются температуры на контактах бетона с опалубкой и с изоляцией, граничащей со скальной поверхностью.

Варьируя теплофизические характеристики теплоизоляций и температуру бетонной смеси (метод термоса), либо параметры

Таблица 8-1

Перечень исходных данных к программе «Поиск»

Имя переменной величины	Физический смысл переменной величины	Размерность	Обозначение в программе
R_0	Радиус внутреннего кольца обделки	м	RØ
h_1	Толщина кольца опалубки	м	HM1
Δr_1	Расчетная толщина подслоя опалубки	м	DELTRM1
h_2	Толщина кольца обделки	м	HM2
h_3	Толщина кольца изоляции	м	HM3
h_5	Расчетная толщина кольца скальной породы	м	HM5
H_5	Толщина кольца скальной породы	м	H5
C_1	Объемная теплоемкость материала опалубки	$\frac{кДж}{м^3 \cdot °C}$	C1
C_2	Объемная теплоемкость бетона	$\frac{кДж}{м^3 \cdot °C}$	C2
C_3	Объемная теплоемкость материала теплоизоляции	$\frac{кДж}{м^3 \cdot °C}$	C3
C_4	Объемная теплоемкость скальной породы в талом состоянии	$\frac{кДж}{м^3 \cdot °C}$	C4
C_5	Объемная теплоемкость скальной породы в мерзлом состоянии	$\frac{кДж}{м^3 \cdot °C}$	C5
λ_1	Теплопроводность материала опалубки	$\frac{Вт}{м \cdot °C}$	LAMBD1
λ_2	Теплопроводность бетона	$\frac{Вт}{м \cdot °C}$	LAMBД2
λ_3	Теплопроводность материала теплоизоляции	$\frac{Вт}{м \cdot °C}$	LAMBD3
λ_4	Теплопроводность скальной породы в талом состоянии	$\frac{Вт}{м \cdot °C}$	LAMBD4
λ_5	Теплопроводность скальной породы в мерзлом состоянии	$\frac{Вт}{м \cdot °C}$	LAMBD5
a_1	Температуропроводность материала опалубки	м/ч	AM1
a_2	Температуропроводность бетона	м/ч	AM2
a_3	Температуропроводность материала теплоизоляции	м/ч	AM3
a_4	Температуропроводность скальной породы в талом состоянии	м/ч	AM4
a_5	Температуропроводность скальной породы в мерзлом состоянии	м/ч	AM5
α_1	Коэффициент теплоотдачи поверхности материала обделки	$\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$	ALF1
α_2	Коэффициент теплоотдачи поверхности бетона	$\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$	ALF2

Продолжение таблицы 8-1

Имя переменной величины	Физический смысл переменной величины	Размерность	Обозначение в программе
α_3	Коэффициент теплоотдачи поверхности теплоизоляции	$\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$	ALF3
$Q_{макс}$	Максимально возможное тепловыделение	кДж/м³	QMAX
A_{20}	Константа реакции тепловыделения бетона	$ч^{-1}$	A20
$\omega_{фм}$	Температурный эквивалент фазового перехода влаги в скальной породе	°C	WFM
$\omega_{фг}$	Температурный эквивалент фазового перехода влаги в скальной породе	°C	WFT
$R_р$	Прочность бетонной обделки в контрольной точке	%	RP
$R_{кр}$	Прочность бетона вблизи теплоизоляции	%	RKR
t^*	Температура воздуха в туннеле	°C	TMZV
t^{**}	Температура воздуха в заопалубочном пространстве в процессе укладки бетона	°C	TMZVZV
T^*	Максимальная температура прогрева в опалубке	°C	TZV
ΔT^*	Температурный перепад между температурой на контакте опалубка—обделка и температурой бетона в контрольной точке	°C	DELTTZV
Δt^*	Допустимый перепад температур воздуха в туннеле и бетона в контрольной точке	°C	DELTTMZV
$t_ф$	Температура фазового перехода влаги в скальной породе	°C	TF
$t_{кр}$	Задаваемое значение температуры бетона вблизи теплоизоляции, при которой проверяется прочность бетона вблизи теплоизоляции	°C	TKR
T	Температура в скале на глубине 15 м	°C	T
t_1^0	Температура опалубки в нулевой момент времени	°C	TMK1
t_2^0	Начальная температура бетонной смеси	°C	TMK2
t_3^0	Температура теплоизоляции в нулевой момент времени	°C	TM∅3
t_{53}^0	Температура на контакте изоляция—порода в нулевой момент времени	°C	TM530
$P_в$	Производительность укладки бетонной смеси	м³/ч	PB
$L_{зах}$	Длина заходки бетонирования	м	LB

прогрева (метод поверхностного прогрева) для каждого конкретного случая, можно определить допускаемый набор исходных данных, при котором расчетное время выдерживания бетона удовлетворяет технико-экономическим требованиям по скорости и стоимости возведения обделки.

Перечень исходных данных программы дан в табл. 8-1, а пример расчета по программе «Поиск» — в табл. 8-2. Время счета составляет 10—60 мин. Авторы алгоритма Е. М. Глазунов, М. В. Зайцев, Г. Н. Пикина (Оргэнергострой). Автор програм-

Таблица 8-2

Характеристика температурного режима твердения бетона в опалубке при бетонировании кольца обделки толщиной 0,9 м за 10 ч

Температура воздуха в тунеле, °С	Температура укладываемой бетонной смеси, °С	Минимальная температура за время выдержки бетона в опалубке, °С			Время распалубки, ч
		Контакт бетона с опалубкой	Бетон вблизи контакта с изоляцией	Контакт бетона с изоляцией	
Опалубка из дерева толщиной 4 см					
—10	10	7,0	4,7	2,7	47
	15	12,0	8,7	6,0	38
	20	17,0	12,7	9,4	25
—15	10	6,0	3,4	1,3	55
	15	11,0	7,4	4,6	40
	20	16,0	11,4	8,0	27
—20	10	5,0	1,0	1,0	60
	15	10,0	5,5	2,5	45
	20	15,0	9,8	6,1	30
Опалубка из стекловаты толщиной 10 см					
—10	10	9,8	4,8	2,8	32
	15	14,0	8,8	6,1	25
	20	19,9	12,8	9,5	19
—15	10	9,7	3,7	1,3	33
	15	14,6	7,2	4,5	26
	20	19,5	11,5	8,0	19
—20	10	9,6	1,5	—0,9	35
	15	14,4	5,7	2,7	28
	20	19,1	9,9	6,2	19

мы Г. Н. Пикина (Оргэнергострой). Техническая характеристика программы «Поиск» и описание входных данных с указанием источников даны в «Инструкции по выбору режимов бетонирования при возведении бетонных конструкций в энергостроительстве с программным обеспечением «Поиск»/Оргэнергострой, М., 1986.

Приложение 9

Обязательное

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЕТОНА ОБДЕЛКИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Температурный режим бетона обделки и грунта контролируют датчиками температуры — термометрами сопротивления (термопары, термисторы) с использованием в качестве регист-

рирующих приборов мостов сопротивления (Р-333, КСМ-3) и потенциометров (ПП-63). Контроль температуры бетонной смеси и воздуха в туннеле выполняют с помощью ртутных термометров (срочных и заленивленных).

Для измерений температуры грунта в строительный период оборудуют специальные скважины (шпуры) на глубину расчетной зоны протаивания. Датчики температуры монтируют в гирлянды по 3—5 штук в каждой. Гирлянду закрепляют на деревянной рейке и помещают в скважину. Шаг закрепления датчиков в гирлянде выбирают из условия их размещения в скважине (в торце, середине и устье). Зазоры между датчиками уплотняют теплоизоляцией (поролоном).

Для измерений температуры в бетоне обделки датчики в количестве 3—4 штук монтируют на металлическом стержне, радиально закрепленном в заопалубочном пространстве и покрытом слоем теплоизоляции. Шаг закрепления датчиков выбирают из условия их размещения по толщине обделки (на контакте бетона с грунтом, в середине обделки и на расстоянии 5—10 см от опалубки).

Количество и места расположения створов для температурных измерений в грунте и обделке выбирают следующим образом.

Для измерений в грунте назначают не менее двух створов: в шелыге свода, в пятах свода или подошве обделки для каждого характерного по геологическим условиям участка туннеля. В каждом блоке бетонирования назначают не менее трех створов: по центру блока — в шелыге свода, в пятах свода или подошве обделки и в наиболее охлаждаемых участках блока — в местах установки торцевой опалубки.

Продолжительность температурных наблюдений и сроки их проведения назначают следующим образом.

Температуру бетонной смеси и воздуха в выработке контролируют один раз в смену; температуру бетонной смеси замеряют на месте приготовления (на выходе из бетоносмесителя) и месте укладки (в приемном бункере бетоноукладочного средства).

Температуру твердеющего бетона контролируют при обогреве бетона в термоактивной опалубке — через каждый час в период подъема температуры, через каждые 3 ч в период изотермического прогрева и далее в период термосного выдерживания — один раз в смену до приобретения бетоном распалубочной прочности; при бетонировании методом термоса — через 3 ч в период подъема температуры и далее — один раз в смену до набора бетоном распалубочной прочности; при бетонировании с противоморозными добавками — два раза в сутки. Контроль за температурой бетона после снятия опалубки выполняют один раз в сутки до приобретения бетоном заданной проектной прочности.

Температуру грунта контролируют не реже одного раза в сутки в период выдерживания бетона в опалубке и далее один раз в месяц до стабилизации отсчетов.

По результатам температурных наблюдений для контрольных точек в бетоне определяют среднюю температуру по формуле

$$t_{ср} = \frac{0{,}5t_0 + t_1 + t_2 + \ldots + 0{,}5t_n}{n},$$

где t_0 — температура бетона в момент завершения укладки, °С; t_n — средняя температура за период n, °С; n — количество периодов, в течение каждого из которых температура бетона может приниматься постоянной, либо средней за период n. Далее в зависимости от параметра φ и продолжительности выдерживания τ определяют прочность бетона при сжатии по формуле

$$\frac{R_\tau}{R_{28}} = A + B \cdot \log\left(\frac{\tau}{2\varphi}\right),$$

где $\varphi = \frac{20 - t_{ср}}{8 + 0{,}13t_{ср}}$; R — прочность бетона, МПа, в возрасте τ суток; R_{28} — проектная прочность бетона в возрасте 28 суток;

$$A = \frac{R_0}{R_{28}},$$

R_0 — предел прочности бетона при сжатии, МПа, в возрасте суток; для среднеалюминатных цементов допускается принимать $R_0 = (0{,}10 \div 0{,}15) \cdot R_{28}$, причем коэффициент 0,10 относится к пластичным составам с В/Ц $\geqslant$ 0,55, а 0,15 — к жестким с В/Ц $\leqslant$ 0,45; B — коэффициент, принимаемый в пределах от 0,59 до 0,62 соответственно для $R_0 = 0{,}15R_{28}$ и $R_0 = 0{,}10R_{28}$.

Приложение 10

Рекомендуемое

РАСЧЕТ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ РАСТВОРА ДЛЯ РАБОТ ПО НАГНЕТАНИЮ

Расчет дозировки составляющих, необходимых для приготовления инъекционных растворов, производится на основании заданного состава смеси (водоцементного В/Ц или водотвердого В/Т (Ц+П) отношений) и плотности этого раствора, определенной лабораторным путем.

Для цементных растворов задается соотношение цемента и воды, для смешанных растворов — соотношение твердых составляющих и консистенции (для определения консистенции необходимое количество воды определяется лабораторным путем на основании предварительного подбора).

Расчет составляющих для приготовления 1 м³ раствора производится следующим образом. Например, необходимо рассчи-

тать количество составляющих для приготовления чисто цементного раствора состава Ц : В = 1 : 2. Плотность этого раствора равна $\rho_р = 1{,}27$ т/м³ (определяется лабораторным путем).

Количество составляющих для приготовления 1 м³ рассчитывается по формулам:

$$Q_ц = \frac{\rho_р \cdot Ц}{m}, \quad (1)$$

$$Q_в = \frac{\rho_р \cdot B}{m}, \quad (2)$$

где $Q_ц$ и $Q_в$ — соответственно необходимое количество цемента и воды на 1 м³ раствора; m — общее количество раствора состава Ц : В = 1 : 2; m = Ц + В = 1 + 2 = 3 части.

Таким образом,

$$Q_ц = \frac{1{,}27 \cdot 1}{3} = 0{,}424 \text{ т};$$

$$Q_в = \frac{1{,}27 \cdot 2}{3} = 0{,}846 \text{ м}^3.$$

Аналогичным образом производится расчет составляющих для смешанных растворов, например, для раствора состава цемент : суглинок : песок = 1 : 2 : 4 с расплывом конуса 18 см. Лабораторным путем определяется, что для получения данной консистенции в растворе должно содержаться 3 ч. м. воды. Таким образом, состав смешанного раствора будет Ц : С : П : В = 1 : 2 : 4 : 3. Плотность такого раствора равна 1,72 т/м³. Общее количество раствора составит $m = 1+2+4+3 = 10$ частей. Затем по формулам (1) и (2) настоящего приложения рассчитывается массовая дозировка компонентов в растворе:

$$Q_ц = \frac{1{,}72 \cdot 1}{10} = 0{,}172 \text{ т};$$

$$Q_с = \frac{1{,}72 \cdot 2}{10} = 0{,}344 \text{ т};$$

$$Q_п = \frac{1{,}72 \cdot 4}{10} = 0{,}688 \text{ т};$$

$$Q_в = \frac{1{,}72 \cdot 3}{10} = 0{,}516 \text{ м}^3.$$

Плотность раствора может быть определена расчетным путем:

$$\rho_р = \frac{B + Ц}{\frac{B}{\rho_в} + \frac{Ц}{\rho_ц}} = \frac{3+1}{\frac{3}{1} + \frac{1}{3}} = 1{,}2 \text{ т/м}^3,$$

где $\rho_в$ и $\rho_ц$ — соответственно плотность воды и цемента.

Для определения расхода составляющих и раствора для заполнения определенного объема принимаются следующие допущения (для заполнительной и укрепительной цементации):

зацементированный массив пород представляет собой цилиндр;

радиус распространения раствора в пустотах и трещинах переменный (от 0,4 до 2,5 м) при раскрытии трещин от 0,5 до 2 мм;

объем пустот по отношению к объему инъектируемой породы для известняков равен 5,8%.

Выход цементного камня из 1 м³ раствора различной консистенции следующий (на основании лабораторных исследований):

$В/Ц_{исх}$	Цементный камень, м³
0,6	0,98
1,0	0,78
0,8	0,55

При круговом очертании туннельной выработки объем пустот $V_п$, м³ для туннельной цементации, подлежащих заполнению растворами, можно определить по формуле

$$V_п = \frac{\pi (D_2 - D_1)^2}{4} \cdot l \cdot \frac{f}{100}, \qquad (3)$$

где D_1 — диаметр туннеля по внешнему радиусу обделки, м; D_2 — диаметр цементируемого цилиндра, м; l — длина цементируемого участка, м; f — объемная трещиноватость породы.

Количество раствора $Q_р$, м³, необходимого для заполнения трещин и пустот, можно определить по формуле

$$Q_р = \frac{V_п}{V},$$

где V — выход цементного камня из 1 м³ раствора принятой консистенции, %.

Данные по расходу составляющих для приготовления 1 м³ раствора приведены в таблице.

Расход составляющих на 1 м³ раствора

$В/Ц_{исх}$	Состав раствора, ч. м.			Расход составляющих, кг		
	Ц	*П*	*В*	*Ц*	*П*	*В*
2,0	1	—	2,0	428	—	856
1,0	1	—	1,0	750	—	750
0,8	1	—	0,8	900	—	720
0,6	1	—	0,6	1070	—	642
2,0	1	1	2,0	372	372	744
1,0	1	1	1,0	590	590	590
0,8	1	1	0,8	670	670	536
0,6	1	1	0,6	770	770	462
2,0	1	2	2,0	324	648	648
1,0	1	2	1,0	480	960	480
0,8	1	2	0,8	532	1064	426
0,6	1	2	0,6	595	1190	357
2,0	1	0,5	2,0	400	200	800
1,0	1	0,5	1,0	665	332,5	665
0,8	1	0,5	0,8	770	385	612
0,6	1	0,5	0,6	910	455	546

Примечание. Расчет составляющих раствора приведен для $\rho_ц$=3,2 т/м³, $\rho_п$=2,8 т/м³.

Приложение 11
Рекомендуемое

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Подбор состава мелкозернистого бетона выполняют в следующем порядке:

назначают содержание песка в бетоне;

рассчитывают водоцементное соотношение;

рассчитывают количество компонентов: песка П, воды В, цемента Ц;

определяют содержание пластифицирующей и противоморозной добавок;

проводят лабораторные испытания и корректируют подобранный состав.

Содержание песка в мелкозернистом бетоне назначают из условия технологичности его укладки: для коротких анкеров отношение Ц : П = 1 : 0,5 ÷ 1 : 1, для глубоких анкеров Ц : П = = 1 : 0 ÷ 1 : 0,5.

Водоцементное отношение, необходимое для получения заданной марки мелкозернистого бетона, с учетом вовлеченного воздуха составит:

$$\frac{B + V_в}{Ц} = \frac{A \cdot R_ц}{R_{28} + 0{,}8A \cdot R_ц} = \frac{B}{Ц},$$

где $V_в$ — объем вовлеченного воздуха (4% от объема); R_{28} — заданная прочность мелкозернистого бетона в возрасте 28 суток, МПа; $R_ц$ — активность цемента, МПа; A — коэффициент, равный 0,75 для рядовых материалов.

Расход цемента получают из условия, что сумма абсолютных объемов составляющих мелкозернистого бетона равна 1 м³, т. е.

$$V_в + \frac{Ц}{\rho_ц} + B + \frac{П}{\rho_п} = 1000;$$

откуда

$$Ц = \frac{1000}{\frac{B + V_в}{Ц} + \frac{1}{\rho_ц} + \frac{п}{\rho_п}} \text{ или } Ц = \frac{1000}{\frac{B}{Ц} + \frac{1}{\rho_ц} + \frac{п}{\rho_п}},$$

где $\rho_ц$ и $\rho_п$ — соответственно плотность цемента и песка, кг/м³; п — соотношение между песком и цементом.

Расход песка $П = п \cdot Ц$; расход воды $B = 1000 - П/\rho_п - V_в$.

Количество противоморозной добавки (поташа) и пластифицирующей (СДБ) определяют в зависимости от температуры грунта согласно п. 3.9 настоящих ВСН.

Составы, используемые для омоноличивания железобетонных анкеров, должны обладать подвижностью, достаточной для транспортирования их по растворопроводам.

Для анкеров длиной до 4 м подвижность мелкозернистого бетона должна соответствовать осадке конуса 6—7 см, причем смесь не должна вытекать из шпура. Для анкеров длиной более 4 м подвижность смеси должна соответствовать осадке конуса 7—10 см.

Если состав обладает недостаточной подвижностью или срок сохранения подвижности будет менее 20 мин, необходимо повысить содержание пластифицирующих добавок. При этом можно принять, что увеличение количества СДБ на 0,1% (от массы цемента) позволяет увеличить подвижность на 23—30%.

Приложение 12

Рекомендуемое

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСТАВА СУХОЙ СМЕСИ ДЛЯ НАБРЫЗГБЕТОНА

Для предварительного определения расхода составляющих принимается соотношение цемента к заполнителям Ц : З = 1 : 2,4 ÷ 1 : 3,2 по массе (нижний предел — для свода, верхний — для стен) при расходах цемента на 1 м³ сухой смеси в пределах 400—470 кг. На стадии проекта состав бетонной смеси устанавливается расчетно-экспериментальным путем с учетом нормальной густоты цементного теста, реальной активности цемента в следующем порядке.

1. Определяется $З_с$ — относительное (к цементу) содержание заполнителя в сухой смеси по формуле

$$З_с = \frac{\alpha + C(1 + K НГ)}{1 + \alpha},$$

где α — коэффициент, характеризующий потери материала:

$0{,}14 \leqslant \alpha \leqslant 0{,}17$ — для стен,

$0{,}17 \leqslant \alpha \leqslant 0{,}30$ — для свода.

Минимальные значения α принимаются при проходке с использованием технологии гладкого взрывания и при включении в состав набрызгбетона добавок — ускорителей схватывания; максимальные значения α — при обычной технологии проходки и без ввода в состав набрызгбетона специальных добавок.

C — относительное содержание заполнителя в единице массы цементного теста:

$C = 1{,}57$ — для стен; $C = 1{,}33$ — для свода;

НГ — нормальная густота цементного теста;

K — отношение В/Ц к НГ, равное 1,51.

2. Устанавливается плотность сухой смеси. Навеска цемента $P_ц$ принимается произвольно (не менее 1 кг), перемешивается с навеской заполнителя в соотношении по массе

$P_ц : (P_ц \cdot З_с)$. При этом соотношение между мелким и крупным заполнителем в навеске заполнителей следует принимать равным $З_м : З_к = 2 : 1$, где $З_м$ — содержание мелкого заполнителя (песка) в смеси заполнителей; $З_к$ — содержание крупного заполнителя (щебня) в смеси заполнителей.

Определяется количество песка $P_м$ и щебня $P_к$ в навеске заполнителей $P_з$ (по массе) по следующим формулам:

$$P_з = P_м + P_к = P_ц \cdot З_с \text{ кг};$$

$$P_м = \frac{2}{3} P_ц \cdot З_с \text{ кг};$$

$$P_к = \frac{1}{3} P_ц \cdot З_с \text{ кг}.$$

Объем сухой смеси определяется после тщательного перемешивания навесок заполнителей с навеской цемента как средний результат трех частных измерений:

$$V_{сс} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3},$$

где $V_{сс}$ — объем сухой смеси, кг/м^3; V_1, V_2, V_3 — результаты частных измерений объемов сухой смеси соответственно в 1, 2 и 3-м опытах.

Объемный вес сухой смеси определяется по результатам трех измерений объема сухой смеси и рассчитывается по формуле

$$\gamma_{сс} = \frac{P_ц (1 + З_с)}{V_{сс}}.$$

3. Определяется фактический расход составляющих на 1 м^3 сухой смеси по следующим формулам:

$$Ц = \frac{\gamma_{сс}}{1 + З_с} \text{ кг}; \quad П = \frac{2}{3} Ц \cdot З_с \text{ кг}; \quad Щ = \frac{1}{3} Ц \cdot З_с \text{ кг}.$$

Окончательно состав сухой смеси должен проверяться и уточняться в результате экспериментальных нанесений на опытном участке выработки и назначаться бетонной лабораторией в качестве рабочего состава перед выполнением основного объема набрызгбетонных работ. При изменении проектной марки набрызгбетона или характеристик составляющих сухой смеси необходима корректировка ранее определенного рабочего состава.

Расход сухой смеси на 1 м^3 конструктивного набрызгбетона (с учетом перерасхода сухой смеси за счет технологических потерь при транспортировке, уменьшения объема материала при затворении сухой смеси и трамбующем самоуплотнении набрызгбетона, а также потерь материала «в отскок») должен составлять 1,8—2,2 м^3 при нанесении покрытия соответственно на стены и свод выработки. Фактический расход сухой смеси на 1 м^3 конструктивного набрызгбетона следует учитывать по формуле

$$V_{cc} = \frac{V_{нб}}{K},$$

где V_{cc} — фактический объем сухой смеси, поступающий к соплу, м^3; $V_{нб}$ — конструктивный объем набрызгбетона, нанесенный на поверхность выработки, м^3; K — приведенный коэффициент выхода конструктивного набрызгбетона по сухой смеси, равный отношению конструктивного объема набрызгбетона к фактическому расходу сухой смеси, выраженному в единицах объема, равный 0,55—0,46, причем верхний предел диапазона относится к стенам выработки, нижний — к своду.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 1
2. Монолитные бетонные и железобетонные обделки 2
Способы бетонирования 2
Материалы и подбор состава бетона 3
Подготовка блоков к бетонированию 4
Распалубливание обделки 5
Нагнетание растворов за обделку 6
3. Железобетонная анкерная крепь 7
Материалы и омоноличивающие мелкозернистые бетоны . . 7
Производство работ 8
4. Набрызгбетон 9
Материалы и составы бетона 9
Производство работ 11
Подготовка поверхности выработки 11
Приготовление, доставка и хранение сухой смеси 11
Нанесение набрызгбетона и уход за обделкой 12
5. Контроль качества 12
Входной контроль 12
Операционный контроль 12
Приемочный контроль 13
6. Техника безопасности 14
Приложение 1. Справочное. Основные термины и определения, применяемые в настоящих ВСН 16
Приложение 2. Рекомендуемое. Определение температуры бетонной смеси в момент укладки 17
Приложение 3. Справочное. Кинетика набора прочности литых бетонов с противоморозными добавками на среднеалюминатных портландцементах 18
Приложение 4. Обязательное. Область применения бетонов с противоморозными добавками 18
Приложение 5. Рекомендуемое. Методика подбора состава литой бетонной смеси 19
Приложение 6. Рекомендуемое. Методика учета влажности и фракционного состава заполнителей 20
Приложение 7. Рекомендуемое. Расчет параметров температурного режима твердения бетона 20
Приложение 8. Рекомендуемое. Программа «Поиск» 26
Приложение 9. Обязательное. Методика контроля температурного режима бетона обделки и окружающей среды 29
Приложение 10. Рекомендуемое. Расчет составляющих компонентов раствора для работ по нагнетанию 31
Приложение 11. Рекомендуемое. Методика подбора состава мелкозернистого бетона 34
Приложение 12. Рекомендуемое. Методика подбора состава сухой смеси для набрызгбетона 35

ВОЗВЕДЕНИЕ ОБДЕЛОК ПОДЗЕМНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

ВСН 36-86

Минэнерго СССР

Научные редакторы: *Г. Я. Гевирц, Л. Ф. Фурсов*
Редактор *Р. Н. Тиназова*
Технический редактор *Т. М. Бовичева*

Сдано в набор 09.10.86. Подписано в печать 29.12.86.
Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2.
Литературная гарнитура. Высокая печать. Печ. л. 2,5.
Кр.-отт. 2,625. Уч.-изд. л. 2,31. Тираж 800. Заказ 426.
Цена 35 к.

Типография ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева.
195220, Ленинград, Гжатская ул., 21.