

Методические рекомендации по замораживанию горных пород жидким азотом при проходке вертикальных стволов шахт

Белгород 1985

gost.e-ecolog.ru

Для изучения эффективности
использования источников
информации просим при про-
смотре издания поставить
подпись

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Управление горного производства

Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу
ВИОГЕМ

Утверждаю:
Директор института
И.Ф.Оксанич
8 мая 1985 года

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАМОРАЖИВАНИЮ ГОРНЫХ ПОРОД ЖИДКИМ АЗОТОМ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Белгород 1985

УДК 622.253.3

В рекомендациях освещены следующие вопросы: требования к исходным данным для проектирования; сведения по конструкции замораживающих колонок, распределителя, коллектора, магистрального питающего и отводящего азот трубопровода, соединениям питающих и отводящих азот трубам, контрольно-измерительным приборам; методика расчета горизонтального давления на ледопородное ограждение, средней температуры и прочности замороженных пород, толщины ледопородного ограждения, потребного количества жидкого азота и емкостей для его перевозки, продолжительности активного и пассивного замораживания горных пород; производство работ по бурению скважин, обезжириванию и монтажу замораживающей системы, монтажу контрольно-измерительных приборов и устройств, замораживанию горных пород и контролю технологических параметров, технике безопасности и приемке работ.

Методические рекомендации предназначены для проектирования и производства работ способом искусственного замораживания горных пород азотом при строительстве вертикальных отболов шахт и других подземных сооружений. Разработаны кандидатами технических наук С.А. Съединым и В.Ф.Мозговым (ВНИГЕМ) при участии инженеров В.Д.Качура (комбинат "Кривбассшахтопроходка") и Д.П.Трофимова (трест "Ворошиловградшахтопроходка") на основе научно-исследовательских работ, выполненных в 1975-1984 гг.

При внедрении технических решений принимали участие кандидаты технических наук Ю.А.Лаухин, Н.Т.Фатеев, Г.М.Крастошевский (ВНИГЕМ), инженеры Я.Л.Клыков, Г.М.Федорик, Ю.К.Носков, В.В.Пеланич (комбинат "Кривбассшахтопроходка"), Д.А.Гересимчук, В.С.Юров, Н.А.Холод, Г.Г. Голоха, И.В.Бондаренко, З.Р.Мурадьян, В.Н.Гуркаленко (трест "Ворошиловградшахтопроходка"); в разработке рабочих чертежей технологической оснастки оборудования для замораживания пород жидким азотом - инженеры В.Г.Королев, Е.П.Сергеев, Я.В.Мирошник, Ю.А.Сазонов, Н.М.Петецкая, В.И.Рудченко (ВНИГЕМ).

Рекомендованы к изданию секцией научно-технического совета института ВНИГЕМ 29 ноября 1984 г.

© Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВНИГЕМ), 1985.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие рекомендации предназначены для проектирования и производства работ по искусственному замораживанию водонасыщенных рыхлых и неустойчивых горных пород жидким азотом при проходке вертикальных стволов шахт, а также могут быть использованы при строительстве других подземных сооружений.

I.2. При выполнении работ по искусственному замораживанию горных пород жидким азотом следует руководствоваться Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденными Госгортехнадзором 19 мая 1970 г., Производственной инструкцией по обезжириванию четыреххлористым углеродом оборудования, труб и арматуры кислородных установок МСН-59-64 ГИСС СССР, а также настоящим руководством.

I.3. Применение способа замораживания пород жидким азотом обеспечивает создание надежного ледопородного ограждения при сооружении шахтных стволов с поверхности земли и на забоя в короткие сроки. Этот способ базируется на научно-обоснованных положениях по инженерному расчету и выбору параметров технологии замораживания пород жидким азотом и конструктивных элементов замораживающей системы: толщины ледопородного ограждения; диаметра окружности расположения замораживающих скважин; расстояния между замораживающими скважинами; диаметров и длин труб замораживающих колонок; конструктивных параметров магистрального трубопровода, распределителя и коллектора; аппаратуры и приборов контроля технологических параметров; расхода жидкого азота; необходимого количества цистерн для доставки жидкого азота к месту работ [I6,I7,I8,I9,20].

I.4. Искусственное замораживание горных пород жидким азотом следует применять в том случае, когда необходимо в кратчайшие сроки создать ледопородное ограждение необходимой толщины для обеспечения безопасных условий работ в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, которые характеризуются наличием засоленных и термальных вод, неустойчивых водоносных пород (песка, супеси, суглинка, глины и т.п.), плывунов с малыми коэффициентами теплопроводности мощностью до 25 - 30 м [I7,I8,I9].

Замораживание жидким азотом может применяться и в устойчивых водоносных породах, когда другие специальные способы не эффективны или не обеспечивают успешную проходку шахтных стволов.

I.5. Искусственное замораживание горных пород жидким азотом должно обеспечить водонепроницаемость и прочность ледопородного ограждения при проходке ствола, максимальную скорость создания ледопо-

родного ограждения и сооружения вертикального ствола в конкретных инженерно-геологических условиях.

I.6. При замораживании пород азотом не допускается поступления подземных вод как по контуру, так и со стороны забоя ствола, для этого ледопородное ограждение должно быть заглублено в водоупор. В случае отсутствия водоупора забой ствола должен быть проморожен на необходимую толщину днища, определяемую расчетом.

I.7. Работы по искусственному замораживанию горных пород жидким азотом допускается производить только по проекту замораживания, увязанному с проектом организации строительства вертикального ствола.

I.8. По завершении отдельных этапов и по окончании замораживания пород жидким азотом производится приемка выполненных работ в целом.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ ДАННЫМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.I. Генеральная проектная организация, проектирующая строительство горного предприятия, обеспечивает специализированную организацию, разрабатывающую проект искусственного замораживания горных пород жидким азотом, инженерно-геологической и гидрогеологической характеристикой участка работ, технической характеристикой шахтного ствола.

2.2. Инженерно-геологическая характеристика участка проходки ствола способом замораживания пород жидким азотом должна содержать следующие данные: тектоническое строение; геологический разрез пород по стволу с указанием их литологического состава, глубины залегания, мощности пластов и отдельных напластований; физико-механические и теплофизические характеристики горных пород в естественном и замороженном состояниях (плотность, прочность, угол внутреннего трения, теплоемкость, теплопроводность, пористость, влажность); температуру горных пород до начала их замораживания.

2.3. Гидрогеологическая характеристика участка сооружения ствола, составленная на основании анализа материалов гидрогеологического заключения по результатам бурения контрольно-технической скважины включает характеристику водоносных горизонтов, их мощность и глубину залегания; гидростатические напоры подземных вод; коэффициенты фильтрации горных пород; прогнозные притоки воды в ствол; химический состав и минерализацию подземных вод; скорость и направление фильтрационного потока на участке замораживания пород.

2.4. Техническая характеристика ствола включает назначение ствола, проектную глубину, диаметр в проходке и свету, вид и параметры

крепи, отметки устья и забоя ствола.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТНЫМ РАБОТАМ

3.1. Проект искусственного замораживания горных пород жидким азотом должен быть увязан с проектом производства основных работ.

3.2. Бурение замораживающих, термоконтрольных и гидронаблюдательных скважин следует производить в соответствии с проектом.

3.3. Величина заглубления замораживающих колонок в водоупорные породы, залегающие ниже замораживаемого горизонта, определяется проектом.

3.4. Конструкция замораживающих скважин определяется проектом в зависимости от геологических и гидрогеологических условий пересекаемых горных пород, способа и глубины бурения, направления скважин.

3.5. Для бурения замораживающих скважин глубиной 25–30 м длина кондуктора принимается не менее 3,0 м. В целях обеспечения минимальных отклонений скважин от заданного направления рекомендуется применять кондуктор [18,19] для направленного бурения с плавающим кольцом, рис. 3.1.

3.6. При замораживании горных пород жидким азотом из забоя ствола замораживающая система включает замораживающие колонки, кольцевой распределитель, коллектор, магистральный трубопровод для подачи жидкого азота и отвода газообразного азота из колонок в атмосферу, транспортные цистерны [18,19], рис. 3.2.

3.7. Замораживающие колонки, в зависимости от их длины, соединяются по последовательной [1,16,17] и реверсивной [2,16,18] схемам (рис. 3.3).

3.8. Замораживающая колонка состоит из питающей и отводящей труб, съемной головки, башмака, выполненного в форме конуса длиной 150 мм. Нижний конец питающей трубы должен не доходить до башмака на 500 мм. Для изготовления замораживающих труб рекомендуются бесшовные стальные трубы диаметром 57 х 3,5 – 89 х 4,5 мм, а для изготовления питающих и отводящих труб-бесшовные стальные трубы диаметром 10 х 2,5 – 38 х 3,0 мм [15,18,19].

3.9. Для уменьшения гидравлического сопротивления и температурных потерь по длине колонки питающие и отводящие газ трубы рекомендуется располагать эксцентрично [4,10,11].

3.10. Для изготовления питающего магистрального трубопровода и распределителя жидкого азота применяют медные, латунные или из нержавеющей стали трубы диаметром 25 х 2,5 – 32 х 2,5 мм, которые монтируются на разъемных резьбовых соединениях. Для изготовления но-

жуха магистрального трубопровода рекомендуется применять стальные цельнотянутые трубы диаметром 57 х 3,5 - 60 х 3,0 мм [7,I5,I9].

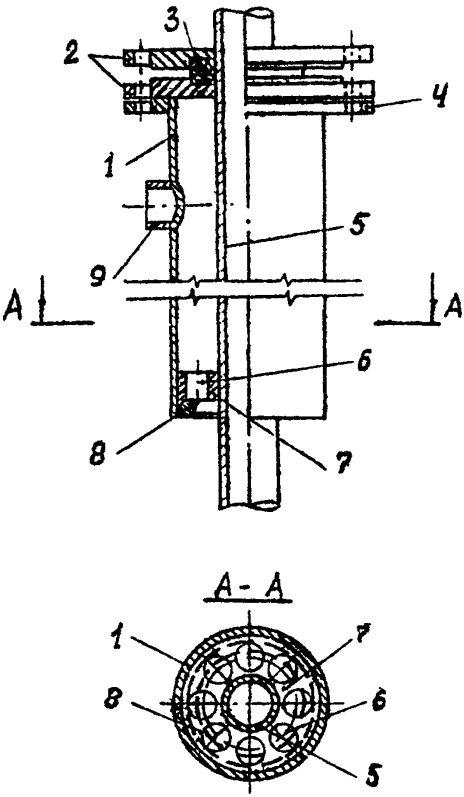


Рис. 3.I. Кондуктор:
I - корпус; 2 - фланцы; 3 - сальник; 4-фланец; 5 - буровая штанга; 6 - отверстие для отвода глинистого раствора; 7 - кольцо плавающее;8 - кольцо опорное

3.II. Для изготовления коллектора применяют стальной трубопровод диаметром I08 - II2 мм [I5,I8,I9].

3.I2. Для регулирования подачи жидкого азота в колонки по реверсивной схеме на каждом блоке предусматривают установку "холодных" вентилей.

3.I3. Соединение отводящих трубопроводов замораживающих колонок с коллектором предусматривают гибкими резиновыми шлангами диаметром 32 х 8,0 - 38 х I0 мм с установкой на отводящем трубопроводе регулировочного латунного вентиля [I8, I9].

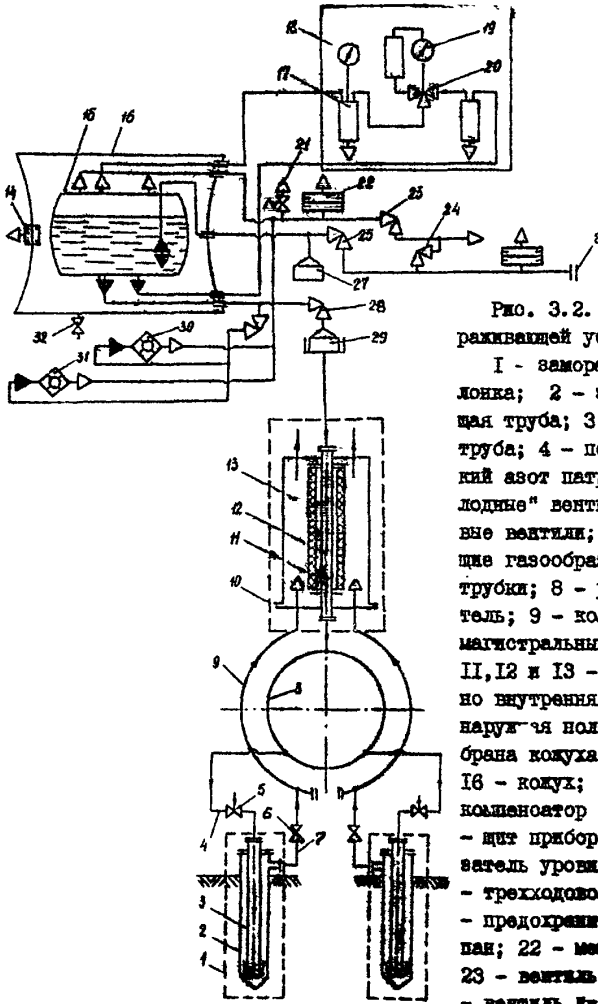


Рис. 3.2. Схема замораживающей установки:

I - замораживающая колонка; 2 - замораживающая труба; 3 - питающая труба; 4 - подводящие жидкий азот патрубки; 5 - "холодные" вентили; 6 - газовые вентили; 7 - отводящие газообразный азот патрубки; 8 - распределитель; 9 - коллектор; I0 - магистральный трубопровод; II, I2 и I3 - соответственно внутренняя, средняя и наружная полости; I4 - мембрана кожуха; I5 - сосуд; I6 - кожух; I7 - баллон-компенсатор (3 шт.); I8 - щит приборов; I9 - указатель уровня (УИК-6); 20 - трехходовой вентиль; 2I - предохранительный клапан; 22 - мембрана (2 шт.); 23 - вентиль Ду 40; 24 - вентиль Ду I5; 25 - вентиль Ду 65; 26 - гайка "РОТ"; 27 - штуцер подсоединения к АИДС; 28 - вентиль Ду 25 (2 шт.); 29 - штуцер слива; 30 - испаритель (правый); 3I - испаритель (левый); 32 - вентиль сильфонный

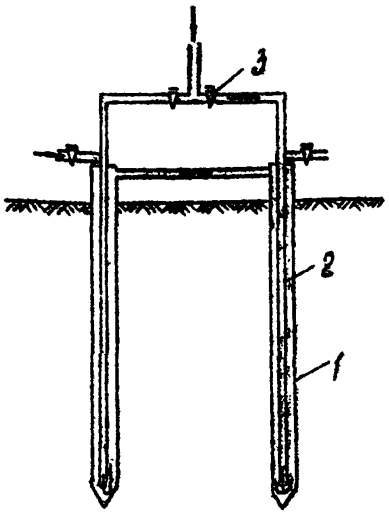


Рис. 3.3. Схема соединения замораживающих колонок в блоки:
1 – замораживающая труба; 2 – питающая труба; 3 – "холодный" вентиль

3.14. На наружной поверхности замораживающих колонок одного из контрольных блоков предусматривают установку термопар по длине колонок через каждые 10 м с обязательной установкой у башмака колонки.

3.15. Распределитель замораживающей системы снабжают техническим манометром с пределом измерения 0,5 – 1 МПа для контроля давления в период монтажа и работы системы.

3.16. Перед монтажом труб замораживающих колонок, соединительных трубопроводов колонок с распределителем, питающего магистрального трубопровода, запорной арматуры и штуцера манометра предусматривают их обезжиривание.

3.17. Для уменьшения потерь жидкого азота и предотвращения образования газообразных пробок в жидкостной сети трубопроводов предусматривают их теплоизоляцию.

3.18. Контроль работы замораживающих колонок и процесса формирования ледопородного ограждения рекомендуется производить дистанционно с помощью термопар и самописца типа КСП-2, КСП-4 [15, 18, 19].

3.19. Перед заправкой транспортных емкостей азотом предусматривают их обезжиривание спиртом ректификатом.

3.20. Радиус окружности расположения забоев замораживающих скважин определяется в зависимости от внешней нагрузки на ледопородное ограждение и длительной прочности замороженных пород в соответствии с техническим решением [3, 19] по формуле

$$\frac{R_c}{R_в} \geq 1 + 0{,}6\sqrt{\frac{P_н}{\sigma_s}}\,, \qquad (3.1)$$

где $R_в$ – радиус ствола в проходке, м; $P_н$ – величина горизонтального давления на ледопородное ограждение, МПа; σ_s – пре-

дел длительной прочности замороженных пород на одноосное сжатие, МПа.

3.21. Величина горизонтального давления на ледопородное ограждение определяется по формуле [6,13]

$$P_н = P_г + P_в \ , \qquad (3.2)$$

где $P_н$ - величина горизонтального давления на ледопородное ограждение, МПа; $P_в$ - гидростатическое давление воды, МПа; $P_г$ - величина горного давления, МПа, которая рассчитывается из выражения

$$P_г = \left(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_n h_n\right) tg^2 \frac{90-\varphi}{2} \ , \qquad (3.3)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$ - плотность пересекаемых горных пород, кг/м^3; $h_1, h_2, \ldots, h_n$ - мощность слоев горных пород, м; φ - угол внутреннего трения пород на расчетном горизонте.

Величина горизонтального давления для рыхлой толщи плывучих пород (глины, мела, мергеля и др.) при отсутствии достаточно достоверных данных их физико-механических свойств может быть определена исходя из закономерности распределения градиента горизонтального давления от глубины их залегания по формуле [3,19]

$$P_н = \Delta P H \ , \qquad (3.4)$$

где ΔP - градиент горизонтального давления, изменяющийся по глубине в соответствии с закономерностью, рис. 3.4; H - глубина от поверхности земли, м.

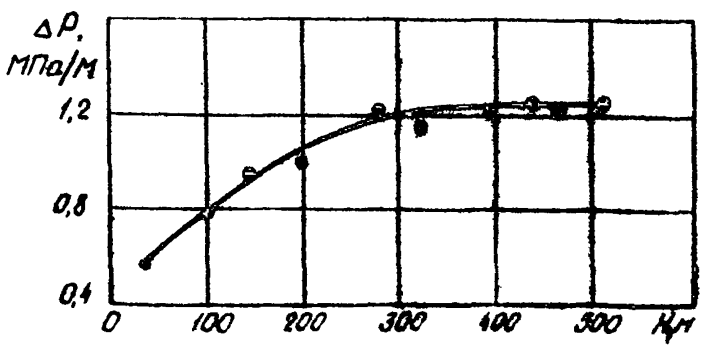


Рис. 3.4. График изменения градиента давления по глубине

Для однородной толщи плывунов величина давления определяется по формуле [6, I3]

$$P_н = A_p \gamma H, \qquad (3.5)$$

где A_p – коэффициент бокового распора для мелкозернистых песков и плывунов, равный 0,757.

3.22. Предел прочности замороженных песков и глин определяется по формуле [I2,I3, I4]

$$\sigma_s = a + b\,|t_{ср}|, \qquad (3.6)$$

где σ_s – предел прочности пород, МПа; a и b – коэффициенты, принимаемые в зависимости от пористости и влажности горной породы согласно данным табл. 3.I; $t_{ср}$ – средняя температура замороженных пород, °С.

Таблица 3.I

Порода	Пористость, %	Весовая влажность, %	a	b
Песок пылеватый	42	I5,0	8,6	3,67
		23,0	II,5	5,20
Глина	40	I4,7	I0,2	3,I2
		24,0	I5,7	3,50

3.23. Средняя температура замороженных пород ледопородной стенки определяется по формуле [9,II,I7]

$$t_{ср} = 0{,}5\, t_{2п} K_т, \qquad (3.7)$$

где $t_{2п}$ – температура азота в межтрубном пространстве колонки на забое замораживающей скважины, °С; $K_т$ – коэффициент, характеризующий термическое сопротивление ледопородной стенки, определяемый по формуле

$$K_т = \frac{\frac{\pi R_з}{\ell_c} - 0{,}695}{\frac{1}{Bi_з} + \ell n \frac{\ell_c}{2\pi r_к} + \frac{\pi R_з}{\ell_c}}, \qquad (3.8)$$

где $R_з$ – радиус промерзания вокруг одиночного ледопородного цилиндра, м; ℓ_c – расстояние между замораживающими скважинами, м; $r_к$ – наружный радиус замораживающей колонки, м; $Bi_з$ – крите-

рий граничных условий Био [10, 11, 17].

$$Bi_3 = \frac{\alpha_3 r_0}{\lambda_м}, \qquad (3.9)$$

где α_3 – коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности замораживающей трубы колонки к азоту межтрубного пространства, Вт/м^2 х х ^{0}С; r_0 – внутренний радиус трубы замораживающей колонки, м; $\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности замороженных пород, Вт/м · ^{0}С.

Коэффициент $K_т$ при пассивном замораживании пород азотом в случае, когда $Bi_3 = 2,0$, расстояние между замораживающими скважинами составляет 0,5 – 1,0 м, радиус промерзания вокруг колонок 0,5 – 1,0 м, наружный радиус колонки 0,0285 – 0,0445 м, принимается равным 0,6 – 0,8 [19].

Так как наиболее целесообразно применение азота для формирования ограждений толщиной не более 2,0 – 2,5 м, то средняя температура замороженных пород определяется по формуле [17, 19]

$$t_{ср} = 0,3\, t_{2п}. \qquad (3.10)$$

$$t_{2п} = t_{бх} K_п, \qquad (3.11)$$

где $t_{бх}$ – температура прямого азота на устье замораживающей скважины, ^{0}С; $K_п$ – коэффициент температурных потерь по длине скважины, определяемый по формуле [17, 19].

$$K_п = \frac{a_1 a_2 (r_1 - r_2)}{a_1 r_1 - a_2 r_2}. \qquad (3.12)$$

$$a_1 = e^{r_1 H}; \qquad a_2 = e^{r_2 H}; \qquad (3.13)$$

$$r_1 = \frac{A_2}{2}\left(1 + \sqrt{1 + 4\frac{K_1}{K_2}}\right); \qquad (3.14)$$

$$r_2 = \frac{A_2}{2}\left(1 - \sqrt{1 + 4\frac{K_1}{K_2}}\right); \qquad (3.15)$$

$$A_2 = \frac{K_2}{G\, C_a\, \rho_a}, \qquad (3.16)$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты теплопередачи соответственно через стенку питающей и замораживающих труб, Вт/м·°С; G – расход азота в колонке, м³/с; C_a – теплоемкость азота, кДж/кг·°С; ρ_a – плотность азота, кг/м³; H – длина колонки, м.

Коэффициент температурных потерь $K_п$ в газовой колонке длиной 25 – 30 м составляет 0,8 – 0,9 [17].

В этом случае средняя температура замороженных пород ограждения на конечной глубине замораживания 25 – 30 м вокруг газовых колонок определяется по формуле [17, 18, 19]

$$t_{ср} = 0{,}24\, t_{бх}. \qquad (3.17)$$

3.24. Средняя температура замороженных пород ограждения на участке жидкостных колонок определяется по формуле [18, 19]

$$t_{ср} = 0{,}3 t_к(P_a), \qquad (3.18)$$

где $t_к(P_a)$ – температура кипения азота в зависимости от его давления в колонке на заданной глубине, определяемая по графику, рис. 3.5.

Давление азота P_a в колонке определяется в этом случае по формуле

$$P_a = \rho_a H + P_ц, \qquad (3.19)$$

где H – глубина подачи жидкого азота с поверхности земли, м; $P_ц$ – рабочее давление азота в транспортной цистерне, МПа.

3.25. Толщина ледопородного ограждения при высоте заходки $h_з \geqslant R_б$ по условию прочности определяется из выражения [17, 19]

$$\bar{E} = \sqrt{\bar{P}_н}, \qquad (3.20)$$

где $\bar{E} = E/R_б$ и $\bar{P}_н = P_н/\sigma_з$. (3.21)

В этом случае закономерность изменения обобщенной толщины ограждения $\bar{E}$ по глубине (рис.3.6) хорошо согласуется с закономерностью фактического изменения градиента давления (см. рис. 3.4).

3.26. Количество замораживающих скважин рассчитывается по формуле

$$N_c = \pi D_c / \ell_c, \qquad (3.22)$$

где N_c – количество скважин, шт.; D_c – диаметр окружности рас-

положения замораживающих скважин, м.

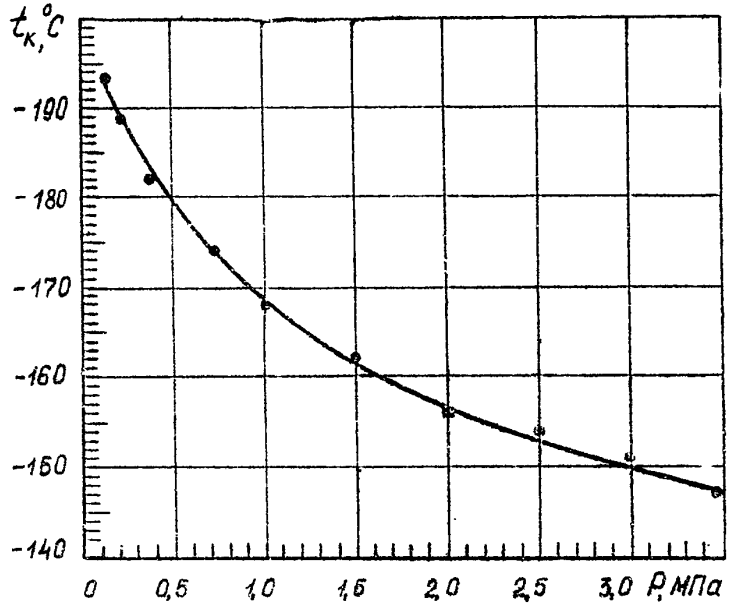


Рис. 3.5. График изменения температуры кипения азота от давления

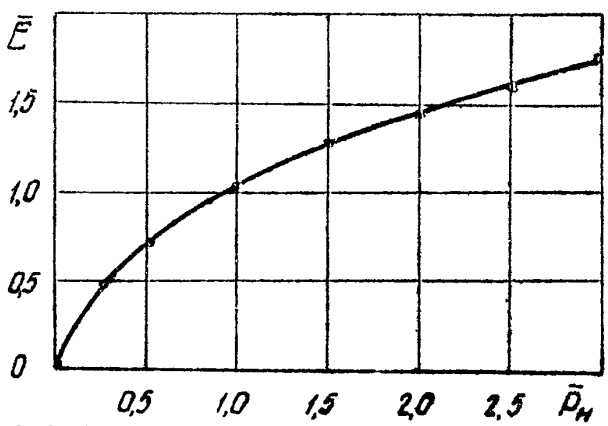


Рис. 3.6. График изменения толщины льдопородного ограждения от величины горизонтального давления

3.27. В целях сокращения сроков формирования ледопородных ограждений толщиной I,0 – 2,5 м с применением жидкого азота расстояние между замораживающими скважинами рекомендуется принимать 0,5–I,0 м [I2, I5, I8, I9].

3.28. Количество жидкого азота, необходимого для активного замораживания горных пород с учетом I0% его потерь, определяется по формуле [I9,20]

$$G_a = I,I\ \rho_a V_a V_n\ , \qquad (3.23)$$

где G_a – количество жидкого азота, кг; ρ_a – плотность жидкого азота, принимаемая 800 кг/м^3; V_a – расход жидкого азота на I м^3 породы, по данным практики принимается в пределах 0,5–0,8 м^3 [7, I6,20]; V_n – объем замороженных пород, м^3.

3.29. Потребное количество жидкого азота на активное замораживание горных пород рассчитывается в следующей последовательности [9, I2, I9]:

$$G_a = Q_x / q_T\ . \qquad (3.24)$$

где Q_x – количество холода, потребное на замораживание пород, кДж; q_T – теплосодержание азота, кДж/кг.

$$Q_x = (q_1 + q_2 + q_3 + q_4)\, V_n\ , \qquad (3.25)$$

где q_1 – количество холода, необходимого для охлаждения воды, заключенной в I м^3 горной породы, от естественной температуры t_e до температуры замерзания t_0, кДж; q_2 – количество холода, необходимого для превращения воды, содержащейся в I м^3 горной породы, в лед, кДж; q_3 – количество холода, необходимого для охлаждения I м^3 льда от температуры замерзания воды t_0 до средней температуры замороженных пород ограждения t_{cp}, кДж; q_4 – количество холода, потребного для охлаждения твердых частиц горных пород от начальной температуры талых пород t_n до средней температуры замороженных пород t_{cp}, кДж.

$$q_1 = C_в\, \rho_в\, (t_e - t_0)\, V_в\ , \qquad (3.26)$$

где $C_в$ – удельная теплоемкость воды, равная 4,I9 кДж/кг·°С; $\rho_в$ – плотность воды, равная I000 кг/м^3; $V_в$ – объем воды в I м^3 горной породы, м^3, определяемый из выражения

$$V_в = \kappa_в\, n\ , \qquad (3.27)$$

где $K_в$ – коэффициент заполнения пор водой, равный 0,7 – I,0;
n – пористость горных пород, доли единиц.

$$q_2 = q_л \rho_в V_в , \qquad (3.28)$$

где $q_л$ – скрытая теплота льдообразования, равная 335,2 кДж/кг.

$$q_3 = C_л \rho_л (t_0 - t_{ср}) V_л , \qquad (3.29)$$

где $C_л$ – удельная теплоемкость льда, равная 2,I кДж/кг · °С;
$\rho_л$ – плотность льда, равная 900 кг/м^3; $V_л$ – объем льда в I м^3 пород, принимаемый равным объему воды $V_в$, м^3

$$q_4 = C_c \rho_c (t_п - t_{ср}) V_c , \qquad (3.30)$$

где C_c – удельная теплоемкоть скелета горных пород, принимаемая соответственно для песка, супеси, суглинка и глины 0,69; 0,73; 0,77 и 0,82 кДж/кг · °С; ρ_c – плотность скелета пород, кг/м^3;
V_c – объем твердых частиц скелета горных пород в I м^3, равный I – n .

Теплосодержание азота $q_т$ определяется из выражения [I2,I9]

$$q_т = q_ф + q_г , \qquad (3.3I)$$

где $q_ф$ – скрытая теплота парообразования или испарения азота, кДж/кг, рис. 3.7.

Теплота испарения азота в колонке на заданной глубине определяется в зависимости от давления и температуры испарения [I2,I9].

Давление испарения азота в колонке на заданной глубине

$$P_и = \rho_а (h_з + h_у) + P_ц \qquad (3.32)$$

где $h_з$ – высота заходки замораживания, м; $h_у$ – превышение уровня азота в цистерне над замораживающей колонкой, м; $P_ц$ – давление в транспортной цистерне, МПа.

При высоте заходки замораживания 25 – 30 м, превышении уровня азота 3,0 м и давлении в цистерне 0,2 МПа давление испарения в колонке на конечной глубине замораживания будет 0,42 – 0,46 МПа, температура кипения минус I8I – минус I79 °С [I9].

Количество тепла $q_г$, приобретенного азотом, определяется по изменению энтальпии (рис.3.8) при нагревании азота от температуры испарения до температуры на выходе замораживающих колонок в коллектор системы, равной минус 70 – минус 80 °С [I5,I9].

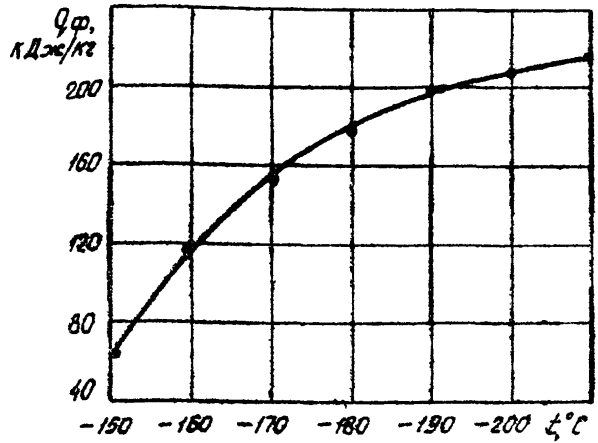


Рис. 3.7. График изменения теплоты испарения азота от температуры

3.30. Время активного замораживания горных пород жидким азотом определяется по формуле [18,19]

$$\tau_a = G_a / G_ч , \qquad (3.33)$$

где G_a – общее количество азота, потребное для активного замораживания пород, кг; $G_ч$ – расход жидкого азота, кг/с(кг/ч, кг/сут).

Как показала практика, расход жидкого азота зависит от производительности кислородного завода-поставщика и грузооборота. При поставке жидкого азота с кислородного завода автомобильным транспортом общей грузоподъемностью 18 – 20 т по автотрассе с твердым покрытием расход жидкого азота составляет 0,278 – 0,417 кг/с (1000 – 1500 кг/ч) [17,18]. Параметры режима работы колонок рекомендуется также определять, применяя ЭВМ [8,18,19].

3.31. Расход жидкого азота в единицу времени при работе всех колонок в режиме хранения азота рассчитывается по формуле [17,19]

$$G_ч = G_0 N L , \qquad (3.34)$$

где G_e – расход азота на I м колонки, кг/м·ч; N – количество колонок, шт.; L – общая длина труб колонок, м.

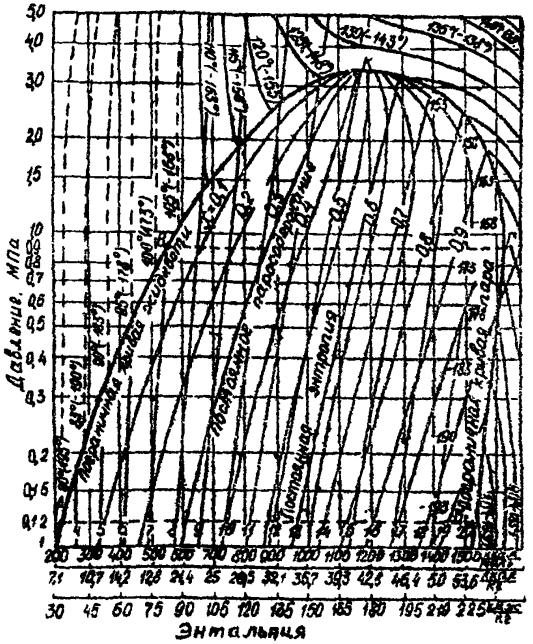


Рис. 3.8. Диаграмма J – P (энтальпия – давление)

$$G_e = \frac{2\pi\lambda_м t_к}{q_ф \ln r/r_к}, \qquad (3.35)$$

где r – текущий радиус промерзания вокруг колонки, м.

Для расчета расхода азота при $t_к = -196\ ^{\circ}C$ и $q_ф = 200$кДж/кг применяются формула [19]

$$G_q = 6{,}2\ \frac{\lambda_м}{\ln \bar{r}/r_к}, \qquad (3.36)$$

где $\bar{r} = r/r_к$, и график (рис.3.9).

В соответствии с расчетами по формуле (3.36) при изменении радиуса промерзания в пределах $0{,}I \le r \le I{,}0$ м и радиуса колонки в пределах $0{,}0285 \le r_к \le 0{,}0445$ (диаметр колонки 0,057 –

- 0,089 м) удельный расход жидкого азота изменяется в пределах 20,4 - 72 кг/м·ч.

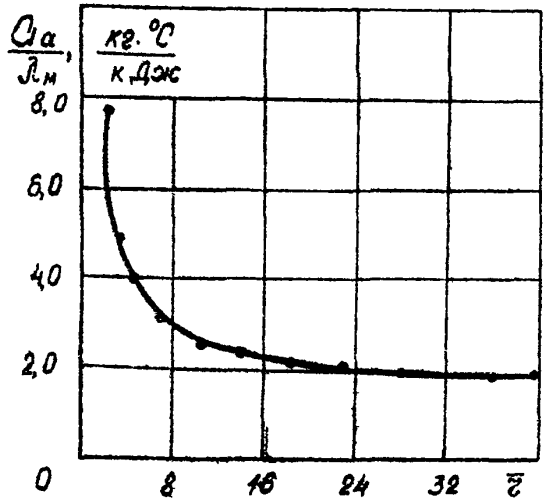


Рис. 3.9. График изменения расхода жидкого азота в колонке от радиуса промерзания ледопородного цилиндра

3.32. Потребное количество жидкого азота на пассивное замораживание пород [17, 19]

$$G_п = \frac{Q_п\, \tau_п}{q_ф + q_г}, \qquad (3.37)$$

где $Q_п$ - теплоприток к ограждению за период пассивного замораживания пород, кДж/ч.

$$Q_п = \frac{1{,}13\, t_п \sqrt{\lambda_т C_т \rho_т}}{\sqrt{\tau_п}} F, \qquad (3.38)$$

где $C_т$ - удельная теплоемкость талых горных пород, кДж/кг·°С; $\tau_п$ - время пассивного замораживания пород, ч; F - наружная поверхность ледопородного ограждения, м^2.

Количество азота исходя из формул (3.37) и (3.38) определяется по зависимости

$$G_п = \frac{1{,}13\, t_п \sqrt{C_т \rho_т \lambda_т \tau_п}}{q_ф + q_г} F. \qquad (3.39)$$

Время пассивного замораживания пород $\tau_п$ определяется исходя из длины участка и скорости сооружения ствола.

3.33. Для наблюдения за процессом замораживания горных пород должно быть предусмотрено бурение контрольных скважин: центральной гидронаблюдательной, оборудованной фильтром, для наблюдения за изменением уровня подземных вод с целью определения смыкания ледопородного ограждения по всему контуру; термоконтрольных – не менее двух в замковой плоскости контрольного блока колонок и не менее двух возле блоков колонок, находящихся на максимальном удалении от магистрального трубопровода.

3.34. Цистерны для перевозки и подачи азота в замораживающую систему подбирают, учитывая потребное количество жидкого азота на активное замораживание пород G_{α}(кг); количество жидкого азота $P_{ц}$, заливаемого в цистерну без учета 200 кг нормального остатка (кг) (4000 кг – ЦТК-5,0/0,25 или 5470 кг – ЦТК-8,0/0,25); расход жидкого азота $G_{ч}$ на замораживание пород (кг/с, кг/ч); среднюю скорость транспортировки жидкого азота, равную 40 км/ч; расстояние от кислородного завода до объекта строительства L, принимаемое равным 100 км; время наполнения азотом одной цистерны – 1 ч [5,7,15,19].

Количество цистерн указанного типа определяется исходя из выражения [18,19]

$$n_{ц} = \tau_{п} / \tau_{е} , \qquad (3.40)$$

где $\tau_{п}$ – минимально необходимое время полного оборота на машино-ездку (без учета числа автомашин), ч, $\tau_{е}$ – время, необходимое на одну машино-ездку, ч.

$$\tau_{п} = \frac{L}{V} + \tau_{н} + \tau_{оп} , \qquad (3.41)$$

где $\tau_{оп}$ – время слива азота из цистерны в замораживающую систему, ч,

$$\tau_{оп} = P_{ц} / G_{ч} . \qquad (3.42)$$

$$\tau_{е} = \tau_{ц} / n_{е} , \qquad (3.43)$$

где $n_{е}$ – необходимое число машино-ездок,

$$n_{е} = G_{\alpha} / P_{ц} \qquad (3.44)$$

На основании указанных расчетов строится график грузооборота ав-

тотранспорта в период активного и пассивного замораживания горных пород.

4. БУРЕНИЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩИХ И КОНТРОЛЬНЫХ СКВАЖИН, МОНТАЖ ЗАМОРАЖИВАЮЩИХ КОЛОНОК

4.I. Замораживающие и термометрические скважины для замораживания горных пород жидким азотом относятся к классу специальных. Поэтому оборудование и технология, выбранные для их бурения, должны обеспечивать направленное бурение скважин в сложных горно-геологических условиях с минимальным отклонением скважин от заданного направления и предотвращением выноса горных пород, возможность установки в замораживающих и контрольных скважинах термодатчиков.

4.2. Перед началом бурения устья скважин должны быть оборудованы кондуктором с плавающим кольцом (см. рис. 3.I).

4.3. Бурение замораживающих скважин для размещения в них колонок диаметром 57 - 89 мм может осуществляться вращательным способом с применением станка НКР-100М и трехшарошечного долота диаметром 76 - II2 мм [7,I5].

4.4. Перед началом работ станок тщательно устанавливается для заданного направления бурения. После проработки станка вхолостую в течение 30 - 40 с производят контрольную проверку правильности установки станка. В дальнейшем проверку заданного направления бурения и установки станка производят через каждые 2,0 м бурения скважин и при необходимости производят корректировку.

4.5. Бурить скважины вращательным способом необходимо с промывкой глинистым раствором, качество которого должно систематически контролироваться.

4.6. Глинистый раствор должен удовлетворять следующим условиям (при температуре ниже I5 °С): плотность II50 - I250 кг/м^3 по ареометру; вязкость 20 - 25 с по стандартному полевому вискозиметру СПВ-5 [6,I5].

4.7. При приготовлении глинистого раствора рекомендуется исходить из количества глины и воды на I м^3 раствора [6], приведенных в табл. 4.I.

4.8. Глинистый раствор для сохранения постоянства требуемых показателей должен очищаться от шлама и периодически заменяться.

4.9. По окончании бурения скважины на проектную глубину буровой инструмент поднимают от забоя на I50-200 мм и в течение 20-30 мин с вращением инструмента производят промывку скважины без подачи ин-

струмента на забой. Затем буровой инструмент быстро извлекают и немедленно опускают в скважину замораживающую трубу, предварительно обезжиренную на поверхности четыреххлористым углеродом [7, I5, I7].

Таблица 4.I

Параметры глинистого раствора			
Плотность, кг/м^3	Содержание глины, по массе, %	Потребное количество на I м^3	
		глины в воздушно-сухом состоянии, кг	воды, л
II00	I5	I65	935
II40	20	230	9I0
II70	25	290	880
I200	30	360	840
I240	35	430	8I0
I290	40	520	770

4.I0. Бурение (пробивание) замораживающих и контрольных скважин для замораживания пород жидким азотом в горных породах I, II и III категории (песок, суглинок, глина, мергель и др.) с коэффициентом крепости по шкале Протодьяконова 0,4 – I,5 может осуществляться серийно выпускаемым пневмопробойником ИП-4605, дающим прямолинейную скважину диаметром 90 – I50 мм с гладкими уплотненными стенками [9].

4.II. Замораживающие скважины должны буриться ниже глубины замораживания на величину отстоя шлама, но не менее I м [6, I5].

4.I2. Трубы, составляющие замораживающую колонку, должны соединяться муфтами на резьбе с обваркой соединений высококачественными электродами. При монтаже замораживающих колонок производится опрессовка сжатым воздухом каждого звена давлением 0,5 – 0,6 МПа в течение 5 – I0 мин [7, I7].

4.I3. Перед спуском колонок в скважины контрольного блока на внешней поверхности каждой колонки привариваются стальные трубки, в которых монтируются термопары из провода ПКГВ-МК-2-2,5 ГОСТ 5.I236-72 [I7, I8, I9].

4.I4. На каждой замораживающей колонке должна быть вывешена табличка с указанием ее номера.

4.I5. Термоконтрольные и гидронаблюдательная скважины бурятся так же.

4.I6. В термоконтрольную скважину опускаются колонки с конусным башмаком, которые опрессовываются при монтаже на максимальное

гидростатическое давление воды горных пород.

4.17. По окончании бурения скважин, монтажа замораживающих колонок или обсадных труб производится съемка скважин в плане и по высоте от оси ствола. За устье принимается центр верха замораживающей колонки, расположенной в устье кондуктора на момент измерения ее искривления.

4.18. Измерение искривлений скважины осуществляют путем опускания в скважину источника света. После ухода источника света за пределы видимости ведется наблюдение за отсветом с фиксацией его глубины и направления отклонения (влево, вниз, вправо, вверх). Искривления скважин за пределами видимости источника света должны измеряться инклинометрами, которые выбираются в зависимости от конструкции скважины и требуемой точности измерений. После измерения составляются исполнительные чертежи.

4.19. Фактическая длина пробуренных замораживающих скважин определяется измерением длины опускаемых питающих труб, при этом ошибка в определении длины скважины не должна превышать 50 мм.

5. МОНТАЖ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СЕТИ

5.1. Замораживающая сеть включает замораживающие колонки с головками, распределитель, коллектор, магистральный трубопровод, соединительные патрубки с "холодными" вентилями, отводящие газ трубопроводы с вентилями, цистерну для слива азота с гибким трубопроводом (см. рис. 3.2).

5.2. Перед монтажом замораживающей сети производится ее обезжиривание.

5.3. После обсадки замораживающих скважин производится обрезка кондукторов резаком с применением кислорода и горючей смеси пропан-бутан. Обрезка трубы кондуктора осуществляется с превышением над бетонной подушкой 100 - 150 мм. Затем аналогично обрезают трубы замораживающих колонок на высоте 150-200 мм от торца трубы кондуктора.

5.4. На поверхности земли изготавливаются питающие трубы колонок вместе с головками, которые перед спуском в ствол и монтажом в колонках обезжириваются четыреххлористым углеродом.

5.5. Питающие трубы или их секции опускаются в ствол лебедкой. Затем под подвесным полком каждая труба перецепляется на тельфер грузчика КС-2у-40 и опускается в замораживающую колонку.

5.6. Монтируется распределитель и коллектор системы, затем осуществляется соединение трубопроводами замораживающих колонок в бло-

ки по реверсивной схеме (см. рис. 3.3) с установкой "холодных" и газовых вентилей.

5.7. Для уменьшения гидравлического сопротивления коллектор монтируется ниже распределителя, который устанавливается в горизонтальной плоскости [18].

5.8. В стволе монтируется магистральный трубопровод специальной конструкции (см. рис. 3.2), который подвешивается в вентиляционном рукаве на канате лебедки. После соединения питающего става труб с распределителем в забое ствола, на поверхности земли осуществляется соединение верхнего конца питающего трубопровода с гибким трубопроводом диаметром 25 мм и длиной 2,5 м для подключения транспортной цистерны.

Верхний конец питающего магистрального трубопровода монтируется с уклоном от цистерны на высоте 1,5 – 1,6 м за стенку копра длиной не менее 1,5 м [18].

5.9. Питающий трубопровод магистрального трубопровода, распределитель, соединительные трубопроводы жидкостных магистралей изготавливаются из нержавеющей стали или меди.

5.10. Для питающих труб колонок должны применяться бесшовные стальные цельнотянутые трубы по ГОСТ 8732-70.

5.11. Жидкостные трубопроводы замораживающей системы между собой и с арматурой соединяются резьбовыми штуцерами с паронитовыми прокладками толщиной не менее 3 мм [18,19].

5.12. Смонтированные трубопроводы замораживающей сети должны быть испытаны на герметичность сжатым воздухом под давлением 0,5 – 0,6 МПа (5,0 – 6,0 кгс/см^2) [17,18,19].

5.13. Для снижения потерь холода открытые металлические трубопроводы теплоизолируются материалами, которые должны выдерживать соответствующий температурный режим без изменения своих свойств, а также не должны разрушаться от периодического увлажнения. Конструкция, расчет, материалы и производство работ по теплоизоляции определяются проектом. Рекомендуется теплоизолировать трубопроводы пенополиуретаном, минеральным войлоком с послойной герметизацией слоев полиэтиленовыми рукавами [5,7,15].

6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

6.1. Контрольно-измерительные приборы технологических параметров включают термопары, устанавливаемые на внешней поверхности замораживающих колонок контрольного блока, в термогильзах на выходе газообразного азота в колонках, в термоконтрольных скважинах; вто-

ричный прибор (самописец), устанавливаемый в специальном помещении или будке сигналиста; манометр для измерения давления на распределителе; манометр для измерения давления в цистерне с жидким азотом ; прибор для измерения уровня жидкого азота в цистерне (рис.6.I, см. рис. 3.2).

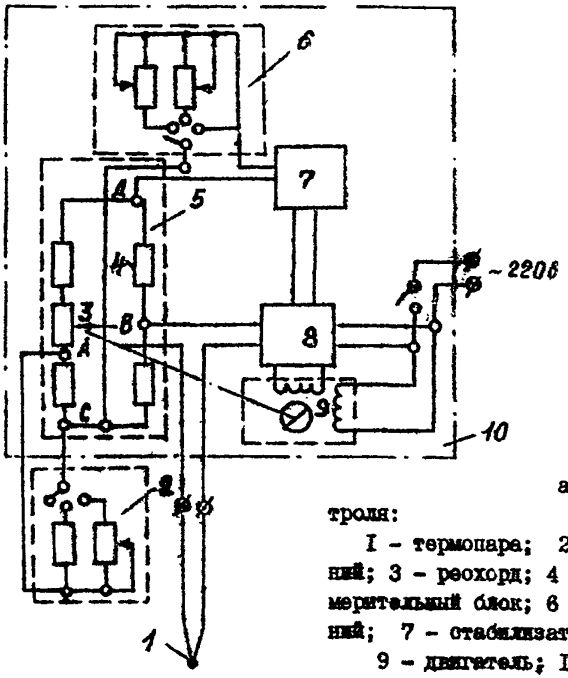


Рис. 6.I. Схема аппаратуры термоконтроля:

I - термопара; 2 - блок сопротивлений; 3 - реохорд; 4 - резистор; 5 - измерительный блок; 6 - блок сопротивлений; 7 - стабилизатор; 8 - усилитель; 9 - двигатель; I0 - потенциометр

6.2. На цистернах для транспортировки и слива жидкого азота устанавливаются исправные предохранительные мембраны и отрегулированные на предельное давление в емкости клапаны (см. рис. 3.2).

6.3. Для контроля температуры газообразного азота на выходе из каждой колонки могут быть использованы такие стеклянные низкотемпературные термометры со шкалой до минус I00 - минус 200 °С.

6.4. В гидронаблюдательной скважине устанавливается измеритель уровня подземных вод.

6 5. Забой отвода и площадка, на которой подключается емкость для слива жидкого азота в замораживающую систему, должны быть обязательно связаны громкоговорящей связью и специальной звуковой си-

гнализацией; позволяющей давать команды из забоя на пуск и остановку подачи азота в систему.

7. ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

7.1. Для безопасной эксплуатации замораживающей системы с жидким техническим азотом необходимо соблюдать все меры по технике безопасности, предусмотренные для работы с жидким кислородом или воздухом, относительно обезжиривания трубопроводов и оборудования, исключения контакта с горючими и взрывчатыми в кислороде веществами.

7.2. Обезжиривание трубопроводов и арматуры замораживающей системы осуществляется четыреххлористым углеродом CCl_4 (ГОСТ 5827-68) на специально отведенных площадках.

7.3. Замораживающие колонки и трубопроводы при обезжиривании заполняют растворителем и выдерживают в течение 2-3 ч. Арматура и остальные соединительные трубопроводы обезжириваются путем их погружения на 2-3 ч в растворитель, которым заполняются специальные емкости. После обезжиривания производится просушка трубопроводов и арматуры подогретым воздухом или газообразным азотом в течение двух часов [7,16,20].

7.4. Перед заправкой жидким азотом транспортные цистерны обезжириваются спиртом ректификатом в следующей последовательности [17,19]:

снять на цистерне (см. рис. 3.2) предохранительный клапан, манометр и отсоединить указатель уровня жидкого кислорода УЖК(азота), полностью разгерметизировав внутренний сосуд;

подключить воздушную магистраль к трубопроводу наполнения и продуть сосуд подогретым воздухом в течение 5-10 мин, а при наличии кислорода - до полного удаления его белых паров при открытых вентилях цистерны;

после продувки в течение 3-5 ч прогреть внутренний сосуд нагретым воздухом при температуре воздуха на выходе из штуцера газосброса, равной плюс 45 - плюс 50 °С;

одновременно с обогревом сосуда в бак для растворителя, подсоединенный к гайке "РОТ" шлангом диаметром 70 мм, налить 40 кг спирта этилового, включить электроподогреватель и начать испарение спирта;

по достижении в баке для растворителя давления паров спирта 0,07 - 0,075 МПа, открыть вентиль на цистерне для подачи в нее паров спирта, после чего вести пропаривание цистерны до полного испарения спирта, применяя периодическую пульсацию пара с периодом

20 мин путем перекрытия вентиля в течение 3,5–4,0 ч, причем в этом случае вентиль газосброса паров в атмосферу должен быть открыт;

после этого снять все заглушки, открыть вентили и продуть внутренний сосуд воздухом;

затем повторить цикл пропаривания емкости новой порцией спирта, равной 40 кг;

поставить на емкость манометр с обезжиренным штуцером, обезжиренный предохранительный клапан, испарители;

закрыть все вентили и заглушить штуцеры.

7.5. Емкости для транспортировки жидкого азота и контрольно-измерительная аппаратура, изготовленные на заводе, должны иметь паспорт и сопровождаться всеми необходимыми документами.

7.6. Все заводские паспорта, а также акты, составленные в процессе монтажа и обезжиривания замораживающей системы, должны находиться у главного механика участка или стройуправления.

7.7. До начала монтажа и обезжиривания замораживающей системы должны быть проведены необходимые мероприятия по охране труда монтажников, технике безопасности, а также по обеспечению пожарной безопасности.

8. ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

8.1. С помощью специального гибкого шланга диаметром 25 мм и длиной 2,5 м транспортная цистерна подсоединяется к магистральному трубопроводу диаметром 25 мм (см. рис. 3.2).

8.2. Проверяются показания уровня жидкого азота в емкости прибором УЖК, установленным на этой емкости.

8.3. Проверяются запорные и дренажные вентили замораживающей системы.

8.4. Включаются все контрольно-измерительные приборы.

8.5. В журнале ведения технологического режима делается запись о проделанной работе с указанием времени поступления цистерны и количества жидкого азота.

8.6. Закрывается вентиль газосброса и открывается на 0,5–1,0 оборот вентиль на испаритель цистерны, поднимается давление в цистерне на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2).

8.7. Открывается на 2–3 оборота вентиль слива жидкого азота из цистерны и в течение 10–20 мин производится охлаждение системы при давлении 0,01 МПа, поддерживаемое вентилем газосброса.

8.8. Открываются последовательно вентили пуска жидкого азота на каждом блоке замораживающих колонок после того как на выходе

пущенного в работу блока температура достигает 0 °С, и с этом давление в цистерне повышается ступенями по 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) при выдержке не менее 5-10 мин во избежание разрушения трубопроводов и арматуры от термических деформаций.

8.9. В момент пуска замораживающей системы в работу через каждые 10 мин контролируется давление в цистерне, в распределителе и температура азота на выходе каждой замораживающей колонки.

8.10. С помощью "холодных" вентилей, установленных на каждом блоке колонок, регулируется расход жидкого азота в колонках путем достижения равномерного распределения температуры газообразного азота на выходе каждого блока. При этом температура на блоках, удаленных от магистрального трубопровода, должна отличаться не более чем на 5-10% от температуры азота на выходе блоков, расположенных рядом с магистральным трубопроводом.

8.11. После достижения температуры газообразного азота на выходе каждого блока минус 70 - минус 80 °С, ступенчатое повышение давления в цистерне прекращается и замораживание пород осуществляется при достигнутом постоянном давлении, не превышающем предельного для применяемой цистерны.

8.12. Отключение емкости с нормальным остатком жидкого азота 100-200 кг по УГК осуществляется в следующей последовательности:

открывается вентиль газосброса на цистерне и постепенно сбрасывается газообразный азот из цистерны в атмосферу, контролируется уменьшение давления в цистерне до атмосферного;

закрывается вентиль на испарителе цистерны и вентиль слива жидкого азота в магистральный трубопровод;

отключается гибкий шланг от магистрального трубопровода путем постепенного отсоединения его резьбового соединения, после отключения шланга открытый верхний конец магистрального трубопровода герметично закрывается во избежание попадания влаги в замораживающую систему;

подключается к магистральному трубопроводу очередная емкость с жидким азотом.

8.13. Для сохранения замораживающей системы в рабочем состоянии при длительных (более 1-2 ч) перерывах в работе после опорожнения очередной емкости к системе подключается резервная емкость, при этом в замораживающую систему подается испарившийся за счет теплопотерь в емкости азот, для чего закрываются вентили газосброса и подачи жидкого азота в испаритель.

8.14. Реверсирование потока азота в колонках осуществляют, изменяя направление его движения на противоположное, закрывая и от-

крывая соответствующие вентили, установленные на каждом блоке. Время реверсирования определяется по методике [18,19].

9. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

9.1. Проектом должны быть установлены два периода процесса замораживания пород: активное замораживание и поддержание пород в замороженном состоянии в период проходки ствола.

9.2. Время, необходимое для активного и пассивного замораживания пород, устанавливается проектом.

9.3. В процессе замораживания горных пород должно быть обеспечено систематическое наблюдение за формированием ледопородного ограждения, его толщиной и температурой, давлением и расходом азота в замораживающей системе, температурным режимом работы колонок. При наблюдениях должны определяться: уровень грунтовых вод в гидронаблюдательной скважине; температура в замораживающих колонках и термоконтрольных скважинах; давление азота и его расход в единицу времени; общее количество жидкого азота [18,19].

Указанные параметры записываются в технологические журналы.

9.4. Контроль температуры в скважинах осуществляется термопарами, устанавливаемыми через каждые 10 м по глубине замораживания.

9.5. Измерения уровня воды и температуры в термоконтрольных скважинах осуществляют два раза в сутки.

9.6. Измерения давления, расхода и температуры азота производят через 1-2 ч работы замораживающей системы, а в период пуска при каждой очередной ступени постоянного давления в цистерне [18,19].

9.7. Образование ледопородного ограждения считается законченным при следующем комплексе показателей: при подъеме уровня подземных вод в гидронаблюдательной скважине по сравнению с первоначальным; достижении температуры фазового перехода воды в лед в скважинах, расположенных на границе ограждения; при нормальной работе колонок и достижении отрицательной температуры азота на выходе каждой колонки: менее минус 70 – минус 80 °С [18,19].

9.8. После окончания активного замораживания горных пород должны быть составлены погоризонтные планы ледопородного ограждения с указанием сечения ствола в проходке и типа горных пород.

9.9. Контроль за количеством потребного холода для замораживания проектного объема пород необходимо осуществлять по фактическому количеству израсходованного жидкого азота без учета нормального остатка 200 кг для каждой цистерны типа ЦГК-5,0/0,25 или ЦГК-8/0,25.

9.10. Окончание работ по замораживанию горных пород азотом должно быть оформлено актом на прекращение работ.

10. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

10.1. Руководство работами по замораживанию горных пород жидким азотом возлагается на лиц, имеющих высшее и среднее техническое образование, прошедших специальное обучение.

10.2. К обслуживанию замораживающей системы допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие соответствующее удостоверение, выданное квалификационной комиссией.

10.3. Емкости для перевозки жидкого азота должны быть надежно закреплены в кузове автомобиля соответствующей грузоподъемности, перед заполнением тщательно осматриваться на целостность кожуха теплоизоляции, исправность запорной арматуры и приборов контроля, работоспособность предохранительных клапанов и мембран.

10.4. Заполнение емкостей жидким азотом не должно быть более 90% их емкости. Нормальный остаток при сливе азота в замораживающую систему, предотвращающий отогрев емкости, должен быть не менее 100-200 кг.

10.5. Обезжиривание замораживающей системы должно производиться в соответствии с действующими инструкциями.

10.6. Обслуживающий замораживающую систему персонал должен применять меховые, кожаные или брезентовые рукавицы, защищающие от обмораживания кожи при проявлениях течей азота, а также защитные очки. При попадании жидкого азота на незащищенный участок тела, его следует немедленно обмыть водой.

10.7. Утечки жидкого азота в соединениях и трубопроводах должны устраняться немедленно путем их отсоединения от замораживающей системы и сброса газообразного азота в атмосферу.

10.8. Отогрев замерзшей арматуры и трубопроводов производится обдувом нагретого воздуха при температуре плюс 50 - плюс 60 °С.

10.9. Запрещается:

производить монтажные работы замасленными руками, в замасленной спецодежде и замасленным инструментом;

производить подтяжку болтов, гаек, сальников, ремонт арматуры и трубопроводов, заполненных азотом, находящихся под давлением;

производить резкие перегибы шлангов и трубопроводов;

закачивать азот в замораживающую систему при неработающей приточно-вытяжной вентиляции, неисправной двухсторонней громкоговорящей связи оператора, обслуживающего цистерну, с забоем ствола, неисп -

равных самоспасателях, подъеме людей из забоя ствола;

производить ремонтные работы, связанные с пайкой, сваркой и другими операциями, при которых возможно искрообразование; указанные работы производить только после удаления азота из системы и ее продувки сжатым воздухом;

транспортировать цистерны на автомашинах, имеющих незаправленные полностью огнетушители.

10.10. Во избежание аварий с тяжелыми последствиями необходимо вести постоянный надзор за плотностью соединений трубопроводов и контрольно-измерительными приборами.

11. ПРИЕМКА РАБОТЫ

11.1. Работы по замораживанию горных пород жидким азотом подлежат приемке, оформляемой соответствующими актами с приложением к ним соответствующей документации (приложения 1-10).

11.2. Приемка работ по замораживанию горных пород жидким азотом осуществляется в три этапа:

первый этап - промежуточная приемка (готовность к пуску замораживающей системы в эксплуатацию);

второй этап - окончательная приемка (готовность объекта для основных горнопроходческих работ);

третий этап - окончание работ по замораживанию пород азотом и демонтаж оборудования.

11.3. Основанием для созыва комиссии по приемке выполненных работ являются:

на первом этапе - окончание бурения скважин и монтажа замораживающих колонок, измерения отклонений скважин, завершение монтажа и пробный пуск замораживающей системы;

на втором этапе - нормальная работа замораживающей системы при заданных технологических параметрах, контроль формирования ледопородного ограждения проектных размеров;

на третьем этапе - окончание горнопроходческих работ, искусственного оттаивания горных пород (если предусмотрено проектом), демонтажа оборудования замораживающей системы, извлечения замораживающих колонок и тампонажа скважин.

11.4. Приемка работ должна оформляться приемо-сдаточным актом с приложением исполнительной документации.

11.5. Промежуточной приемкой должны быть установлены: правильность расположения замораживающих и контрольных скважин и необходимость бурения и монтажа дополнительных; готовность всей замора-

живающей системы к пуску.

II.6. Промежуточная приемка заключается в осмотре выполненных работ на стволе, проверке исполнительной технической документации (прил. I,2,3) и составлении акта о пуске замораживающей установки (прил. 4).

II.7. Окончательной приемкой должно быть установлено наличие замкнутого ледопородного ограждения проектной толщины и прочности по данным журналов работ замораживающей системы (прил. 5,6); журнала записи температур горных пород в контрольных скважинах (прил.7); журнала наблюдений за уровнем подземных вод в гидронаблюдательной скважине (прил. 8); результатов опытной откачки воды; контрольной проверки температур в замковых плоскостях ледопородного ограждения.

При приемке устанавливается возможность начала проходки ствола в зоне замороженных горных пород с составлением акта (прил. 9).Уточняется проектный режим работы замораживающей системы в период пассивного замораживания горных пород (в период поддержания ледопородного ограждения проектных размеров и прочности).

II.8. После окончания горнопроходческих работ в зоне замораживания комиссия в составе [illegible] и строительной организаций составляет акт (прил. IO) на прекращение работ по замораживанию и дает разрешение на демонтажные работы.

II.9. Все акты должны быть подписаны ответственными представителями специализированной организации, производившей замораживание горных пород, и генеральным подрядчиком по строительству.

Литература

I. А.с. 690I23 [СССР].Система для замораживания грунта./ВИОГЕМ. Авт.изобр.: В.Д.Качур, С.А.Съедин. - Заявлено I2.08.77, № 25I7832/ 29-33. Опубл. в Б.И., I979, № 37; МКИ Е02Д I9/I4. - УДК 624.I39.62 (088.8).

2. А.с. 800282 [СССР]. Способ замораживания грунта /ВИОГЕМ. Авт. изобр.: В.Ф.Юзговой, С.А.Съедин, Э.А.Лаухин, В.Д.Качур,Г.М.Федоряк. - Заявлено I2.03.79, № 2735594/29-33. Опубл. в Б.И.,I98I, № 4; МКИ Е02Д 3/I2.-УДК 624.I39.62 (088.8).

3. А.с. I027399 [СССР].Способ замораживания пород./ВИОГЕМ.Авт. изобр.: С.А.Съедин.- Заявлено 2I.08.8I, № 3327270/22-03;Опубл. в Б.И., I983, № 25; МКИ Е2ID I/I2.-УДК 624.I39.(088.8).

4. А.с.547495 [СССР].Устройство для замораживания грунта/ВИОГЕМ. Авт.изобр.: С.А.Съедин.- Заявлено 09.06.75, № 2I4I525/33;Опубл. в Б.И.,I977, № 7; МКИ Е02Д 3/I2.-УДК 624.35(088.8).

5. Быков А.В., Хворостяной В.Т., Трофимов Д.П., Шрайман А.Л., Качур В.Д. Использование жидкого азота при сооружении ствола. Шахтное строительство, 1982, № 9, с.22-24.

6. Инструкция по проектированию и производству работ по искусственному замораживанию грунтов при строительстве метрополитенов и тоннелей: ВСН 189-78. М., Минтрансстрой, 1978, 116 с.

7. Качур В.Д., Съедин С.А., Лаухин Ю.А., Мозговой В.Ф. Замораживание пород жидким азотом при проходке ствола. Шахтное строительство, 1980, № 8, с. 17-18.

8. Мозговой В.Ф. Параметры режима работы колонок при замораживании пород жидким азотом в шахтном строительстве. Дисс.на соиск. уч. степ. канд.техн.наук. Днепропетровск, ДГИ, 1982, 103 с.

9. Насонов И.Д., Шуплик М.Н., Ресин В.И. Исследование параметров замораживания при проведении горизонтальных выработок. М., Недра, 1980, 248 с.

10. Съедин С.А., Адигамов Я.М., Насонов И.Д. Временные методические рекомендации по определению оптимальных параметров технологии замораживания пород при сооружении стволов шахт. Белгород, ВНИИЭМ, 1978, 32 с.

11. Съедин С.А. Исследование и разработка оптимальных параметров теплового режима работы замораживающих колонок при сооружении стволов шахт. Дисс.на соиск. уч. степ. канд.техн.наук. М., МГИ, 1978, 178 с.

12. Трупак Н.Г. Замораживание грунтов в подземном строительстве. М., Недра, 1974, 280 с.

13. Трупак Н.Г. Замораживание грунтов при сооружении вертикальных шахтных стволов. М., Недра, 1983, 270 с.

14. Тютюнник П.М. Прочность и устойчивость замороженных горных пород. М., Недра, 1965, 65 с.

15. Фатеев Н.Т., Съедин С.А., Мозговой В.Ф., Трофимов Д.П., Качур В.Д. Проходка шахтного ствола с замораживанием горных пород жидким азотом. - В сб. "Вопросы геомеханики и специальных горных работ". Белгород, ВНИИЭМ, 1984, с.68-72.

16. Федорик Г.М., Качур В.Д., Носков Ю.К., Крастошевский Г.М., Съедин С.А. Замораживание грунта жидким азотом. Шахтное строительство, 1977, № 7, с.20-23.

Фондовая

17. Опытно-промышленное опробование и совершенствование технологии замораживания пород жидким азотом при проходке стволов. Отчет/

ВИОГЕМ.Рук. работы С.А.Съедин. Шифр 5-I-5-I3-78, № ГР 780040I4; инв. № Б 802958.-Белгород, I979, I32 с.

I8. Отработка технологии и элементов технологического оборудования для проходки горных выработок способом низкотемпературного замораживания пород. Отчет/ВИОГЕМ. Рук. работы С.А.Съедин. Шифр I.5-8(80)-А-I6-8I, № ГР 8I024918; инв. № 02830067734.-Белгород, I983, I30 с.

I9. Разработка руководства по замораживанию горных пород жидким азотом при проходке вертикальных стволов шахт и рабочих чертежей экспериментального оборудования. Отчет/ВИОГЕМ. Рук.работы С.А.Съедин. Шифр I.5-8(80)-А-47-84, № ГР 0I840007532; инв. № 02850003I04 - Белгород, I984, 72 с.

20. Разработка технологии замораживания пород жидким азотом при проходке горных выработок. Отчет/ВИОГЕМ.Рук. работы С.А.Съедин.Шифр 5-I-5-I9-76, № ГР 760I3395; инв. № Б634677.-Белгород, I977, I58 с.

Приложение I

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМОЙ ПРИ СДАЧЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

Работы по замораживанию пород жидким азотом допускается начинать только после предпускового испытания всей замораживающей системы.

Приемка оформляется актом с приложением следующих документов:

I. Исполнительная схема замораживающей системы и погоризонтные планы расположения замораживающих и контрольных скважин.

2. Паспорт скважин и замораживающих колонок (прил. 2).

3. Техническая характеристика замораживающих и контрольных скважин (прил. 3).

4. Протокол обезжиривания и опрессовки всей замораживающей системы.

5. Инструкция по технике безопасности при эксплуатации оборудования и технологической оснастки (вывешивается на участке производства работ).

6. Список лиц, допущенных к эксплуатации замораживающей системы.

7. Технологические журналы: вахтенный, записи работы замораживающих колонок, записи температуры горных пород (прил. 6,5,7).

8. Шнурованные книги на все сосуды для перевозки жидкого азота (в книге должны быть прошнурованы заводские паспорта и чертежи на сосуды).

9. Разрешение пожарной инспекции на эксплуатацию замораживающей установки.

Наименование строительной организации _____

_____

Объект _____

П А С П О Р Т

скважины и замораживающей колонки № _____

_____

I. Бурение

I. Начато _____ 2. Закончено _____

3. Конструкция скважины _____

4. Абсолютная отметка устья скважины _____

5. Глубина скважины от устья: проектная _____

фактическая _____ 6. Азимут отклонения скважины _____

_____

7. Величина отклонения в вертикальной плоскости _____

8. Разрешается опустить колонку _____

(да или нет)

Начальник смены _____ (Подпись)

(Фамилия, имя, отчество)

II. Опускание замораживающей колонки и ее испытание

Дата / Смена	Номер звена колонки	Размер звена: длина, м	Размер звена: диаметр, мм	Способ соединения стыков	Испытание стыков: Давление, МПа (атм)	Испытание стыков: Продолжительность, мин	Примечание (течи, меры по их устранению)
I	2	3	4	5	6	7	8

Длина замораживающей колонки от устья скважины _____

_____

Сварку производил сварщик _____
(Фамилия, имя, отчество)

Испытание производилось в присутствии _____
(Фамилия, имя, отчество)

III. Опускание питающих труб

_____

Дата _____ Длина звеньев труб _____ м

Диаметр _____ мм

Примечание _____

_____

_____

Нижний конец трубы не доведен до башмака колонки _____

Общая длина питающей трубы _____

Монтировала питающую трубу бригада _____

_____
(Фамилия, имя, отчество бригадира)

Начальник смены _____ (Подпись)

Проверял начальник участка _____ (Подпись)

Контрольные измерения проводил
Маркшейдер _____ (Подпись)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАМОРАЖИВАЮЩИХ СКВАЖИН

№ п/п	Номер скважины	Бурение					Опускание колонки					Опускание питающих труб					
		Дата бурения	Фамилия бригадира	Отметка поверхности, м	Глубина скважины, м	Отметка забоя, м	Дата опускания	Отметка верха колонки, м	Длина колонки, м	Отметка конуса, м	Фамилия сварщика	Дата опускания	Отметка верха трубы, м	Длина трубы, м	Отметка низа трубы, м	Не доведены до конуса, м	Фамилия бригадира
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

Приложение 4

Наименование строительной
организации_____

_____

Объект _____

А К Т

о пуске в эксплуатацию замораживающей установки

" ___ " _____198 г.

Комиссией в составе _____ представителей:

от заказчика _____

от генподрядчика _____

от субподрядчика _____

от проектной организации _____

произведен осмотр замораживающей установки, выполненной согласно проекту (чертеж № _____).

Замораживающая установка включает _____

_____ работающих емкостей для транспортировки жидкого азота _____

_____

магистрального трубопровода, распределителя, коллектора, подводящих и отводящих азот трубопроводов, "холодных" вентилей (чертеж № _____).

Количество работающих замораживающих скважин _____ шт.

Комиссии были предоставлены следующие материалы:

_____

_____

_____

После ознакомления с проектной и исполнительской документацией и осмотра смонтированной установки комиссия считает, что замораживающая установка смонтирована в соответствии с проектом и с учетом согласованных с проектной организацией корректировок.

Установку считать пущенной в эксплуатацию с _____ 198 г.

Настоящий акт составлен в _____ экземплярах.

Заказчик _____ (Подпись)

Генподрядчик _____ (Подпись)

Субподрядчик _____ (Подпись)

Представитель проектной организации _____ (Подпись)

Приложение 5

Наименование строительной организации _____

_____

Объект _____

ЖУРНАЛ

работы замораживающих колонок

Дата / Смена	Часы	Температура обратного рассола в колонках, °С									Температура азота в распределителе, °С	Давление азота в распределителе, МПа (атм)	Исполнитель (ф.и.о.)	Примечание
		I	2	3	4	5	6	7	8	...				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5

Приложение 6

Наименование строительной организации _____

_____

Объект _____

ВАХТЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Дата / Смена	Тип и номер емкости	Давление азота в емкости, МПа (ати)	Уровень азота по УЖК	Время слива азота, ч		Простой		Ф.и.о. оператора	Роспись
				начало	конец	время	причины		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO

Приложение 7

Наименование строительной организации _____

_____

Объект _____

ЖУРНАЛ

измерения температур горных пород в термоконтрольных скважинах

Начало _____ Окончание _____

Дата / Смена	Время взятия отсчета	Отметка горизонта, м, по скважинам				Ф.и.о. оператора	Примечание, роспись
		№ I	№ 2	№ 3	...		
I	2	3	4	5	6	7	8

Приложение 8

Наименование строительной организации _____

_____

Объект_____

Ж У Р Н А Л

наблюдения за уровнем подземных вод в гидронаблюдательной скважине

Дата / Смена	Время взятия отсчета	Скважина, №		Исполнитель (Ф.И.О.)	Роспись	Примечание
		Абсолютная отметка замеренной точки, м				
		глубина уровня	отметка уровня			
I	2	3	4	5	6	7

Проверил _____(Подпись)
(Ф.И.О.)

Приложение 9

Наименование строительной
организации _____

_____

Объект _____

А К Т №____

готовности участка для ведения горнопроходческих работ

"___" _____I98 г.

Комиссия в составе представителей:

от субподрядчика _____

от генподрядчика _____

от заказчика _____

от проектной организации _____

рассмотрела представленную исполнительную документацию _____

_____

_____

_____

Комиссия установила:

I. По состоянию на _____ I98 г. на участке замораживания горных пород (отм._____) достигнуты проектные размеры и температуры ледопородного ограждения.

2. Разрешить СУ № _____ с _____I98 г. на участке (отм. _____) производство горнопроходческих работ.

Подписи:

Приложение 10

Наименование строительной
организации_____

_____

Объект _____

А К Т № ___

на прекращение работ по замораживанию азотом

" ___ " _____ 198 г.

Комиссия в составе представителей:

от заказчика _____

от генподрядчика _____

от субподрядчика _____

осмотрев на месте состояние работ по сооружению _____

_____ _____ на участке _____

установила:

1. Участок _____ был сдан под проходку согласно акту от _____

2. В проекте производства работ предусмотрено: продолжительность строительных работ _____, работа _____

_____

замораживающей установки в течение _____ машино-смен и работа замораживающих скважин _____

в количестве _____ шт. в течение _____ смен.

3. По состоянию на _____ работы по возведению и гидроизоляции крепи _____

Учитывая состояние работ, комиссия считает_____

_____

_____

Подписи:

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 3

2. Требования к исходным данным для проектирования 4

3. Требования к проектным работам 5

4. Бурение замораживающих и контрольных скважин, монтаж замораживающих колонок 20

5. Монтаж замораживающей сети 22

6. Контрольно-измерительные приборы и устройства 23

7. Обвязывание замораживающей системы 25

8. Замораживание горных пород 26

9. Контроль процесса замораживания горных пород 28

IO. Техника безопасности 29

II. Приемка работы 30

Литература 31

П р и л о ж е н и я:

I. Перечень технической документации, предъявляемой при сдаче замораживающей установки 34

2. Паспорт скважины и замораживающей колонки 35

3. Техническая характеристика замораживающих скважин 37

4. Акт о пуске в эксплуатацию замораживающей установки . . . 38

5. Журнал работы замораживающих колонок. 39

6. Вахтенный журнал 40

7. Журнал измерения температур горных пород в термоконтрольных скважинах 40

8. Журнал наблюдения за уровнем подземных вод в гидронаблюдательной скважине 41

9. Акт готовности участка для ведения горнопроходческих работ 42

IO. Акт на прекращение работ по замораживанию азотом 43

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ЗАМОРАЖИВАНИЮ ГОРНЫХ ПОРОД ЖИДКИМ АЗОТОМ
ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Научный редактор канд. техн. наук Ю.А.Леухин
Литературный редактор М.П. Елинсон
Технический редактор А.Г.Воронцова
Корректор М.П. Елинсон

Подписано к печати 8 мая 1985 г.
Объем 2,3 уч.-изд.л. Тираж 220 экз. Заказ № 686.
Ротапринт ВИОГЕМ, Белгород, Б.Хмельницкого, 86.
Цена 35 коп.

gost.e-ecolog.ru