МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
Управление «Спецтампонажгеология»

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Раздел „Предварительное подавление водопритоков при проходке шахтных стволов методом тампонажа горных пород“

ВНТП 6—76
МИНУГЛЕПРОМ СССР

Утверждены 20 ноября 1976 г. Минуглепромом СССР
по согласованию с Госстроем СССР

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
Управление «Спецтампонажгеология»

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Раздел „Предварительное подавление водопритоков при проходке шахтных стволов методом тампонажа горных пород"

ВНТП 6—76
МИНУГЛЕПРОМ СССР

Утверждены 20 ноября 1976 г. Минуглепромом СССР
по согласованию с Госстроем СССР

СОСТАВИТЕЛИ:

— управление «Спецтампонажгеология» объединения «Укруглегеология» Минуглепрома УССР (*Э. Я. Кипко, В. А. Лагунов, Ю. А. Полозов*);

— институт «Южгипрошахт» В. О. «Союзшахтопроект» Минуглепрома СССР (*П. Я. Уманский*);

— отдел горной промышленности Главгосэкспертизы Госстроя СССР (*Е. В. Петренко, Ю. И. Свирский*);

— Московский горный институт (*И. Д. Насонов*).

Министерство угольной промышленности СССР (Минуглепром СССР)	Нормы технологического проектирования угольных шахт. Раздел «Предварительное подавление водопритоков при проходке шахтных стволов методом тампонажа горных пород»	ВНТП 6—76 Минуглепром СССР

ВВЕДЕНИЕ

В основу разработки «Норм технологического проектирования...» положены решения XXV съезда КПСС, директивные указания Совета Министров СССР, Госстроя СССР и Минуглепрома СССР по вопросам капитального строительства, ориентирующие на прогрессивные методы производства работ и использование новейших достижений науки и техники.

В «Нормах технологического проектирования...» даются принципиальные указания по выбору основных параметров водоподавления при сооружении шахтных стволов с использованием комплексного метода тампонажа обводненных горных пород. Предусматривается применение передовых методов проектирования с использованием для оптимизации проектных решений экономико-математических моделей и ЭВМ.

Подавление притоков воды в трещиноватых горных породах по данному методу осуществляется с помощью изоляционных завес.

Внесены Всесоюзным объединением «Союзшахтопроект» Минуглепрома СССР	Утверждены Минуглепромом СССР по согласованию с Госстроем СССР (протокол Минуглепрома СССР от 20 ноября 1976 г., письмо Госстроя СССР от 19 марта 1976 г. № АБ—1172—20/3)	Введены в действие с 1 января 1977 года

При проектировании изоляционных завес наряду с настоящими «Нормами технологического проектирования...» следует руководствоваться прилагаемыми «Логико-информационной моделью расчетов параметров водоподавления комплексным методом», «Типовой схемой расчетов параметров изоляционных завес при сооружении стволов», а также «Инструкцией по исследованию проницаемых горизонтов в скважинах расходомером ДАУ-3М», разработанной управлением «Спецтампонажгеология» и утвержденной объединением «Союзуглегеология» 1 ноября 1971 г.

В нормы включены также указания по проектированию технологического комплекса для приготовления глиноцементных и тампонажных растворов, выбору и приготовлению тампонажных растворов, отражающие специфику применения комплексного метода тампонажа.

Основные положения «Норм технологического проектирования...» могут быть также применены при проектировании и производстве работ по подавлению остаточных притоков в стволы шахт, по предварительному тампонажу обводненных горных пород при прохождении горизонтальных выработок, при укреплении горных пород с целью облегчения крепей и при укреплении массива в основании зданий и сооружений.

Данные «Нормы технологического проектирования...» могут применяться не только в угольной, но в других горнодобывающих отраслях промышленности при проектировании мероприятий по предварительному подавлению водопритоков при проходке шахтных стволов с применением комплексного метода тампонажа горных пород.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Применение научно обоснованного комплексного метода тампонажа трещиноватых горных пород обеспечивает надежное предварительное подавление притоков подземных вод при сооружении шахтных стволов. Этот метод базируется на полном инженерном расчете основных параметров процесса тампонажа: размеров изоляционных завес вокруг ствола в каждом из водоносных горизонтов, контуров распространения тампонажного раствора из отдельных скважин, количества скважин и режимов нагнетания растворов. Эти расчеты должны осуществляться на основе изучения и анализа геологической характеристики трещиноватости горных пород на участке, а также — гидродинамических и геофизических исследований в контрольно-разведочных и тампонажных скважинах.

В соответствии с основными положениями комплексного метода, наклонно-направленные скважины располагаются на значительном удалении от ствола, что позволяет повысить эффективность тампонажа и значительно сократить срок подготовительного периода строительства за счет совмещения тампонажных работ с работами по оснащению проходки ствола. В качестве тампонажного материала применяются недорогие и недефицитные глиноцементные тампонажные растворы, характеризующиеся высокой пластической прочностью, седиментационной устойчивостью и интенсивностью процессов структурообразования. Нагнетаются тампонажные растворы изолированно в каждый водоносный горизонт с использованием ряда специальных пакерующих устройств, при этом осуществляется систематический контроль качества тампонажных работ по специально разработанной методике.

1.2. При проектировании работ по тампонажу обводненных трещиноватых горных пород комплексным методом следует руководствоваться прилагаемой «Типовой схемой расчета параметров формирования изоляционных завес» и «Логико-информационной моделью».

1.3. Область применения комплексного метода тампонажа трещиноватых обводненных горных пород определяется:

— величиной раскрытия трещин более 0,2÷0,3 мм. При раскрытии трещин менее 0,2÷0,3 мм целесообразно применять другие способы водоизоляции, например, химизацию, силикатизацию и др., или предусматривать специальные работы по предварительному гидрорасчленению и гидроразрыву горных пород;

— величиной притоков воды в ствол шахты более 8 м^3/час;

— технико-экономическими обоснованиями как для условий строительства новых, так и углубки действующих стволов шахт.

1.4. При проектировании тампонажных работ по подавлению водопритоков в стволы шахт с применением комплексного метода предусматривать:

— применение наиболее эффективных методов исследования гидродинамических свойств водоносных горизонтов в тампонажных скважинах;

— применение упрощенных конструкций скважин;

— применение наиболее производительных способов и средств бурения тампонажных скважин;

— использование эффективных технологических схем тампонажа;

— выбор наиболее эффективных составов глиноцементных тампонажных растворов;

— использование высокопроизводительного оборудования для приготовления и нагнетания тампонажных растворов;

— механизацию вспомогательных работ и технологических операций при производстве тампонажа;

— контроль технологических параметров в процессе формирования изоляционных завес и качества выполненных тампонажных работ по каждому горизонту.

1.5. В проектах предусматривать применение отечественного высокопроизводительного оборудования. При необходимости применения импортного оборудования приводить соответствующие технико-экономические обоснования.

1.6. Выполнение тампонажных работ следует предусматривать до начала проходки ствола в подготовительный период до возведения основных зданий и сооружений.

1.7. Обеспечение тампонажных работ электроэнергией, водой, теплом, связью, дорогами должно решаться комплексно, в увязке с общим проектом строительства шахты.

1.8. При проектировании тампонажных работ предусматривать максимальное использование временных и постоянных зданий и сооружений, предназначенных для строительства шахты (ЛЭП, электроподстанции, водопроводы, котельные, линии связи, складские помещения и т. п.).

1.9. Временные здания и сооружения технологического комплекса для приготовления глинистых и тампонажных растворов предусматривать в непосредственной близости к стволу, не допуская занятия земель, сверх отведенных для строительства шахты.

1.10 Режим работы буровых и тампонажных бригад принимать непрерывным.

1.11 При проектировании предварительного водоподавления необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие бесперебойную работу оборудования, применяемого при выполнении тампонажных работ. Особое внимание на эти вопросы необходимо обращать при расположении проектируемых шахтных стволов в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему районах.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ ДАННЫМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Генеральная проектная организация, проектирующая строительство нового (или реконструкцию действующего) горного предприятия, обеспечивает специализированную организацию, разрабатывающую проект тампонажных работ, необходимыми исходными данными, в состав которых в обязательном порядке должны входить следующие сведения:

— географическое и административное положение месторождения полезного ископаемого и участка, где намечено пройти ствол, рельеф поверхности, гидрографическая сеть района, местные климатические условия;

— экономическое положение района, транспорт, энергетическая база, источники водо- и теплоснабжения, наличие местных строительных материалов, пригодных для изготовления тампонажных растворов;

— геологическая и гидрогеологическая характеристика объекта работ;

— техническая характеристика ствола (стволов);

— основные положения проекта организации и очередности строительства надшахтных зданий и сооружений в увязке с организацией и сроками сооружения ствола шахты.

2.2. Техническая характеристика ствола (стволов) должна содержать сведения о назначении ствола, проектной глубине, диаметрах в свету и проходке, виде и параметрах крепи, отметках устья и забоя.

2.3. Геологическая характеристика участка работ должна составляться по данным геологического отчета о проведенных разведочных работах на месторождении и заключения об условиях проходки ствола по данным бурения контрольно-технической скважины с обязательным включением следующих разделов:

— стратиграфия (принятая стратиграфическая схема; мощность и пространственное расположение стратиграфических горизонтов);

— тектоника (характеристика основных элементов тектоники месторождения и участка; закономерность проявления нарушений, их амплитуды и элементы залегания; характер мелкоамплитудных нарушенностей);

— литология (литологический состав пород, слагающих участок; категория пород по буримости; характер трещиноватости горных пород; пористость и скважность или трещинная пустотность горных пород).

2.4. Характеристику трещиноватости пород следует проводить на основании анализа материалов геологоразведочных работ, наблюдений и описаний трещиноватости в обнажениях пород на поверхности и в горных выработках близлежащих шахт. В результате должны быть получены исчерпывающие исходные данные, характеризующие:

— интенсивность развития трещиноватости горных пород;

— максимальное раскрытие трещин;

— раскрытие трещин по различным литологическим толщам;

— количество и элементы залегания систем трещин по данным построения круговых диаграмм трещиноватости;

— трещинную анизотропию горных пород.

2.5. Гидрогеологическая характеристика участка работ, составленная на основании анализа материалов гидрогеологического заключения по результатам бурения контрольно-технической скважины и данных о водопритоках при проходке горных выработок близлежащих шахт, должна содержать следующие данные:

— характеристику водоносных горизонтов, их мощность и глубину залегания;

— прогнозные притоки воды в ствол по каждому водоносному горизонту;

— гидростатические напоры подземных вод;

— коэффициенты фильтрации и проницаемости водоносных горизонтов.

2.6. При бурении контрольно-технических скважин, для получения полных и достоверных исходных материалов, указанных в п. 2.5., необходимо в обязательном порядке выполнять следующие исследования:

— расходометрические исследования при пробуривании каждого водоносного горизонта;

— исследования гидродинамических свойств водоносных горизонтов методом восстановления давления в скважине;

— исследования свойств горных пород методами стандартного геофизического каротажа.

2.7. Расходометрические исследования следует выполнять в соответствии с «Инструкцией по исследованию проницаемых горизонтов в скважинах расходомером ДАУ-3М» (Минуглепром СССР, 1971 г.).

2.8. Характеристика трещиноватости обводненных горных пород, составляемая по результатам исследований, перечисленных в п. п. 2.5 и 2.6, должна содержать оценку достоверности используемых исходных данных и материалов.

2.9. Характеристика подземных вод, согласно СН—249—63 и «Норм и технических условий Н—114—54 (Бетон гидротехнический. Признаки и нормы агрессивности воды — среды)», должна содержать следующие параметры: вид и степень минерализации, жесткость, показатель кислотности pH, вид и степень агрессивности по отношению к цементам и металлам.

2.10. Геологические и гидрогеологические данные, перечисленные в п. п. 2.3, 2.4, 2.5 и 2.8, должны быть представлены генеральной проектной организации геологоразведочной организацией, которая осуществляла бурение контрольно-технической скважины и составляла геологическое заключение об условиях проходки проектируемого ствола шахты. Генеральная проектная организация изучает указанные исходные данные, оценивает их достоверность и передает в установленном порядке специализированной организации, разрабатывающей проект тампонажных работ.

3. ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ

3.1. Комплексный метод тампонажа обводненных трещиноватых горных пород предусматривает использование высокоэффективных пластичных глиноцементных тампонажных растворов. В отдельных случаях, если это вызывается необходимостью, допускается применение других тампонажных растворов.

3.2. При выборе рецептуры тампонажного раствора необходимо руководствоваться следующими критериями: глиноцементный раствор должен удовлетворительно прокачиваться поршневыми насосами тампонажных агрегатов, обладать максимально высокими структурно-механическими свойствами и быть устойчивым к агрессивному воздействию подземных вод.

3.3. Глиноцементные тампонажные растворы следует составлять путем добавления в необходимой пропорции в исходный глинистый раствор сухого цемента и реагентов-структурообразователей.

3.4. Для приготовления глиноцементных растворов необходимо использовать комовые глины полиминерального комплекса с содержанием песка не более 8—10%.

3.5. Глинистые растворы, используемые для приготовления глиноцементных тампонажных растворов, должны иметь следующую качественную характеристику:

— удельный вес, $\gamma = 1{,}18 \div 1{,}40$ г/см^3;
— содержание песка $П \leqslant 5\%$;
— условную вязкость по СПВ—5, $Т = 30 \div 90$ сек;
— статическое напряжение сдвига, $\Theta = 50 \div 150$ мг/см^2;
— водоотдачу по ВМ—6, $В = 25 \div 45$ см^3 за 30 мин.

3.6. Химический состав цемента, принятый для приготовления глиноцементного раствора, должен соответствовать характеру агрессивности подземных вод. В связи с повышенными требованиями к активности цемента в начальный период структурообразования следует применять цементы марки не ниже «400».

3.7. Дополнительные реагенты-структурообразователи глиноцементных растворов (жидкое стекло, кальцинированная сода, хлористый кальций и др.) следует подбирать в соответствии с условиями использования тампонажного раствора (агрессивностью подземных вод) и свойствами основных составляющих компонентов — глины и цемента.

3.8. Глиноцементный раствор, состоящий из глин, соответствующих требованиям, изложенным в п. 3.4. и предназначенный для использования в условиях сульфатной агрессии подземных вод, должен иметь следующее среднее содержание составляющих компонентов:

— глина комовая 25—45%;
— сульфатостойкий портландцемент М-400, — 8—10%;
— натриевое жидкое стекло с модулем (2,8÷3,2) — 0,8—1,0%;
— вода техническая 45—65%.

3.9. Глиноцементные тампонажные растворы, отличающиеся по составу от приведенных в п. 3.8, подлежат исследованиям для установления их соответствия техническим условиям, изложенным в п. 3.2. При этом, во всех случаях, глиноцементные растворы должны иметь следующие реологические и структурно-механические характеристики:

— динамическое напряжение сдвига, $\tau = 50 \div 200$ н/м^2;
— статическое напряжение сдвига, $\Theta = 1{,}5 \div 5{,}0$ г/см^2;
— пластическую прочность структуры (по методике академика П. А. Ребиндера) через 1 мин. после приготовления, $P_m = 1{,}5 \div 5{,}0$ г/см^2;
— пластическую прочность через 10 суток после приготовления, P_m^{κ} не менее 1,5 кг/см^2.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЗАВЕС

4.1. Изоляционные завесы вокруг шахтных стволов проектировать в соответствии с «Типовой схемой расчетов параметров изоляционных завес при сооружении стволов» и «Логико-информационной моделью расчетов водоподавления комплексным методом».

4.2. Проектные параметры изоляционных завес вокруг шахтных стволов должны обеспечивать получение их прочностных и изоляционных характеристик, удовлетворяющих требованиям к условиям проходки ствола, изложенным в СНиП, ч. III, раздел Б, гл. 9.69.

4.3. При проектировании предусматривать формирование изоляционных завес, как правило, раздельно по каждому водоносному горизонту. Допускается группирование близлежащих водоносных горизонтов в отдельную заходку для тампонирования при условии равенства коэффициентов их проницаемости и гидростатических напоров подземных вод.

4.4. Общие размеры изоляционной завесы вокруг ствола шахты в каждом из водоносных горизонтов рассчитывать из условия устойчивости тампонажного раствора в трещинах максимального раскрытия по уравнениям:

$$R_2 = \frac{\alpha \cdot \delta_{max} \cdot P_к}{2[P_m]} + r_c \qquad (1)$$

$$R_1 = \varepsilon(R_2 - r_c) + r_c \qquad (2)$$

где: R_1 и R_2 — размеры изоляционной завесы в направлении основных систем трещиноватости, м;

α — коэффициент запаса прочности изоляционной завесы;

δ_{max} — максимально наблюденное раскрытие трещин на участке, м;

$P_к$ — напор подземных вод, кг/см^2;

r_c — радиус шахтного ствола в проходке, м;

$[P_m]$ — допустимая пластическая прочность тампонажного раствора, кг/см^2;

ε — коэффициент трещинной анизотропии.

4.5 Величину допустимой пластической прочности глиноцементных растворов следует определять по данным экспериментальных лабораторных и производственных исследований и в соответствии с теорией прочности сопротивления материалов.

4.6. Коэффициент запаса прочности α принимать в пределах 2÷5 с учетом сложности горногеологических условий и достоверности используемых для расчетов исходных данных.

4.7. Оптимальное число точек нагнетания (скважин) для формирования изоляционной завесы в каждом отдельном водносном горизонте следует определять графическим путем (см. рис. 1) исходя из общих размеров изоляционной завесы и максимально-возможного расчетного контура распространения тампонажного раствора из одиночной скважины.

4.8. Размеры контура распространения тампонажного раствора при нагнетании из отдельной скважины следует определять по уравнениям, исходя из гидродинамических свойств конкретного водоносного горизонта, реологической

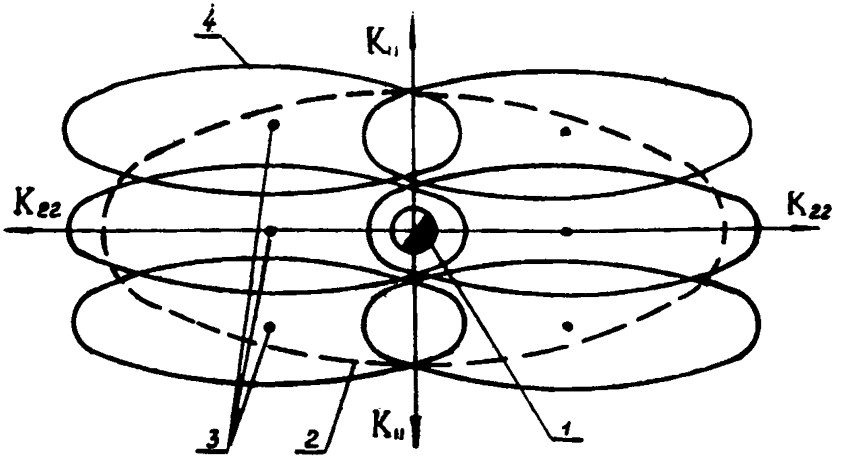


Рис. 1. Схема формирования изоляционной завесы вокруг ствола шахты: 1 — шахтный ствол; 2 — расчетные размеры изоляционной завесы вокруг шахтного ствола; 3 — точки нагнетания (тампонажные скважины); 4 — расчетные контуры распространения тампонажного раствора из скважины

характеристики раствора и технических возможностей тампонажного оборудования:

$$r_2 = \frac{\delta_{22} \cdot \Delta P}{2\tau} \qquad (3)$$

$$r_1 = \varepsilon \cdot r_2 \qquad (4)$$

где: r_1 и r_2 — радиусы распространения тампонажного раствора в направлении систем трещиноватости, м;

δ_{22} — раскрытие трещин основной системы, м;

ΔP — перепад давления при течении тампонажного раствора в трещинах горных пород, кг/см^2;

τ — динамическое напряжение сдвига, кг/см^2;

ε — коэффициент трещинной анизотропии;

ΔP рассчитывается по уравнению:

$$\Delta P = P_н + P_г - \Delta P_т - P_к \qquad (5)$$

где: $P_н$ — давление, развиваемое насосом в принятом оптимальном режиме, кг/см^2;

$P_г$ — гидростатическое давление столба тампонажного раствора в трубах, кг/см^2;

$\Delta P_т$ — потери напора при течении тампонажного раствора в скважине, кг/см^2;

$P_к$ — напор подземных вод, кг/см^2.

4.9. Количество тампонажных скважин и схема рационального их расположения на поверхности около шахтного ствола определяется графическим путем (см. рис. 2) с учетом следующих факторов:

— естественного искривления скважин на участке работ;

— количества и глубины залегания водоносных горизонтов;

— элементов простирания основных систем трещиноватости;

— расположения проходческого оборудования, зданий и сооружений на площадке строительства шахтного ствола;

— возможности совмещения тампонажных работ с работами по оснащению ствола к проходке.

4.10. Объем тампонажного раствора для формирования изоляционных завес вокруг ствола V определяется по формулам:

$$V = \sum_{i=1}^{m} V_i \qquad (6)$$

$$V_i = \pi \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot M \cdot m_т \cdot n \qquad (7)$$

где: V_i — объем тампонажного раствора для изоляции водоносного горизонта, м^3;

r_1 и r_2 — радиусы распространения тампонажного раствора в направлении основных систем трещиноватости, м;

M — мощность водоносного горизонта, м;

$m_т$ — скважность (трещинная пустотность) горных пород, доли ед.,

n — количество скважин, предназначенных для тампонажа данного конкретного водоносного горизонта

5. БУРЕНИЕ ТАМПОНАЖНЫХ СКВАЖИН

5.1. Тампонажные скважины относятся к классу специальных скважин. Поэтому оборудование, предназначенное для их бурения, должно обеспечивать:

— направленную забурку скважин и возможность их бурения в сложных горногеологических условиях;

— возможность выполнения в скважинах специальных работ — установку и снятие отклоняющих устройств, пакеров, тампонажных пробок и др.

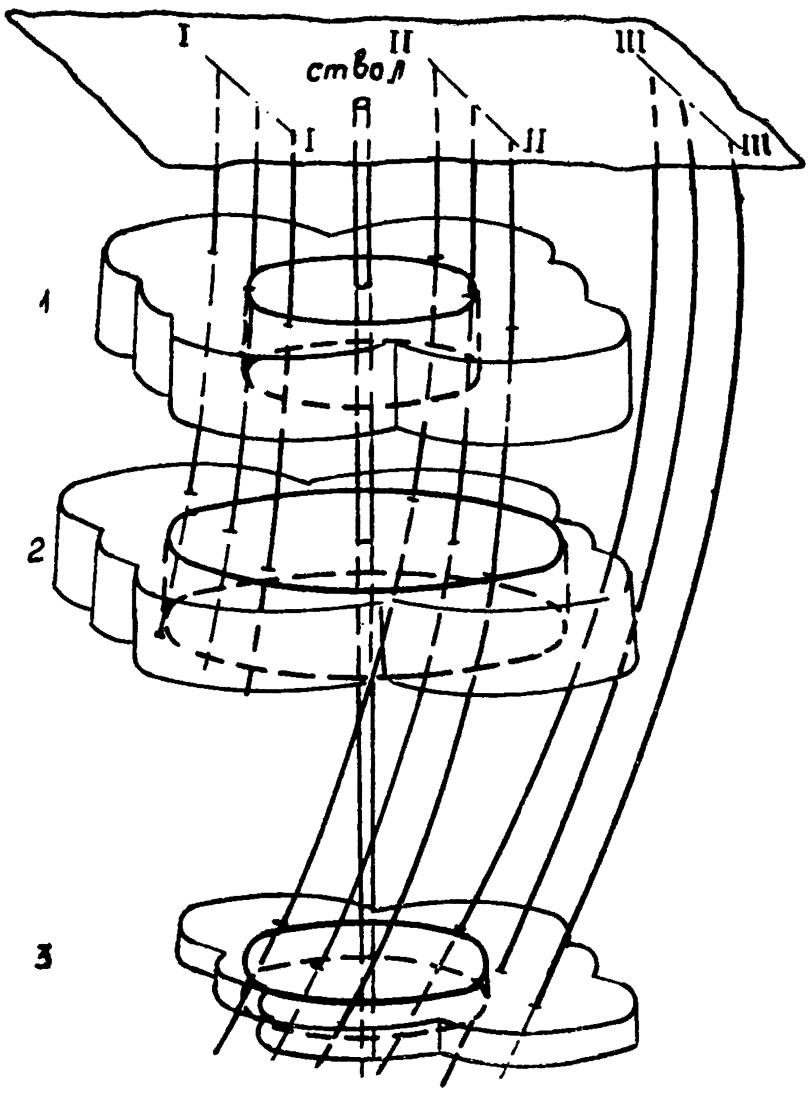


Рис. 2. Принципы выбора количества тампонажных скважин и схемы рационального их расположения на поверхности.

5.2. Бурение тампонажных скважин следует предусматривать, как правило, агрегатами с электроприводом. Бурение агрегатами с дизельным приводом можно предусматривать только в виде исключения при невозможности подведения электроэнергии к моменту начала буровых работ.

Турбинное бурение может быть применено только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

5.3. При наличии в породах, пересекаемых стволом, крутопадающих трещин (с углами наклона более 60÷70°) необходимо предусматривать наклонно-направленное бурение с целью подсечения скважиной возможно большего числа трещин. Для упрощения технологии буровых работ следует принимать такое проектное искривление скважин, которое соответствует их естественному положению. Это искривление следует устанавливать путем статистической обработки данных по группе близлежащих разведочных скважин.

5.4. Конструкция тампонажных скважин должна быть максимально простой. При этом за основу может быть принята следующая примерная конструкция скважины:

— устье скважины должно быть оборудовано направляющей трубой длиной 2 м с наружным диаметром 219—243 мм;

— верхняя часть скважины должна быть закреплена кондуктором из обсадных труб диаметром 127—146 мм. Длину кондуктора определять расчетным путем;

— тампонажную скважину от башмака кондуктора до проектной глубины следует бурить буровым инструментом диаметром не менее 93 мм.

5.5. В сложных горногеологических условиях, при пересечении стволом неустойчивых пород, допускается применение других конструкций скважин.

5.6. Необходимо предусматривать надежную цементацию обсадных колонн, обеспечивающую возможность нагнетания тампонажных растворов через загерметизированное устье скважины при высоких давлениях.

5.7. При определении объемов и стоимости буровых работ следует руководствоваться классификацией пород по категориям буримости, приведенной в СНиП—65, ч. IV.

5.8. Технологические режимы бурения тампонажных скважин (число оборотов бурового инструмента, давление на забой скважины; количество промывочной жидкости) выбирать оптимальным для конкретных горногеологических условий, в зависимости от диаметра бурения, типа бурового наконечника и глубины скважины.

5.9. В проекте приводить типовой геолого-технический наряд на бурение тампонажных скважин, в котором должны содержаться следующие данные:

— литология пересекаемых пород;
— интервалы водоносных горизонтов;
— интервалы возможных осложнений при бурении;
— конструкция скважин;
— технологические режимы бурения скважин;
— проектные искривления скважины;
— интервалы постановки отклоняющих устройств;
— интервалы постановки пакерующих устройств;
— проектируемые исследования в скважинах;
— тип бурового оборудования.

6. ИССЛЕДОВАНИЯ В ТАМПОНАЖНЫХ СКВАЖИНАХ

6.1. Эффективность работ по водоподавлению, в основном, зависит от того, насколько полно и всесторонне учтены горнотехнические и гидрогеологические условия проходки данного шахтного ствола, включая гидродинамические характеристики и параметры трещиноватости каждого из пересекаемых при проходке водоносных горизонтов. Учитывая, что эти данные могут быть получены только путем проведения соответствующих исследований в тампонажных скважинах, в проектах тампонажных работ необходимо предусматривать проведение комплекса расходометрических, гидродинамических и геофизических исследований в тампонажных скважинах. В результате этих исследований определяется:

— фактическое местоположение водоносных горизонтов;

— уточняется геологический разрез пород, пересекаемых стволом с помощью гамма-каротажа, гамма-гамма-каротажа или электрокаротажа;

— устанавливаются гидродинамические характеристики водоносных горизонтов;

— определяются фактические диаметры тампонажных скважин;

— устанавливается степень искривления скважин.

6.2. Определение фактического местоположения водоносных горизонтов и изучение их гидродинамических характеристик производить следующими методами:

— методом расходометрии, с помощью скважинных расходомеров типа ДАУ-3М;

— методом наблюдения за восстановлением давления в скважине.

6.3. Предусматривать проведение расходометрических исследований и наблюдений за восстановлением давления в скважине в трех различных режимах. В результате этих исследований должна быть построена полная индикаторная кривая и кривые восстановления давления, на основании которых определяются:

— гидростатические напоры каждого из водоносных горизонтов;

— коэффициент фильтрации и коэффициенты проницаемости;

— величины скважности (трещинной пустотности) горных пород проницаемых горизонтов.

6.4. Для определения коэффициента трещинной анизотропии горных пород, характеризующего соотношение коэффициентов проницаемости основных систем трещиноватости по направлениям координатных осей, предусматривать специальные гидрогеологические исследования в кусте пробуренных тампонажных скважин путем нагнетания жидкости из них и одновременного замера изменения статических уровней жидкости в остальных скважинах, являющихся наблюдательными. По данным исследований, на плане вокруг нагнетательной скважины строятся гидроизогипсы напоров (см. рис. 3). Коэффициент трещинной анизотропии определяется из следующих соотношений:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{K_{11}}{K_{22}}} = \frac{R_1^1}{R_2^1} \qquad (8)$$

где: ε — коэффициент трещинной анизотропии;

K_{11} и K_{22} — коэффициенты проницаемости основных систем трещиноватости;

R_1^1 и R_2^1 — минимальное и максимальное расстояние от точки возбуждения до одноименной гидроизогипсы.

6.5. Для привязки результатов гидродинамических исследований к литологии разреза предусматривать выполнение следующих геофизических исследований: ПЗ — потенциал зонд; ГрЗ — градиент зонд; ГК—ГГК — гамма-каротаж и гамма-гамма-каротаж в масштабе 1 : 200, выполняемых поинтервально для каждых 300 м по длине ствола.

6.6. В процессе бурения тампонажных скважин предусматривать замер их искривления (инклинометрию) через 50 метров, с интервалами детализации — 10 м.

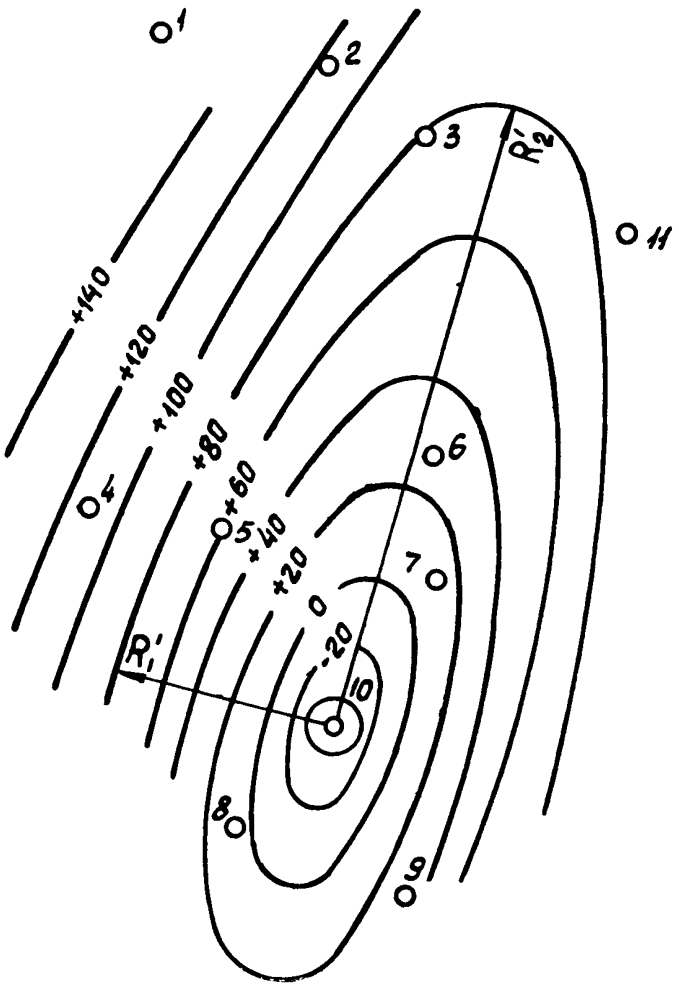


Рис. 3. План гидроизогипс в зоне возмущающей скважины.

7. ТЕХНОЛОГИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ

7.1. Глиноцементные тампонажные растворы следует приготавливать непосредственно в процессе производства тампонажных работ, путем введения в исходный глинистый раствор соответствующего количества сухого цемента и необходимых реагентов-структурообразователей по специальной технологической схеме (см. рис. 4).

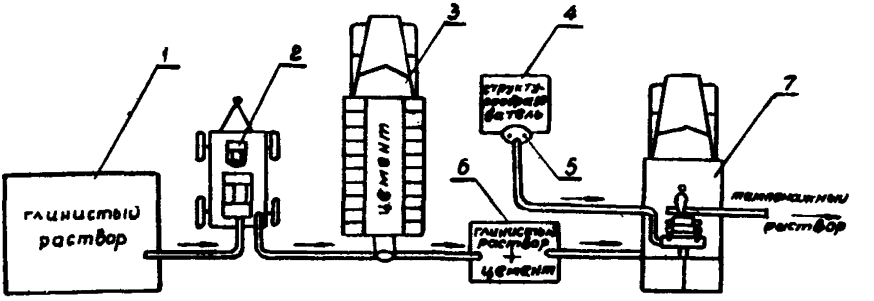


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема приготовления глиноцементных тампонажных растворов:
1 — емкость-накопитель глинистого раствора; 2 — насос; 3 — смесительная машина; 4 — емкость со структурообразователем; 5 — насос для подачи структурообразователя; 6 — емкость; 7 — тампонажный насос.

7.2. Для приготовления исходных глинистых растворов предусматривать вблизи проходимого ствола сооружение специальной глиностанции. Примерный набор технологического оборудования типовой глиностанции в расчете на одну технологическую линию производительностью 150÷300 м³/сутки приведен в таблице 1.

Таблица 1

№ № п. п.	Наименование	Тип оборудования	К-во
1.	Глиномешалка	ФСМ-7; ФСМ-9	2—3
2.	Дезинтегратор (центробежный диспергатор)	ДС-1	2—3
3.	Насос шламовый	ШН-270/40	4—6
4.	Емкость-накопитель	бетонная, 250 м³	1—2
5.	Пневмопогрузчик глины:		
	а) кран-балка	пролет 14 м	1
	б) тельфер	Л-Ш-30	1
	в) грейфер	КС-3	1
	г) компрессор	ВУ-6/4	1—2

7.3. При необходимости применения для приготовления глинистых растворов глин с повышенным содержанием песка следует предусматривать установку на глиностанции гидроциклонов для очистки раствора от песка.

7.4. Для повышения производительности глиностанции при производстве тампонажных работ в зимний период предусматривать предварительное дробление мерзлой комовой глины в специальных дробилках или мельницах.

7.5. В целях обеспечения получения глинистого раствора с заданными параметрами следует предусматривать оборудование глиностанции стандартными контрольно-измерительными приборами, входящими в комплект лаборатории глинистых растворов типа ЛГР-2.

7.6. Для обеспечения непрерывного технологического процесса приготовления и нагнетания глиноцементных растворов в скважины на участке работ должно быть предусмотрено следующее тампонажное оборудование, схема расположения которого приведена на рис. 5:

— тампонажный агрегат ЦА-320М — 2 шт.
— смесительная машина 2СМН-20 — 2 шт.
— поршневые насосы 9МГР с приводом от электродвигателя — 2 шт.
— устройство для дозировки жидких структурообразователей конструкции управления «Спецтампонажгеология» — 1 шт.

7.7. Для того, чтобы обеспечить нагнетание тампонажного раствора через скважины, пробуренные с поверхности, строго в определенные горизонты, необходимо предусматривать при производстве тампонажных работ применение одной из указанных в настоящем пункте технологических схем 7.7.1, 7.7.2 и 7.7.3.

7.7.1. В устойчивых породах следует применять схему нагнетания восходящими заходками с использованием для перекрытия ствола скважины пакерующих устройств типа ДАУ-1 (рис. 6, I).

7.7.2. В неустойчивых породах можно применять схему нагнетания нисходящими заходками с креплением скважины до кровли подлежащего тампонированию водоносного горизонта обсадными трубами (рис. 6, II). При этом допускается перекрытие скважины трубами с последующей их перфорацией в интервале водоносного горизонта.

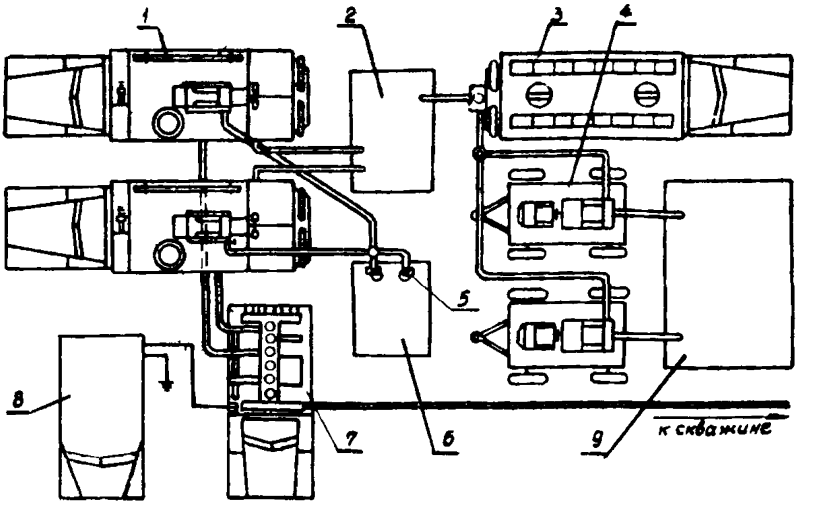


Рис. 5. Схема рационального расположения и обвязки комплекса тампонажного оборудования:
1 — агрегат ЦА-320М; 2 — емкость; 3 — смесительная машина СМН-20; 4 — насос 9МГР; 5 — насос для подачи структурообразователя; 6 — емкость со структурообразователем; 7 — манифольдный блок МБ-700; 8 — лаборатория станции СКЦ-2М; 9 — емкость-накопитель глинистого раствора.

7.7.3. Возможна также схема селективного нагнетания с использованием для перекрытия ствола скважины двойных пакерующих устройств типа ДАУ-1-2 и комбинации пакера типа ДАУ-1 и гидромеханической пробки типа ДАУ-2 (рис. 6, III и IV).

7.8. При производстве тампонажных работ должен быть обеспечен непрерывный контроль за технологическими параметрами нагнетания глиноцементного раствора в скважину с помощью автоматической станции контроля СКЦ-2М, которая позволяет определять плотность раствора, давление нагнетания, мгновенный расход и объем закачанного раствора. Кроме того, следует предусматривать оперативный (систематический) отбор проб приготовленного тампонажного раствора и измерения пластической прочности по методу академика П. А. Ребиндера.

7.9. При производстве тампонажных работ необходимо предусматривать промывку нагнетательных ставов труб как по окончании нагнетания расчетного объема глиноцементного раствора в водоносный горизонт, так и при любой оста-

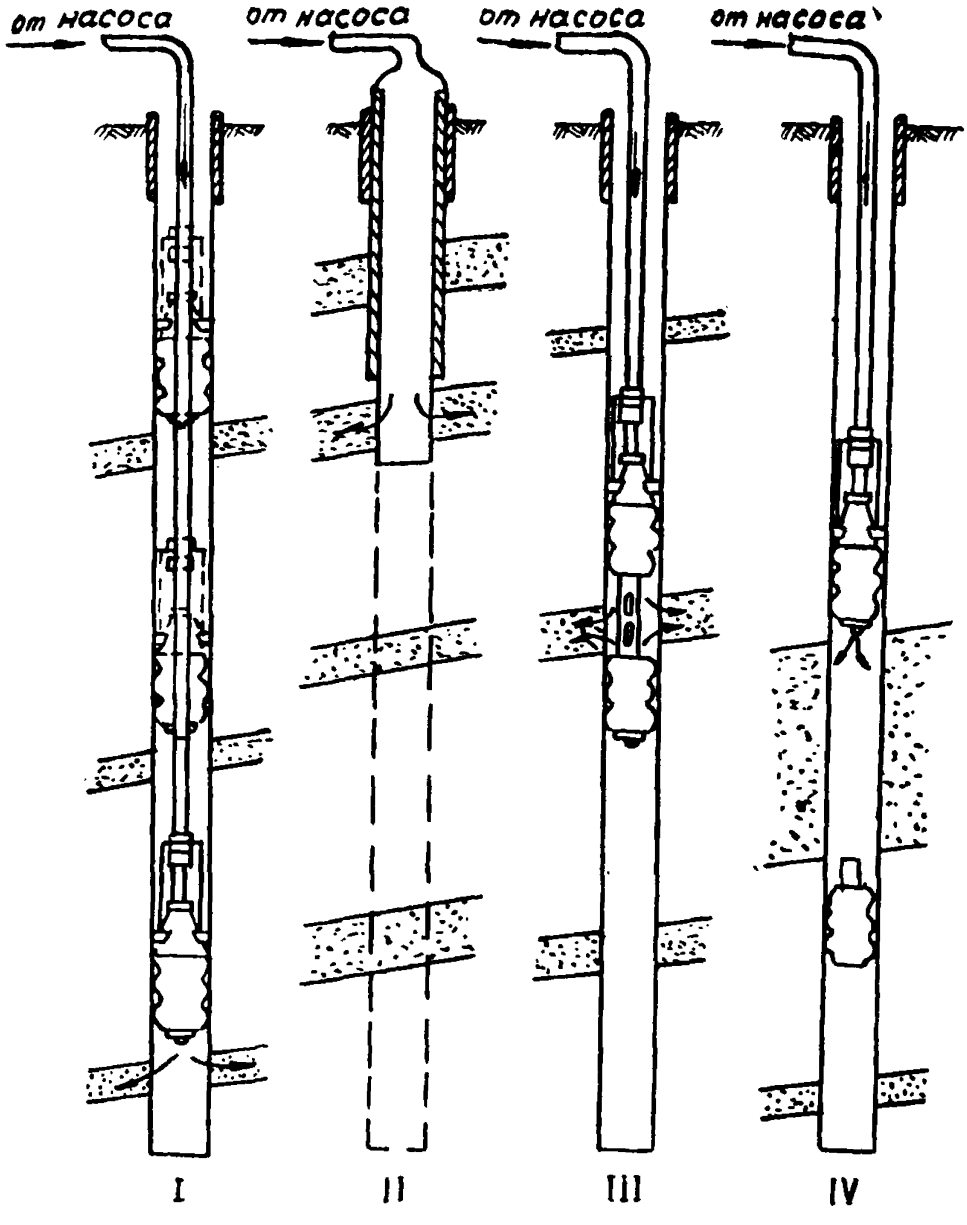


Рис. 6. Технологические схемы нагнетания:
I — схема нагнетания восходящими заходками с использованием для перекрытия ствола скважины пакерующих устройств.
II — схема нагнетания нисходящими заходками с креплением ствола скважины до кровли тампонируемого водоносного горизонта обсадными трубами.
III—IV — схемы селективного нагнетания с использованием для перекрытия ствола скважины двойных пакерующих устройств.

новке процесса нагнетания продолжительностью более 10—20 минут.

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ

8.1. При проектировании предусматривать контроль качества тампонажных работ методами, позволяющими оценить надежность изоляции водоносных горизонтов до начала проходки ствола.

8.2. В качестве основного метода контроля качества изоляции водоносных горизонтов, принимать метод анализа изменения фильтрационных свойств горных пород по мере нагнетания тампонажного раствора в скважины, разработанный управлением «Спецтампонажгеология». В соответствии с этим методом следует осуществлять:

— расчет минимально допустимого остаточного коэффициента проницаемости водоносных горных пород

$$K_{min} = \frac{K_{ср} \cdot Q_{min}}{Q} \qquad (9)$$

где: K_{min} — допустимый остаточный коэффициент проницаемости обводненных горных пород, м^2;

$K_{ср}$ — средневзвешенное значение коэффициента проницаемости всех водоносных горизонтов, вскрываемых стволом, м^2;

Q — суммарный прогнозный приток воды в ствол, м^3/час;

Q_{min} — допустимый остаточный приток воды в ствол, м^3/час (согласно СНиП, ч. III, раздел Б, 9—69);

— повторные расходометрические и гидродинамические исследования в каждой последующей тампонажной скважине после окончания нагнетания раствора в предыдущую скважину;

— сравнение коэффициентов проницаемости, полученных до и после нагнетания раствора по мере производства тампонажных работ.

8.3. Результаты контроля качества тампонажных работ для каждого водоносного горизонта следует представлять в виде графика (см. рис. 7). На оси абсцисс откладывать номера скважин в порядке очередности проведения тампонажа, а на оси ординат значения коэффициентов проницаемости,

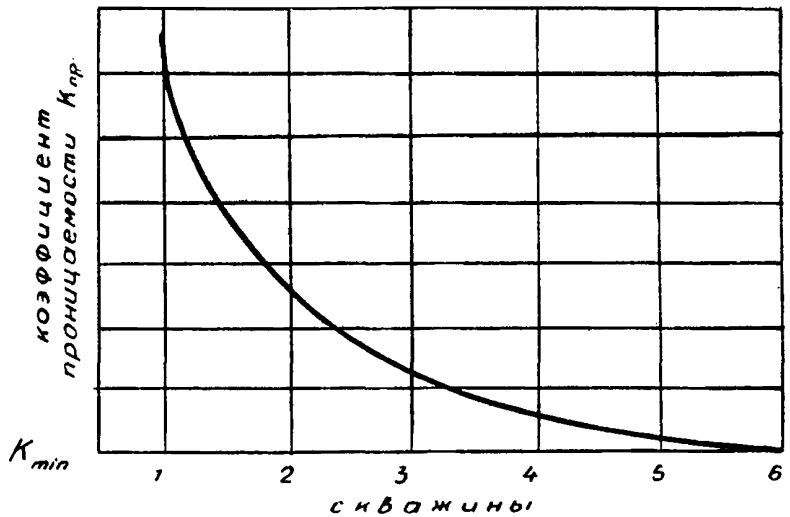


Рис. 7. Характер изменения коэффициента проницаемости водоносного горизонта в процессе нагнетания тампонажного раствора по скважинам.

замеренные перед нагнетанием раствора в соответствующую скважину. Полученная при этом кривая характеризует снижение проницаемости водоносного горизонта по мере производства тампонажных работ.

8.4. Тампонажные работы считаются выполненными удовлетворительно, если каждое последующее измерение фиксирует неуклонное снижение проницаемости водоносных горизонтов, а коэффициенты проницаемости, определенные перед нагнетанием в последней тампонажной скважине, окажутся ниже или равными допустимым расчетным.

8.5. При получении результатов, отличных от предусмотренных п. 8.4, тампонажные скважины следует разбурить и провести дополнительное нагнетание тампонажного раствора в объемах, соответствующих остаточной проницаемости горных пород конкретных водоносных горизонтов.

8.6. Для определения качества и надежности выполненных тампонажных работ допускается, при соответствующем обосновании, бурение специальных контрольных скважин с проведением в них комплекса исследований с целью определения остаточной проницаемости горных пород данного водоносного горизонта.

8.7. Исследования в тампонажных скважинах с целью контроля качества тампонажных работ выполнять в соответствии с требованиями раздела 6.

9. ОРГАНИЗАЦИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ

9.1. При проектировании тампонажных работ предусматривать сроки их выполнения, с учетом продолжительности подготовительного периода строительства данного горного предприятия.

9.2. Техническую оснащенность участка тампонажных работ следует определять в зависимости от проектируемых объемов и сроков продолжительности выполнения тампонажных работ. При этом устанавливается:

— количество одновременно работающих буровых агрегатов;

— производственная мощность глиностанции;

— количество агрегатов, участвующих. в приготовлении и нагнетании тампонажного раствора;

— общее число трудящихся, занятых на основных и вспомогательных работах, а также количество обслуживающего персонала;

— площадь административно-бытовых помещений.

9.3. Конструкцию здания глиностанции, тампонажного узла, склада глины, емкостей-накопителей и насосной станции следует принимать в зависимости от климатических условий района работ, руководствуясь данными, приведенными в табл. 2.

9.4. При проектировании комплекса зданий по приготовлению глинистого и тампонажного раствора, насосных станций и других сооружений целесообразно предусматривать применение сборных несущих и ограждающих конструкций зданий, сборных инвентарных фундаментов под оборудование и др.

9.5. Объемно-планировочные и конструктивные решения глиностанции, тампонажного узла и вспомогательных сооружений должны обеспечить минимальные размеры площади застройки и минимальную протяженность коммуникаций; максимальную механизацию и автоматизацию производственных процессов и безопасные условия труда. Для этого необходимо предусматривать: строительство специальной площадки для разгрузки глины в ж.-д. тупике, оборудован-

Таблица 2

Наименование зданий и сооружений	Районы с расчетной зимней температурой ниже минус 10° С		Районы с расчетной зимней температурой выше минус 10° С	
	характеристика зданий и сооружений	расчетная температура внутри зданий	характеристика зданий и сооружений	расчетная температура внутри зданий
Здание глиностанции	утепленное, отапливаемое	+15°	утепленное, отапливаемое	+15°
Здание склада глиностанции	утепленное, отапливаемое	+5°	неутепленное, неотапливаемое	—
Здание тампонажного узла	утепленное, отапливаемое	+5°	—»—	—
Емкости-накопители	утепленные с подогревом	+5°	утепленные, без подогрева	—
Здание насосной станции	утепленное с подогревом	+5°	неутепленное	—

ной средствами механизированной разгрузки глины из вагонов и погрузки в автотранспорт;

— дистанционное управление насосами для подачи воды на глиностанцию и глинистого раствора от глиностанции к тампонажному узлу.

9.6. При проектировании производственных зданий технологического комплекса по приготовлению и нагнетанию глиноцементных растворов учитывать требования:

— СНиП II—М, 2—72, глава «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования»;

— СН 245—72, «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»;

— СНиП II—А, 5—70, «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений».

9.7. При проектировании на объекте работ типового технологического комплекса, включающего временные здания и сооружения, целесообразно нормирование стоимости их сооружения, транспортировки и монтажа оборудования осуществлять по дополнительным районным расценкам в виде единовременных затрат для всего технологического комплекса.

9.8. Затраты, связанные с организацией и ликвидацией тампонажных работ, камеральными работами по геофизическим, каротажным и другим исследованиям должны определяться по соответствующим СУСНам на геологоразведочные работы.

9.9. При организации тампонажных работ следует предусматривать наиболее экономичные схемы транспортировки глины, цемента, реагентов-структурообразователей и воды, а также глинистого раствора на площадку работ.

9.10. В проектах предусматривать круглосуточный режим работы тампонажного участка при непрырывной рабочей неделе:

— трех восьмичасовых сменах в сутки при производстве работ по бурению скважин, приготовлению и нагнетанию тампонажных растворов;

— двух восьмичасовых сменах в сутки при работах по монтажу, демонтажу и транспортировке оборудования.

9.11. При проектировании работ по тампонажу обводненных горных пород через скважины, пробуренные с поверхности земли необходимо руководствоваться:

— «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах». М., Недра, 1973 г.

— «Правилами безопасности в нефтегазодобывающей промышленности». М., Недра, 1968 г.

— «Правилами безопасности при геологоразведочных работах». М., Недра, 1972 г.

Приложение 1

ТИПОВАЯ СХЕМА РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЗАВЕС ПРИ СООРУЖЕНИИ СТВОЛОВ

1. Исходные данные для расчетов

а) Характеристика объекта работ

Объектом работ является шахтный ствол с параметрами:
— диаметр в проходке — 5,7 м;
— проектная глубина — 720 м;
— вид крепи: монолитная бетонная;
— толщина крепи — 350 мм;
— назначение ствола: вентиляционный.

б) Гидрогеологические условия участка

Участок расположения шахтного ствола характеризуется наличием в разрезе горных пород водоносных горизонтов, представленных трещиноватыми известняками, песчаниками и песчаными сланцами. Гидрогеологическая характеристика участка приводится в следующей таблице.

Таблица 3

№№ пп.	Интервалы водоносных горизонтов, м	Мощность, м	Напор подземных вод, м. вод. ст, $P_к$	Коэф. проницаемости, дарси	Скважность, $m_т$, %	Среднее раскрытие трещин основной системы, мм	Ожидаемый приток воды в ствол, $м^3$/час
I	25,7—59,0	33,3	49,0	1,76	0,60	1,8	100
. . .	. . . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
VI	681,0—717,0	36,0	627,0	0,05	0,19	1,0	20
	ИТОГО:	280,0					340

Максимальное наблюденное раскрытие трещин горных пород на участке работ составляет $\delta_{max}=0{,}10$ м.

Коэффициент трещинной анизотропии (ε) равен 0,6.

Подземные воды обладают сульфатной агрессией.

2. Расчет параметров формирования изоляционных завес.

а) Состав тампонажного раствора.

Для условий сульфатной агрессии подземных вод предусматривается использовать глиноцементный тампонажный раствор, приготовляемый на основе каолиновых глин Дружковского рудоуправления УССР путем добавки на 1 м^3 исходного глинистого раствора с удельным весом 1,20 г/см^3 100 кг сульфатостойкого портландцемента марки «400» и 10 кг жидкого стекла (силиката натрия с модулем 2,8÷3,2).

Характеристика глиноцементного тампонажного раствора:

— динамическое напряжение сдвига $\tau=140$ н/м^2;

— пластическая прочность структуры через 1 мин. после приготовления) $P_m=4{,}76$ г/см^2;

— пластическая прочность (конечная) $P_m^{\kappa}=2{,}15$ кг/см^2;

— допустимая пластическая прочность $[P_m]=0{,}240$ кг/см^2;

— удельный вес $\gamma=1{,}25$ г/см^3.

б) Расчет изоляционных завес вокруг ствола.

Общие размеры изоляционной завесы вокруг шахтного ствола в каждом из водоносных горизонтов рассчитываются по уравнениям (1) и (2) из условия устойчивости слоя тампонажного раствора в трещинах максимально наблюденного на участке работ раскрытия:

$$R_2=\frac{\alpha\cdot\delta_{max}\cdot P_к}{2[P_m]}+r_c$$

$$R_1=\varepsilon(R_2-r_c)+r_c$$

При коэффициенте запаса прочности $\alpha=3$ размеры изоляционной завесы вокруг ствола в интервале VI водоносного горизонта (681.0—717.0) составляют:

$$R_2=\frac{3\cdot0{,}1\cdot62{,}7}{2\cdot0{,}240}+\frac{5{,}7}{2}=42{,}0\text{ м}$$

$$R_1 = 0{,}6\left(42{,}0 - \frac{5{,}7}{2}\right) + \frac{5{,}7}{2} = 26{,}3 \text{ м}$$

Для вышерасположенных водоносных горизонтов изоляционные завесы рассчитываются аналогично.

в) Расчет размеров контура распространения тампонажного раствора из скважины.

Расчет размеров контура распространения тампонажного раствора из отдельной скважины производится по уравнениям (3), (4) и (5) с учетом гидродинамических свойств конкретного водоносного горизонта, реологической характеристики раствора и технических возможностей тампонажного оборудования.

$$r_2 = \frac{\delta_{22} \cdot \Delta P}{2\tau}$$

$$r_1 = \varepsilon \cdot r_2$$

$$\Delta P = P_н + P_г - \Delta P_т - P_к$$

В данной «Типовой схеме расчетов» расчет производится исходя из технической характеристики насоса 9Т агрегата ЦА-320М (табл. 4).

Таблица 4

Диаметр цилиндров насоса, мм	Скорость двигателя	Расход нагнетания, л/сек.	Давление, развиваемое насосом, $P_н$, кг/см²
100	2	2,9	320
»	3	4,4	182
»	4	7,9	103
115	2	4,0	230
»	3	6,0	134
»	4	10,7	75
127	2	4,9	185
»	3	7,5	109
»	4	13,3	61

Как показал опыт, чаще всего оптимальным режимом работы агрегата ЦА-320М при продолжительном периоде нагнетания является 3 скорость при диаметре цилиндров насоса 100 мм, расходе 4,4 л/сек. и давлении 182 кг/см².

Потери напора при течении тампонажного раствора в трубах диаметром 50 мм (ГОСТ 7909—56) $\Delta P_т$ принимаются по экспериментальным данным.

Потери напора на 100 м длины труб приведены в табл. 5.

Таблица 5

Расход нагнетания, л/сек.	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Потери напора на 100 м труб, кг/см²	13,5	14,1	15,0	16,0	17,6	20,0	22,7	26,0

Тогда потери напора при протяженности горизонтального участка 50 м и вертикального 681 м, при оптимальном режиме нагнетания (4,4 л/сек.) составляют:

$$\Delta P_т = \frac{(681+50)\cdot 17{,}3}{100} = 123 \text{ кгс/см}^2$$

Гидростатическое давление столба тампонажного раствора в трубах при глубине водоносного горизонта 681,0 м и удельном весе тампонажного раствора 1,25 г/см³ равно:

$$P_т = \frac{681{,}0\cdot 1{,}25}{10} = 83 \text{ кг/см}^2$$

Подстановкой в уравнение (5) численных значений входящих величин определяется перепад давления ΔP на преодоление гидравлических сопротивлений, возникающих при течении тампонажного раствора в трещинах горных пород:

$$\Delta P = 182{,}0+83{,}0-123{,}0-63{,}0 = 79{,}0 \text{ кгс/см}^2$$

Расчетные размеры контура распространения тампонажного раствора из отдельной скважины при перепаде давления $\Delta P = 79$ кг/см² составляют:

$$r_2 = \frac{1{,}0\cdot 10^{-3}\cdot 79}{2\cdot 140\cdot 10^{-5}} = 28{,}2 \text{ м}$$

$$r_1 = 0{,}6\cdot 28{,}2 = 17{,}5 \text{ м}$$

Для вышерасположенных водоносных горизонтов размеры контуров распространения тампонажного раствора из отдельной скважины рассчитываются аналогично.

г) Определение количества тампонажных скважин.

Оптимальное количество точек нагнетания (скважин) для формирования изоляционной завесы в конкретном водоносном горизонте определяется графическим путем, как показано на рис. 8, исходя из общих размеров изоляционной завесы вокруг шахтного ствола и контуров распространения тампонажного раствора из отдельной скважины. Выполненные расчеты показали: для постановки изоляционной завесы в интервале водоносного горизонта 681.0—717.0 м необходимо пробурить 4 тампонажные скважины (рис. 8).

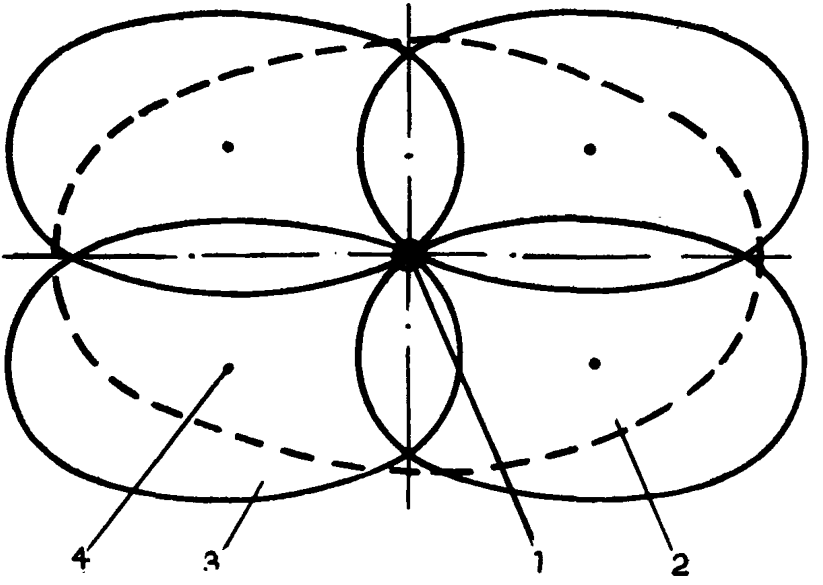


Рис. 8. Схема определения количества точек нагнетания (тампонажных скважин) на примере расчета параметров формирования изоляционной завесы в интервале водоносного горизонта 681—717 м:
1 — проектируемый шахтный ствол; 2 — контур расчетной изоляционной завесы (R_2=42,0 м, R_1=26,3 м,; 3 — контур распространения тампонажного раствора из отдельной скважины (r_2=28,2 м, r_1=17,5 м); 4 — точки нагнетания (тампонажные скважины).

Количество необходимых тампонажных скважин для постановки изоляционных завес в вышерасположенных водоносных горизонтах определяется аналогично. Однако при этом следует учитывать требования п. 4.9 настоящих «Норм технологического проектирования».

д) Расчет необходимого объема тампонажного раствора.

Расчет объема тампонажного раствора для формирования изоляционной завесы в пределах отдельного водоносного горизонта производится по формуле (7):

$$V_1 = \pi \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot M \cdot m_т \cdot n$$

На примере полученных численных значений входящих величин объем тампонажного раствора, необходимый для изоляции водоносного горизонта 681.0—717.0 м, составит:

$$V_1 = 3{,}14 \cdot 17{,}5 \cdot 28{,}2 \cdot 36 \cdot 0{,}19 \cdot 10^{-2} \cdot 4 = 412 \text{ м}^3$$

3. Расчет допустимой остаточной проницаемости горных пород при контроле качества тампонажных работ.

Расчет минимального допустимого остаточного коэффициента проницаемости водоносных горных пород производится по уравнению (9):

$$K_{min} = \frac{K_{ср} \cdot Q_{min}}{Q}$$

Среднее значение коэффициента проницаемости $K_{ср}$ всех водоносных горизонтов, пересекаемых стволом, определяется из следующего выражения:

$$K_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i \cdot M_i \cdot P_{к_i}}{\sum_{i=1}^{n} M_i \cdot P_i} \qquad (10)$$

где: K_i — коэффициент проницаемости i-го водоносного горизонта, м^2;

M_i — мощность i-го водоносного горизонта, м;

$P_{к_i}$ напор подземных вод i-го водоносного горизонта, м. вод. ст.;

n — количество водоносных горизонтов.

Исходные данные для расчета средневзвешенного значения коэффициента проницаемости $K_{ср}$ приводятся в следующей таблице.

Таблица 6

№№ пп.	Интервалы водоносных горизонтов, м	Коэф. проницаемости, дарси	Напор подземных вод, $P_{к_i}$ м. вод. ст,	Мощность обводненных горных пород M_i, м	$M_i \cdot P_{к_i}$	$K_i \cdot M_i \cdot P_{к_i}$
I	25,7—59,0	1,76	49,0	20,0	980,0	1725,0
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
VI	663,0—717,0	0,05	627,0	36,0	22600,0	1130,0
					$\sum_{i=1}^{n} = 182510$	$\sum_{i=1}^{n} = 26870$

Среднее значение коэффициента проницаемости $K_{ср}$ равно:

$$K_{ср} = \frac{26870 \cdot 10^{-12}}{182510} = 0{,}15 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$$

Подставляя в уравнение (9) значения рассчитанного среднего коэффициента проницаемости $K_{ср} = 0{,}15 \cdot 10^{-12}$ м^2, суммарного прогнозного притока воды в ствол $Q = 340$ м^3/час и допустимого остаточного притока воды в ствол (для угольных шахт) согласно СНиПу, равного $Q_{min} = 5$ м^3/час, рассчитывается значение минимального допустимого коэффициента проницаемости водоносных горных пород:

$$K_{min} = \frac{0{,}15 \cdot 10^{-12} \cdot 5}{340} = 0{,}0022 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$$

Примечание: Исходные величины: коэффициенты проницаемости горных пород, скважность; среднее раскрытие трещин и др., используемые в данных расчетах, должны быть получены по данным гидродинамических исследований в контрольно-разведочной скважине с использованием известных уравнений подземной гидродинамики.

Приложение II

ЛОГИКО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ВОДОПОДАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ

Логико-информационная модель обобщает методику проектирования основных параметров изоляционных завес и определения физических, стоимостных и временных показателей тампонажных работ через скважины, пробуренные с поверхности, при сооружении шахтных стволов.

Последовательность выполнения операций по проектированию тампонажа комплексным методом представлена на схеме (см. рис. 9). Принципы оптимизации параметров водоподавления в процессе проектирования даны в «Логико-информационной модели» (см. рис. 10). Блок А заключает в себе типовую схему расчетов параметров формирования изоляционных завес при сооружении стволов (приложение I). По логической схеме блока А, на основании исходных данных, приведенных в таблице 7, производится выбор оптимальных количества и рациональной схемы расположения тампонажных скважин на нижнем водоносном горизонте.

Схема привязки относительно оси шахтного ствола и условные обозначения, используемые в оперативных элементах «Логико-информационной модели...», приведены на рис. 11. Привязка скважин ($L_{1\,(Гк)}$, $L_{2\,(Гк)}$ ..., $L_{(2+1)(3+1)\,(Гк)}$) производится после расчета оптимальных размеров контуров распространения тампонажного раствора из каждой скважины ($r_2^{(1)}$, $r_2^{(2)}$, ..., $r^{(2+1)(3+1)}$). Определение расположения линий скважин ($N_{1\,Гк}$, $N_{2\,Гк}$, ..., $N_{(2+1)(3+1)\,Гк-1}$) (рис. 11), производится с учетом их использования для тампонажа максимального количества водоносных горизонтов.

По логической схеме блока Б, с учетом требований п. 4.9, настоящих «Норм...», производится выбор оптимального количества и схем расположения тампонажных сква-

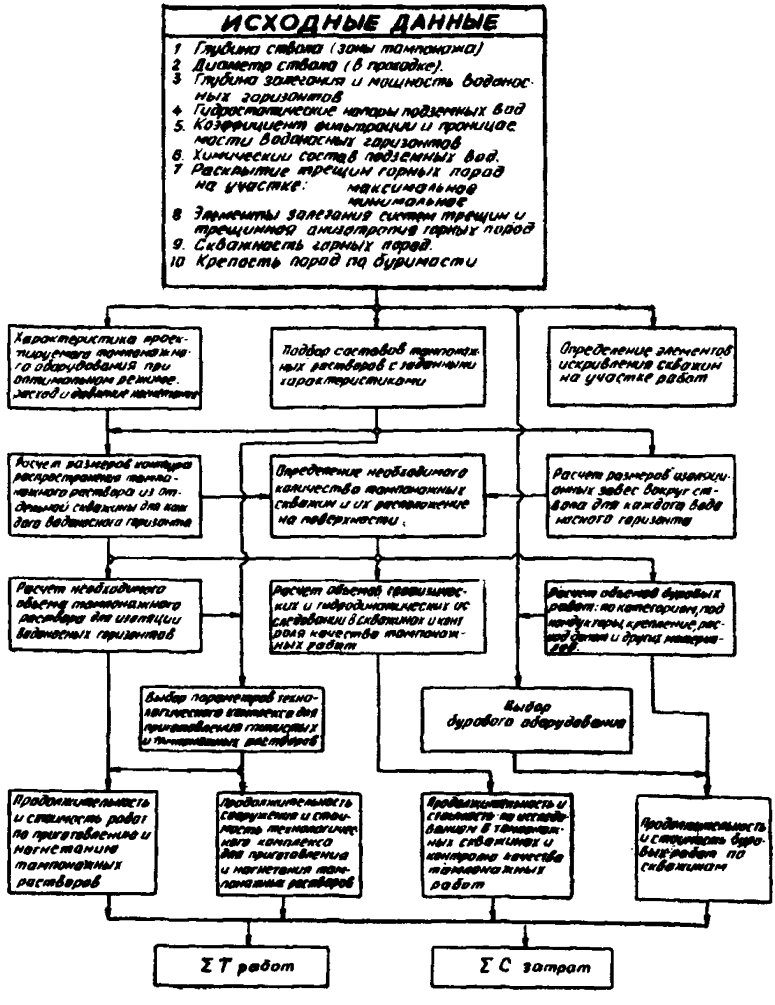


Рис. 9. Принципиальная схема проектирования параметров изоляции водоносных горизонтов по комплексному методу при сооружении вертикальных шахтных стволов.

жин по всем вышезалегающим водоносным горизонтам. В каждом из водоносных горизонтов ($Г_к$, $Г_{к-1}$, ..., $Г_{к-m}$) пространственное положение скважин ($N_{1\,Г_к}$, $N_{2\,Г_к}$, ..., $N_{(2+1)(3+1)\,Г_{к-i}}$) контролируется путем расчета предельного значения контура распространения тампонажного раствора из скважины.

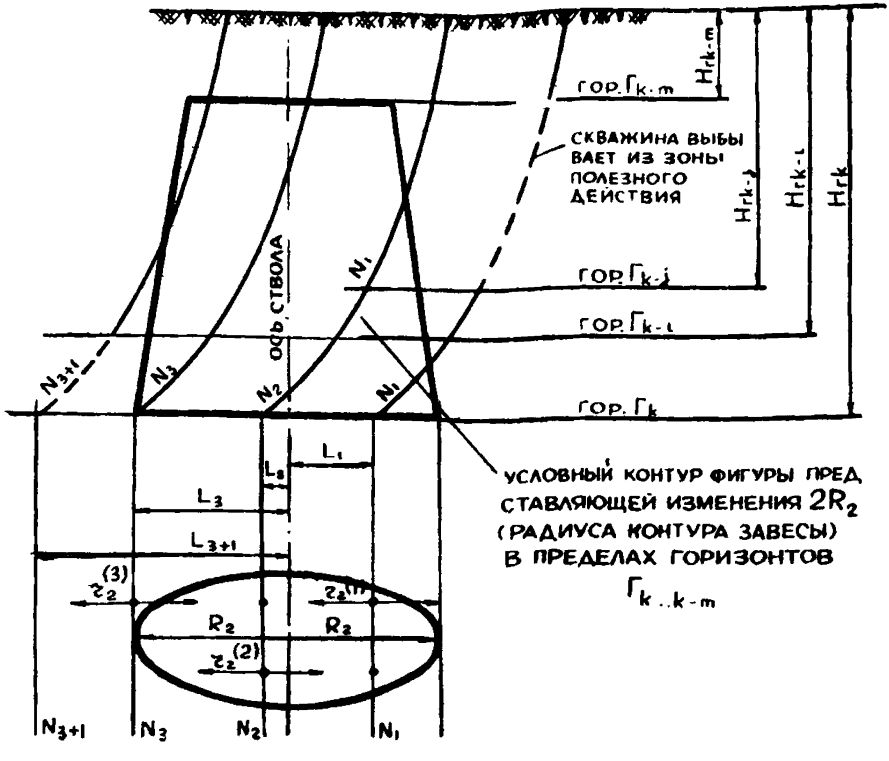


Рис. 11. Принципиальная схема привязки тампонажных скважин.

Блок В несет в себе логическую схему расчета объемов и стоимости тампонажных работ: количества тампонажного раствора, объемов буровых работ, гидродинамических исследований в скважинах и др., а также определения продолжительности и общей стоимости работ на объекте.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Радиус изоляционной завесы гор.(Γ_k): $R_{2(\Gamma_k)} = Z\left(\frac{\alpha \cdot \delta_{max} \cdot P_{k(\Gamma_k)}}{2[P_m]_j} + \frac{Ac}{2}\right)$; м

$R_{2(\Gamma_k)} \leq [R]$? нет → $j < n_{раств}$? нет → пересчет по следующему тампонажному раствору $j_{раств} = j+1$; да → количество скважин $n=6$, ряды скважин N_1, N_2, N_3

да → количество скважин $n=4$, ряды скважин $N_1; N_2$

Подбор контура распространения раствора из скважин по линии N_1: $r_2^{(1)} = [r]_{max}$, м

Контур распространения раствора из скважин по линии N_3: $r_2^{(3)} = 0.5R_{2(\Gamma_k)}$; м

Контур распространения раствора из скважин по линии N_3: $r_2^{(3)} = 0$

Контур распространения раствора из скважин по линии N_2: $r_2^{(2)} = R_{2(\Gamma_k)} - yr_2^{(1)} - 0.5r_2^{(3)}$, м

$r_2^{(2)} < [r]_{min}$? да → $r_2^{(2)} = [r]_{min}$; нет → $r_2^{(2)} < 0.5R_{2(\Gamma_k)}$? да → $r_2^{(2)} = 0.5R_{2(\Gamma_k)} j$ м; нет → $r_2^{(2)} < [r]_{max}$? нет → $r_2^{(2)} = [r]_{max}$; да

$r_2^{(1)} = \frac{1}{y}\left[R_{2(\Gamma_k)} - r_2^{(2)} - 0.5r_2^{(3)}\right]$; м

$r_2^{(1)} < [r]_{min}$? да → $r_2^{(1)} = [r]_{min}$; нет

$L_{1,2,3} = +$? да → ряды скважин расположены справа от оси ствола; нет → ряды скважин расположены слева оси ствола

Привязка скважин по линии N_3 к оси ствола; м: $L_{3(\Gamma_k)} = R_{2(\Gamma_k)} - 2r_2^{(1)} - 2yr_2^{(2)} - r_2^{(3)}$

Привязка скважин по линии N_2 к оси ствола; м: $L_{2(\Gamma_k)} = R_{2(\Gamma_k)} - 2r_2^{(1)} - yr_2^{(2)}$

Привязка скважин по линии N_1 к оси ствола; м: $L_{1(\Gamma_k)} = R_{2(\Gamma_k)} - r_2^{(1)}$

Потребное давление нагнетания тампонажного насоса, кг/см²: $P_{H(\Gamma_k)} = \Delta P - P_\Gamma + \Delta P_T + P_{K(\Gamma_k)}$

$P_{H(\Gamma_k)} < P_T$? нет → потери напора в трещинах, кг/см²: $\Delta P = \frac{2\tau_{oj} \cdot r_{2\,большее}}{\delta_{22}}$; $n=4$? нет → $r_2^{(3)} < r_2^{(2)}$? нет → $r_2^{(2)} = r_{большее}$; да → $r_2^{(3)} < r_2^{(1)}$? нет → $r_2^{(3)} = r_{большее}$; да → $r_2^{(2)} < r_2^{(1)}$? нет → $r_2^{(2)} = r_{большее}$; да → $r_2^{(1)} = r_{большее}$

да → $r_2^{(1)} = r_{большее}$

Радиус изоляционной завесы горизонта $(\Gamma_{k-1\ldots k-m})$: $R_{2(\Gamma_{k-1\ldots k-m})} = Z\left[\frac{\alpha \cdot \delta_{max} \cdot P_{k(\Gamma_{k-1\ldots k-m})}}{2[P_m]_{j\ldots n}} + \frac{Dc}{2}\right]$; м

Смещение скважин: $L_{пр(\Gamma_{k-1\ldots k-m})} = \left[\frac{H-H}{(\Gamma_k)(\Gamma_{k-1\ldots k-m})}\right] \cdot tg\left[\Theta \cdot H_{(\Gamma_{k-1\ldots k-m})}\right]$

Привязка скважин по линиям N_1, N_2 и N_3 горизонтов $\Gamma_{k-1\ldots k-m}$

Привязка скважин по линиям $N_1; N_2; N_3; N_{2+1}; N_{3+1}$: $L_{1,2,3(\Gamma_{k-1\ldots k-m})} = L_{1,2,3,(\Gamma_k)} + L_{пр}$

$L_i \leq R_2 + r_{2\Gamma_k}^{(i)}$? да → $n=4$? да → контроль зоны полезного действия скважин по линии N_3; нет → Γ_{k-i} $L_{2;3} = +$? да → привязка новой линии скважин $N_{2+1}; N_{3+1}$ на горизонте Γ_{k-i}: $L_{(2+1)(3+1)} = (y+1)r_{2(\Gamma_k)} - L_{2,3(\Gamma_{k-i})}$; привязка новой линии скважин N_{2+1} N_{3+1} на горизонте $\Gamma_{(k-i)}$: $L_{(2+1)(3+1)} = (y+1)r_{2(\Gamma_k)}^{(2)(3)} + L_{2;3(\Gamma_{k-i})}$; условн. привязка линии скважин N_{2+1} и N_{3+1} на горизонт Γ_k: $L_{(2+1)(3+1)(\Gamma_k)} = L_{2,3(\Gamma_{k\ldots k-1})} + L_{пр(\Gamma_{k\ldots k-i})}$; привязка новой линии скважин N_{2+1}, N_{3+1} на горизонтах $\Gamma_{(i-1)\ldots((i-m)}$: $n_i = 2$ → Γ_{k-i} $L_{2;3} = +$? нет

нет → контроль зоны полезного действия скважин по линии N_2

нет → скважины по линии N_1 выбывают из зоны полезного действия с правой стороны на горизонте (Γ_{k-1})

На последующих горизонтах $\Gamma(j-1)$ $(j-m)$ для контроля правой стороны ряд N_2 переходит N_1 и L_2 переходит в L_1

Контур распространения раствора по линии скважин N_2 или $N_3; N_{2+1}; N_{3+1}$ на горизонте $\Gamma_{k-1\ldots k-m}$; м: $r_2^{(2)(3)(2+1)(3+1)} = R_2 + L_{2;3;(2+1)(3+1)}$

$\Gamma_{k-1\ldots k-m}$ $L_{2;3;(2+1)(3+1)} = +$? нет → контур распространения раствора по линии скважин $N_2 N_3 N_{2+1} N_{3+1}$ на горизонте $\Gamma_{k-1\ldots k-m}$; м: $r_2^{(2)(3)(2+1)(3+1)} = R_2 - L_{2;3;(2+1)(3+1)}$

Потери напора в трещинах $\frac{кг}{см^2}$: $\Delta P = \frac{2\tau_{oj} \cdot r_2^{(2X3)(2+1)(3+1)}}{\delta_{22}}$;

Потребное давление нагнетания насоса: $P_{H(\Gamma_{k-i})\cdots k-m)} = \Delta P - P_\Gamma + \Delta P_T + P_{K(\Gamma_{k-1\ldots k-m})}$

$P_{H(\Gamma_{k-i\ldots k-m)}} \leq P_{H(\Gamma_k)}$? да → на горизонте Γ_{k-i} новая линия скважин $N_{2+1}; N_{3+1}$ (левая сторона); нет

Объем раствора для закачки в одну скважину на один контур: $V = 2\pi\varepsilon m_T \cdot M \cdot [r_2]^2$; м³

Полный объем раствора на ствол: $V_{ств} = \Sigma V$; м³

Бурение кондукторной части скважин: $K = h(n + n_i)$; м

Бурение скважин, м: $Бу = 1.1(H_{\Gamma_k} - h)n + 1.1(H_{\Gamma_{k-1}} - h)n_2$

Постановка пакеров: $n = [K + (K-1) + \ldots (K-m)] \cdot n + [i + (i-1) + \ldots (i-m)] n_i$

Гидродинамические исследования в скважинах Гд

Контроль качества тампонажных работ ККТ

ΣC затрат

ΣT продолжительности

А

Б

В

I. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОДОПОДАВЛЕНИЯ ПЕРВОГО (КОНЕЧНОГО) ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА -(Γ_k)

II. КОНТРОЛЬ ЗОНЫ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СКВАЖИН НА ПОСЛЕДУЮЩИХ ГОРИЗОНТАХ -($\Gamma_{k-1\ldots k-m}$)

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ

Рис. 10. Логико-информационная модель расчета параметров водоподавления комплексным методом.

Таблица 7

	Исходные данные для расчетов

1. Диаметр ствола (в проходке) — D_c, м.
2. Гидрогеологическая характеристика водоносных горизонтов $Г_к$; $Г_{к-1} \ldots Г_{к-m}$ (в восходящем порядке):
   а) Раскрытие трещин горных пород: максимальное — δ_{max}, м;
   среднее — δ_{22}, м;
   б) Скважность (трещинная пустотность) — $m_т$, доли единиц;
   в) Гидростатический напор — $P_к$, кг/см²;
   г) Коэффициент трещинной анизотропии — ε.
3. Мощность водоносных горизонтов (в восходящем порядке) — $М_{Гк}$; $М_{Гк-1} \ldots М_{Гк-m}$, м
4. Отметка почвы водоносных горизонтов — $Н_{Гк}$; $Н_{Гк-1} \ldots Н_{Гк-m}$, м
5. Характеристика тампонажного раствора: типа I; II или III:
   а) Удельный вес — $\gamma_р$, г/см³;
   б) Динамическое напряжение сдвига — τ, н/м²;
   в) Допустимая пластическая прочность — $[P_т]$, кг/см².
6. Коэффициент запаса прочности изоляционной завесы — α.
7. Профиль скважины (приращение зенитного угла на 1м) — Θ, град./м.
8. Предельный радиус изоляционной завесы вокруг ствола — [R], м.
9. Допустимый контур распространения раствора из отдельной скважины: максимальный — $2[г]_{max} > [R]$, м;
   минимальный — $[г]_{min}$, м.
10. Характеристика тампонажного насоса — $P_т$, кг/см².
11. Оптимальный коэффициент перекрытия изоляционной завесы контурами отдельных закачек $z(z>1)$ и контурами закачек между собой $У(У<1)$.
12. Кондукторная часть скважины — h, м.
13. Гидростатический напор столба тампонажной жидкости внутри труб — $P_г$, кг/см².
14. Потери напора в колонне тампонажных труб — $\Delta P_т$, кг/см².

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения 5
2. Требования к исходным данным для проектирования 7
3. Тампонажные растворы 10
4. Проектирование изоляционных завес 11
5. Бурение тампонажных скважин 14
6. Исследования в тампонажных скважинах 17
7. Технология тампонажных работ 20
8. Контроль качества тампонажных работ 24
9. Организация тампонажных работ 26

Приложение I. Типовая схема расчетов параметров формирования изоляционных завес при сооружении стволов 29

Приложение II. Логико-информационная модель расчетов параметров водоподавления комплексным методом 36

БВ 02105. 25.V.77. Формат 60×84 1/16. Объем 2,5 печ. л.
Заказ № 5549. Тираж 1500 экз.

Типография изд-ва «Ворошиловградская правда».

gost.e-ecolog.ru