

УДК 622.257.15

А.В. Угляница, Ю.В. Покатилов

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ ЗА ОБДЕЛКОЙ ЗАГЛУБЛЕННЫХ В ОБВОДНЕННЫЙ ГРУНТ СООРУЖЕНИЙ

При эксплуатации заглубленных в обводненный грунт сооружений со временем происходит нарушение гидроизоляции обделки и герметичности стыков её железобетонных элементов. Грунтовая вода, проникая внутрь сооружения, препятствует его нормальной эксплуатации и оказывает коррозионное воздействие на обделку сооружения и расположенное в нем оборудование.

Для вывода подземных сооружений из такой ситуации применяют тампонаж – нагнетание твердеющих вяжущих растворов за обделку, среди которых наибольшее распространение получили цементно-силикатные растворы с цементно-водным массовым отношением Ц:В=1:0,5 и 1:1 с добавкой силиката натрия в количестве 3 - 5 % от массы цемента.

Для заполнения крупных пустот за обделкой применяют цементно-песчаные растворы с Ц:П:В = 1:3:1,5 и 1:3:1 с добавкой силиката натрия в количестве 3 % от массы цемента.

При нагнетании растворов на основе цемента за обделку заглубленных в обводненный грунт сооружений происходит заполнение раствором пустот за обделкой (если они присутствуют) и гидрорасчленение контакта между обделкой и водонасыщенным грунтом с образованием вокруг обделки оболочки из затвердевшего раствора, которая выполняет функцию противодиффузионной завесы и одновременно упрочняет обделку, повышая ее несущую способность.

Однако, как показывает практический опыт института КузНИИшахтострой и Кузбасского государственного технического университета нагнетание растворов на основе цемента за обделку заглубленных в обводненный грунт сооружений не позволяет создавать за обделкой качественную тампонажную завесу, поскольку после тампонажа всегда остаётся остаточный водоприток в подземное сооружение. При этом через некоторое время, водоприток через обделку внутрь сооружения начинает увеличиваться и часто, через 1,0-2,0 года после тампонажа, возвращается к своему исходному значению.

Одной из причин появления остаточных водопритоков после тампонажа является отсутствие эффективной технологии проведения гидрорасчленения контакта между обделкой подземного сооружения и водонасыщенным грунтом и методики определения ее рациональных параметров.

Существующие в настоящее время технологии и методики определения параметров гидрорасчленения разработаны для горных пород или угольного массива [1, 2].

Применительно к процессу гидрорасчленения и тампонирувания контакта между обделкой подземного сооружения и вышележащим грунтом они не пригодны, поскольку в данном случае над обделкой находится водонасыщенная пластическая масса грунта.

При этом величина раскрытия трещины гидрорасчленения (толщина тампонажной оболочки между обделкой и грунтом) и радиус распространения раствора от скважины будут зависеть от свойств тампонажного раствора и грунта, конечного давления, режимов нагнетания раствора и других факторов.

Исследовать этот процесс путем построения его математической модели, крайне затруднительно, т.к. неизвестно какой тампонажный раствор лучше подойдет для такого гидрорасчленения и какие режимы нагнетания надо применять для формирования вокруг обделки качественной тампонажной оболочки необходимой толщины, сплошности, плотности и на заданное расстояние от скважины.

В этих условиях наиболее предпочтительным методом исследования является метод физического моделирования процесса гидрорасчленения контакта между обделкой и водонасыщенным грунтом на экспериментальном лабораторном стенде-модели.

Для исследования процесса распространения цементно-силикатных растворов от скважины при тампонаже заглубленных в обводненный грунт подземных сооружений в ГУ КузГТУ на основе методов теории подобия и моделирования разработана экспериментальная установка (стенд-модель), моделирующая процесс гидрорасчленения контакта между обделкой подземного сооружения и водонасыщенным грунтом (см. рис. 1).

На рис. 2 представлен поперечный разрез стенда – модели.

Корпус стенда-модели 1, выполнен в виде сектора с углом при вершине 11° . Модель позволяет моделировать гидрорасчленение на расстояние от скважины до 2,5 м. Давление вышележащего грунта на обделку (горное давление) моделируется давлением воздуха в надувной камере 6.

На экспериментальном стенде-модели выполнена серия экспериментов по гидравлическому расширению контакта между обделкой подземного сооружения и водонасыщенным грунтом, в которых использовались цементно-силикатные тампонажные растворы с цементно-водным массовым отношением Ц:В = 1:0,5; 1:0,75 и 1:1. Количество силиката натрия в растворах принималось

равным: 1; 3 и 5 % от массы цемента (добавка силиката натрия в количестве более 5% оказалась нецелесообразной, т.к. после приготовления такого раствора он начинал быстро терять подвижность). Температура раствора составляла 10-12°С. В качестве грунта над обделкой в модели применяли водонасыщенную глину с плотностью $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Эксперименты проводили при давлении грунта на обделку $P_{гр}$, равным: 0,10; 0,15 и 0,20 МПа, что соответствовало глубине расположения сооружения - 5,0; 7,5 и 10 м.

Величину конечного давления нагнетания раствора в скважину $P_{ск}$ для исключения деформации обделки и прорыва раствора на земную поверхность принимали равным $P_{ск} = 1,25P_{гр}$ (как принято на практике).

Нагнетание проводили способом с постоянным давлением до отказа в поглощении раствора. Расход раствора в скважину для поддержания за-

данного давления нагнетания регулировали с помощью маслостанции.

Через 24 часа после нагнетания раствора стенд-модель вскрывали, измеряли радиус распространения раствора от скважины R и толщину слоя тампонажного камня δ . Для получения достоверного результата количество повторов одинаковых экспериментов было определено на основе методов планирования экспериментов, равным 3.

Конечной целью экспериментов являлось нахождение рационального состава цементно-силикатного раствора, нагнетание которого с конечным давлением, равным $P_{ск} = 1,25P_{гр}$, позволило бы на как можно большем расстоянии от скважины R сформировать в трещине гидрорасчленения наиболее толстый слой тампонажного камня δ .

В табл. приведен фрагмент результатов экспериментальных исследований.

Выполненные эксперименты показали, что для

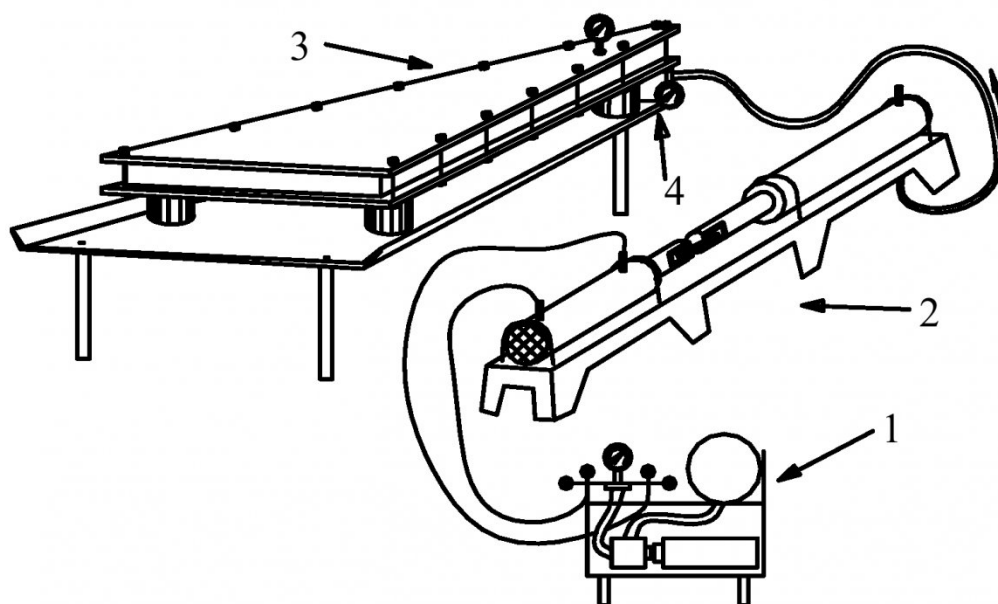


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки:

1 – маслостанция; 2 – система гидроцилиндров для нагнетания тампонажного раствора; 3 – стенд-модель; 4 – инъектор-скважина (моделирует тампонажную скважину).

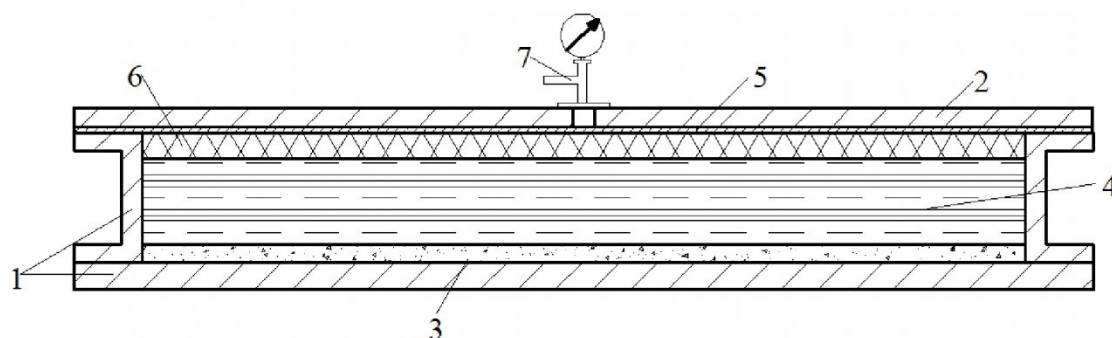


Рис. 2. Поперечный разрез стенда – модели:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – бетон, моделирующий обделку сооружения; 4 – грунт над обделкой сооружения; 5 – резиновая диафрагма; 6 – надувная резиновая камера; 7 – ниппель с манометром для накачивания надувной камеры.

Фрагмент результатов экспериментальных исследований

Концентрация раствора, Ц:В	Добавка силиката натрия, %	Давление, МПа·10 ⁻¹		Радиус распространения раствора от скважины R, м	Толщина слоя тампонажного камня δ , (м·10 ⁻³) на расстоянии от скважины:		
		грунта на обделку, $P_{гр}$	нагнетания раствора, $P_{ск}$		0,3 R	0,6 R	0,9 R
1:0,5	5	0,2	0,25	1,53	7,0	5,1	3,3
1:0,5	3	0,2	0,25	1,24	6,3	4,3	3,0
1:0,5	1	0,2	0,25	0,89	5,8	4,1	3,0
1:0,75	5	0,2	0,25	2,38	7,2	5,3	3,4
1:0,75	3	0,2	0,25	1,56	6,4	4,3	3,1
1:0,75	1	0,2	0,25	1,09	3,2	2,3	1,4
1:1	5	0,2	0,25	> 2,5	2,3	2,0	каналы
1:1	3	0,2	0,25	> 2,5	1,4	каналы	каналы

формирования тампонажной завесы вокруг заглубленного в обводненный грунт подземного сооружения наиболее рациональным составом цементосиликатного раствора является состав с Ц:В=1:0,75 с добавкой силиката натрия в количестве 5% от массы цемента.

При нагнетании данного раствора происходило гидрорасчленение контакта между обделкой и водонасыщенным грунтом на расстоянии от скважины $\geq 2,0$ м с формированием слоя тампонажного камня в трещине гидрорасчленения толщиной $\delta \approx 5$ мм на удалении от скважины 0,6 R.

При нагнетании более густого раствора с Ц:В=1:0,5 радиус распространения раствора от скважины снижался.

При нагнетании более жидкого раствора с Ц:В=1:1 раствор производил гидрорасчленение по всей длине модели и истекал из неё. При этом над обделкой формировался слой тампонажного камня незначительной толщины и в виде отдельных каналов.

Снижение количества добавки силиката натрия в цементный раствор до 3 и 1 % от массы

цемента приводило к снижению проницаемости раствора и, как следствие, уменьшению радиуса распространения раствора от скважины R и толщины слоя тампонажного камня δ .

Результаты выполненных экспериментальных исследований позволили дать физическое объяснение факту возникновения остаточных водопри токов в заглубленное в обводненный грунт подземное сооружение после нагнетания за его обделку растворов на основе цемента.

Причина заключается в том, что за обделкой подземного сооружения, в данном случае, формируется тампонажная оболочка незначительной толщины и недостаточной сплошности. Такая оболочка способна пропускать через себя грунтовую воду, обуславливая остаточный водопри ток в подземное сооружение.

Кроме этого, тампонажная оболочка такой незначительной толщины под действием техногенного сейсмического воздействия разрушается с течением времени и водопри ток в подземное сооружение возвращается к своей исходной величине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хямяляйнен, В. А. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок / В. А. Хямяляйнен, Ю. В. Бурков, П. С. Сыркин. – М. : Недра, 1994, – 400 с.
2. Усачев, П. М. Гидравлический разрыв пласта. – М. : Недра, 1986. – 280 с.

□ Авторы статьи:

Угляница
Андрей Владимирович
– докт. техн. наук, профессор, декан
факультета наземного и подземного
строительства КузГТУ
Тел. (3842) 396952

Покатилов
Юрий Владимирович
– старший преподаватель каф.
строительного производства и экс-
пертизы недвижимости КузГТУ,
тел. (3842) 396392,
e-mail: yumal28@mail.ru