

УДК 624.05

Менейлюк А. И. *1, д.т.н., проф.**Петровский А. Ф.** *2, к.т.н., проф.**Борисов А. А.** *3, к.т.н., доц.**Кирилук С.В.** *4, к.т.н.

*1Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487236151, e-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: ?0000-0002-1007-309X

*2Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487236151, e-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: ?0000-0001-8232-1245

*3Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380487989083, e-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

*4Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +380678433770, e-mail: kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА СПЛОШНОГО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА

Аннотация. Разработана технология устройства сплошного противofильтрационного экрана под существующими зданиями и сооружениями, которые находятся на подверженных подтоплению территориях. Рассмотрено использование бурения скважин под наклоном и устройство противofильтрационных плоскостей с применением струйной цементации. Представлены основные технологические процессы производства работ.

Ключевые слова: противofильтрационный экран, струйная технология, подтопление территорий, бурение скважин.

Постановка проблемы

Огромные масштабы и высокие темпы промышленного, городского, гидро технического и мелиоративного строительства вызывают интенсивный подъем уровня грунтовых вод. Причины этого: ухудшение условий стока ливневых и талых вод; несоблюдение требований нормальной эксплуатации водонесущих коммуникаций, как в процессе строительства, так и в период эксплуатации; создание искусственных водоемов и шламоотстойников в районе промплощадок; снижение процессов испарения в результате застройки территории. В результате подъема уровня грунтовых вод происходит подтопление подземными водами площадок промышленных предприятий, территорий городов, крупных поселков [1].

Противofильтрационные экраны являются одним из самых прогрессивных способов борьбы с подземными водами и дают возможность избежать затратной, требующей большой площади, выемки грунта [2]. Они полностью перекрывают область фильтрации и плотно сопрягаются с водоупором вследствие врезки в него [3]. В случае отсутствия водоупора, на достигаемой глубине, отсутствует возможность устройства совершенного противofильтрационного экрана.

Формулировка цели исследования

Разработка технологии устройства сплошного противofильтрационного экрана под существующим зданием или сооружением, которые подвержены подтоплению, с использованием струйной цементации.

Анализ последних достижений

Струйная цементация – это подземный размыв грунта горизонтальными струями из заранее пробуренных скважин с образованием полостей в грунте

заданных форм и размеров, с синхронным заполнением этих полостей материалом с заданными свойствами и с синхронным перемешиванием, при необходимости, разрыхленного грунта с твердеющим раствором.

В предварительно пробуренную технологическую скважину опускают специальный скважинный монитор, имеющий боковую насадку (возможно и несколько боковых насадок). К монитору подают по гибкому рукаву размывающую жидкость, например, цементный раствор [4]. При этом из насадки выходит высокоскоростная струя раствора, которая производит размыв грунта, образуя в нем горизонтальную каверну. При этом размываемый грунт вместе с отработанным раствором частично выносятся на поверхность в виде пульпы, которая по канавке направляется в специальный пульпоприемник (траншею или зумпф).

В зависимости от числа основных компонентов, вводимых в грунт основания, технология струйной цементации может включать три метода: однокомпонентный (раствор, обычно водоцементный); двухкомпонентный (раствор + воздух; раствор + вода) и трехкомпонентный (раствор + воздух + вода).

При трехкомпонентном методе струя воды помещается внутри струи сжатого воздуха и подается через верхнее сопло, что позволяет увеличить диаметр размыва и использовать "эрлифтный эффект" для выноса мелких легких частиц грунта. Одновременно из нижнего распылителя подается связующий раствор, перемешивающий крупные тяжелые частицы грунта. При этом, образующаяся грунтобетонная колонна в данном случае имеет наибольший диаметр (может превышать 2 м, при прочих равных характеристиках процесса размыва). В этом случае раствор расходуется непосредственно на закрепление грунта, хотя определенная часть раствора все же выносятся вместе с водой, воздухом и частью размываемого грунта [1].

Основные результаты исследования

Противофильтрационные экраны, выполненные струйным методом, образуются за счет пересекающихся колонн, возведенных в один или несколько рядов, или с использованием панелей, получаемых при ламинарной струйной цементации. При ламинарной струйной цементации монитор медленно поднимается с фиксируемым направлением размывающей насадки. В грунте формируется плоская прорезь, заполненная твердеющим раствором. После затвердевания указанного раствора образуется плоская (панельная) конструкция средней толщиной порядка 15 см. Из таких плоских конструкций (секций) состоит противофильтрационный экран. При сооружении плоской конструкции по трехкомпонентной технологии размытый грунт удаляется практически полностью. Поэтому раствор в размытую полость подается в этом случае не через отдельную боковую насадку, а через вертикальный растворный патрубок в нижней части монитора, и далее он свободно растекается по прорези.

Для получения противофильтрационного экрана механически фиксируется заданное направление размывающей насадки (рис. 1). Пульпа размытого грунта изливается через ту же скважину, в которой перемещается монитор, по зазору между трубчатой конструкцией монитора и стенками скважины. Плоские конструкции выполняются при двустороннем размыве, то есть, двумя размывающими насадками, направленными друг к другу под углом 180° .

При отсутствии водоупора, на достигаемой глубине, разработана технология устройства сплошного противофильтрационного экрана под зданием или сооружением, с помощью наклонных скважин и струйной цементации (рис. 2). Бурение технологических скважин производится под наклоном, вдоль существующего здания или сооружения. Требуемый наклон скважин проектируется с учетом глубины

заложения фундамента и ширины участка, возможной для отведения под защитные строительные работы.

Длина технологических скважин определяется с учетом пересечения двух противоположных плоскостей в нижнем уровне противофильтрационного экрана и их взаимного сопряжения. Шаг скважин зависит от геологических условий и составляет около 2 м, согласно технологии струйной цементации. Расположение скважин двух наклонных плоскостей целесообразно выполнять в шахматном порядке для обеспечения их сопряжения при пересечении.

С торцов существующего строения противофильтрационный экран устраивается с помощью вертикальных экранов, которые сопряжены с наклонными плоскостями с помощью струйной технологии, описанной выше. Вертикальные экраны завершают создание сплошного противофильтрационного экрана в виде треугольной призмы.

Буровая установка оснащена устройством автоматизированного подъема буровой колонны с заданной скоростью. С помощью автоматизированного подъема создаются колонны без разрывов, постоянным диаметром и необходимым содержанием цемента в единице объема грунта. Время подъема инструмента зависит от типа грунта и интенсивности подачи инъекционного компонента, обычно, от 5 до 30 см/мин.

Для создания сплошных противофильтрационных экранов необходимо применение мощных высоконапорных насосов. Давление нагнетания раствора в буровом снаряде составляет от 35 до 70 МПа. Важной частью технологического оборудования составляет монитор, оснащенный соплами, предназначенными для преобразования высокого давления раствора, создаваемого насосом, в кинетическую энергию струи. Сопла изготавливаются из специального металлокерамического сплава диаметром 1,5-5,0 мм.

Основные технологические процессы контролируются компьютерной системой. Точная фиксация

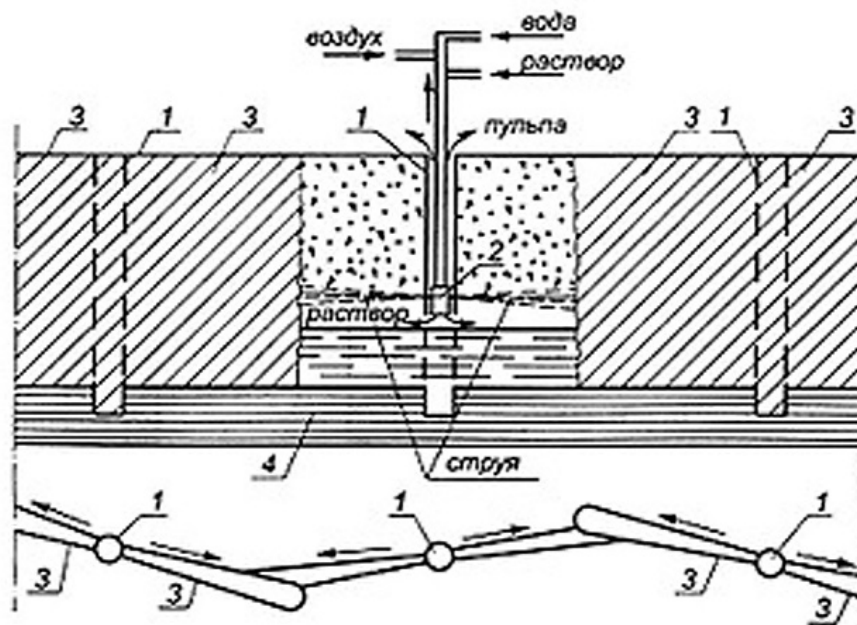


Рис. 1. Сооружение противофильтрационных экранов струйной цементацией:
1- струйный монитор; 2- технологическая скважина; 3- готовая секция; 4- водоупор

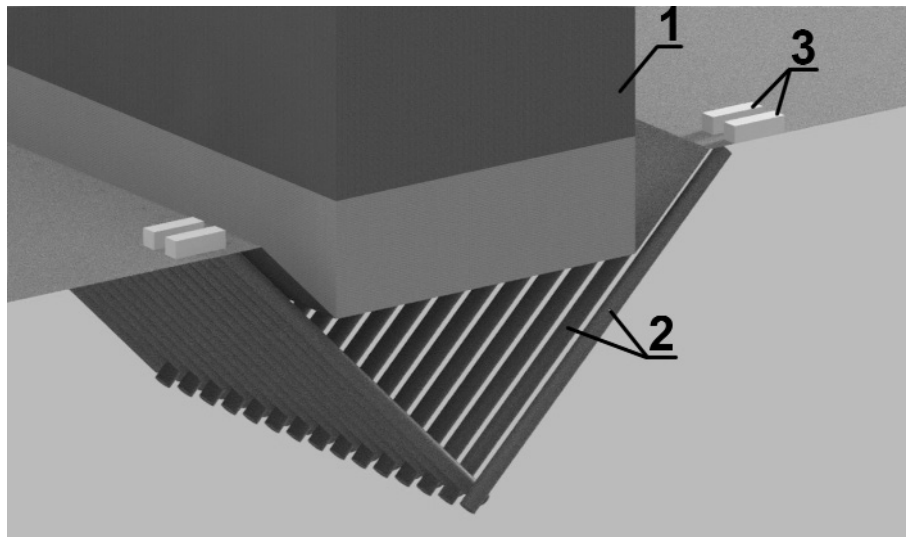


Рис. 2. Сплошной противофильтрационный экран:
1- существующее здание; 2- секции экрана; 3- буровая установка

рабочих параметров цементационного процесса – основа создания сплошного противофильтрационного экрана.

Для приготовления цементного раствора в больших количествах необходима миксерная станция производительностью 15-20 м³/час. В качестве цемента применяется обычный или быстротвердеющий портландцемент. Однако, тип цемента может быть изменен при каких-то иных химических характеристиках воды, например, на сульфатостойкий цемент. Инъекционный раствор готовится смешиванием портландцемента с водой при водоцементном соотношении от 1,5 до 0,8. Для улучшения характеристики смеси при ее закачивании, а также для повышения деформационных свойств материала может быть добавлен бентонит.

Преимущества струйной цементации:

- исключение необходимости предварительной отрывки котлованов, строительного водопонижения, обязательного вывода сооружаемых конструкций на поверхность земли, поддержания устойчивости стенок выработки, предварительного усиления фундаментов соседних зданий и сооружений, переноса коммуникаций;

- отсутствие вибраций, ударных нагрузок, силь-

ных шумовых эффектов, существенных осадок фундаментов и подъемов поверхности грунта;

- возможность выполнения строительных работ: в непосредственной близости от зданий и сооружений, под фундаментами зданий и сооружений, в слабых и водонасыщенных грунтах, в грунтах с крупными твердыми включениями, в том числе и строительного мусора, в стесненных условиях, на глубинах до 30 м и более.

- при сооружении противофильтрационных экранов обеспечивать надежную стыковку смежных секций – благодаря сканирующей обработке высокоскоростной струей стыкуемой поверхности смежной секции;

Выводы.

1. Разработанная технология позволит соорудить сплошной противофильтрационный экран под существующими зданиями или сооружениями для их защиты от подтопления, в грунтах с недостижимым водоупором, не дающим возможности применять существующие технологии проведения таких работ.

2. Радиус распространения противофильтрационного раствора, в зависимости от вида грунтов, может достигать 2 метров, что позволяет бурить скважины с шагом более 2 метров.

Литература

1. Зарубина Л.П., *Защита территорий и строительных площадок от подтопления грунтовыми водами* / М.: Инфра-Инженерия, 2017. 212с.
2. Косиченко Ю.М., Белов В.А. *Новые конструкции полимерных противофильтрационных экранов. Гидротехника и мелиорация*, 1987. № 11. С. 57-61.
3. Бунтман А.Д., *Об использовании противофильтрационных завес для защиты котлованов от притока грунтовых вод* / Энергетическое строительство, 1978. № 2. С. 86-87.
4. Бадьин Г.М., Сычев С.А., *Современные технологии строительства и реконструкции зданий* / СПб: БХВ-Петербург, 2013. 288с.

References

1. Zarubina LP, *Protection of territories and construction sites from groundwater flooding* / M.: Infra-Engineering, 2017. 212-p.
2. Kosichenko Yu.M., Belov V.A. *New designs of polymeric anti-filtration screens. Hydrotechnics and Reclamation*, 1987. No. 11. P. 57-61.
3. Buntman, AD, *On the use of anti-filtration curtains to protect trenches from the inflow of groundwater* / Power Building, 1978. № 2. P. 86-87.
4. Badin GM, Sychev SA, *Modern technologies of building and reconstruction of buildings* / SPb: BKhV-Petersburg, 2013. 288p.

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ
СУЦІЛЬНОГО ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЕКРАНА**

Анотація. Розроблено технологію влаштування суцільного протифільтраційного екрану під існуючими будинками та спорудами, які знаходяться на схильних до підтоплення територіях. Розглянуто використання буріння свердловин під нахилом та влаштування протифільтраційних площин із застосуванням струменевої цементації. Представлені основні технологічні процеси виконання робіт.

Ключові слова: протифільтраційний екран, струменова технологія, підтоплення територій, буріння свердловин.

МЕНЕЙЛЮК О. І. *1, д.т. н., проф.

ПЕТРОВСЬКИЙ А. Ф. *2, к.т. н., проф.

БОРИСОВ О. О. *3, к.т. н., доц.

КИРИЛЮК С. В. *4, к.т. н.

*1Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487236151, E-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: ?0000-0002-1007-309X

*2Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487236151, E-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: ?0000-0001-8232-1245

*3Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380487989083, E-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

*4Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +380678433770, E-mail: kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302DEVICE

**TECHNOLOGY DEVELOPMENT
CONTINUOUS ANTI-FILTRATION SCREEN**

Abstract. The technology of the device of a continuous anti-filtration screen under existing buildings and structures, which are located in areas subject to flooding, has been developed. The use of well boring under slope and the device of anti-filtration planes using jet technology is considered. The main technological processes of production are presented.

Key words: anti-filtration screen, jet technology, flooding of territories, drilling of wells.

MENEYLYUK A. I. *1, DoTS, professor

PETROVSKY A. F. *2, PhD, professor

BORISOV A. A. *3, PhD, assistant professor

KYRYLIUK S. V. *4, PhD

*1Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7236151, E-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: ?0000-0002-1007-309X

*2Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7236151, E-mail: paf2012@ukr.net, ORCID ID: ?0000-0001-8232-1245

*3Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38(048)7989083, E-mail: etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

*4Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona str., 4, 65029, Odessa, Ukraine, tel. +380678433770, E-mail: kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302