

УДК 624.159.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРА ЗАЩИТНОГО
ГРУНТОБЕТОННОГО ЭКРАНА**

Борисов А.А., к.т.н., доцент,
etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

Кирилюк С.В., к.т.н.,
kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302

Русый В.В., магистр,
viruswot@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5884-2097

Дроздова К.С., магистр,
xeny_drozdova@ukr.net,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Выполнен подбор составов раствора защитного грунтобетонного экрана, который строится по шнековой технологии. В предлагаемой технологии шнек расположен перпендикулярно направляющим скважинам и используется для разработки, транспортировки и смешивания грунта с твердеющими растворами. Приведена методика проведения экспериментальных исследований по подбору составов раствора. Получены значения показателя пластической прочности раствора, который в свою очередь оказывает влияние на организационно-технологические, а также конструктивные решения при строительстве таких экранов.

Ключевые слова: грунтобетонный экран, шнековое оборудование, подтопление территорий, пластическая прочность, экспериментальные исследования.

Введение. Промышленное, городское, гидротехническое и мелиоративное строительство способствует подъему уровня грунтовых вод на территории Украины. В результате происходит подтопление подземными водами площадок промышленных предприятий, территорий городов, крупных поселков. Поэтому задачи, связанные с защитой от подтопления зданий, сооружений и застраиваемых территорий, являются актуальными в последние годы. Эффективным способом защиты зданий и сооружений от подземных вод является устройство вертикальных противofiltrационных экранов [1]. Однако, при недостижимой глубине водоупорного горизонта возможно применять предложенную технологию устройства сопряженного защитного грунтобетонного экрана под существующими зданиями и сооружениями с использованием шнекового оборудования.

Анализ последних исследований и публикаций. В предыдущих исследованиях авторами для такого случая разработана технология сооружения сопряженного защитного противofiltrационного экрана с использованием шнекового оборудования. В разработанной технологии шнек расположен перпендикулярно направляющим скважинам и используется для разработки, транспортировки и смешивания грунта основания с твердеющими растворами [2].

Защитный грунтобетонный экран образуется за счет перемешивания частично разработанного грунта основания с твердеющими растворами. После разработки грунта двунаправленный шнек, вращаясь в противоположную сторону, транспортирует раствор к центру и одновременно перемешивает грунт с растворами. Растворы состоят из воды, цемента и добавок (базальтовой фибры, бентонита и жидкого стекла). В результате перемешивания формируется грунтобетонный экран между направляющими скважинами под существующим зданием или сооружением.

Сооружение элементов производится в шахматном порядке и в два этапа с

минимальным воздействием на существующее сооружение. Шаг скважин зависит от геологических условий и изменяется в пределах от 1,5 до 2 метров. По торцам защитный экран устраивается с помощью вертикальных экранов, которые сопряжены с наклонными плоскостями. С вертикального экрана начинается и завершается создание сплошного защитного экрана под сооружением [3].

Цель исследования. Выполнить подбор составов раствора защитного грунтобетонного экрана, который строится по шнековой технологии. По результатам исследования пластической прочности подобрать состав раствора.

Методы и материалы исследования. Оценка пластической прочности растворных композиций проводилась на пластометре Ребиндера, модернизированном электроприводом. В основе работы прибора лежит одно из положений физико-химической механики дисперсных систем П.А. Ребиндера [4].

Метод определения пластической прочности заключается в измерении величины погружения конуса в исследуемый материал, находящийся в форме, под действием постоянной нагрузки. Высота 50 мм и диаметр формы 70 мм (рис. 1). Такие размеры выбраны исходя из условий минимального влияния стенок и дна на величину определения пластической прочности [5].

Пластическая прочность P_m (МПа) определялась через предельное напряжение сдвига τ путем погружения конуса с пригрузом в исследуемую растворную смесь на определенную глубину под действием постоянной нагрузки. В результате этого площадь контакта конуса с материалом увеличивается, что приводит к уменьшению напряжения [6].



Рис. 1. Испытание раствора на пластометре Ребиндера:
1 – форма с исследуемым раствором; 2 – конус; 3 – пригруз для конуса;
4 – индикатор погружения конуса

Для шнековой технологии растворы применяются для создания грунтобетонного экрана путем смешивания с существующим грунтом под сооружением. Применение существующих технологий уплотнения бетонной смеси не представляется возможным, потому используемые растворы имеют высокое водоцементное отношение. Результаты исследований влияния бентонита на удобоукладываемость растворной смеси показали, что добавление бентонита значительно загущает растворную смесь и введение пластификатора не позволяет существенно устранить этот недостаток. При твердении в нормальных условиях введение добавки бентонита повышает прочность при более высоком водоцементном отношении, а при низком – уменьшает. Полученные результаты показывают, что применение

добавки бентонита ефективно в бетонах с высоким водоцементным отношением. С учетом загущающего эффекта бентонит может быть использован для снижения водоотделения и расслоения высокопластичных и литых бетонных смесей [7].

Для подбора составов раствора был спланирован эксперимент по 15 точечному трехфакторному плану [8]. Факторы, которые влияют на пластическую прочность следующие: X_1 – процент содержания базальтовой фибры в диапазоне: 6 ± 3 %; X_2 – процент содержания бентонита: 10 ± 5 %; X_3 – процент содержания жидкого стекла: 12 ± 6 %. В исследуемых составах применялся цемент ПЦ II АШ 400, песок речной и водопроводная вода. Цементно-песчаное соотношение 1/3 и водо-цементное – 0,8 не изменялись. План эксперимента и уровни варьируемых факторов показаны в табл. 1.

Таблица 1 – План эксперимента и уровни варьируемых факторов

№	x_1	x_2	x_3	X_1	X_2	X_3
				Фибра, %	Бентонит, %	Жидкое стекло, %
1	-1	-1	-1	3	5	6
2	-1	-1	1	3	5	18
3	-1	0	0	3	10	12
4	-1	1	-1	3	15	6
5	-1	1	1	3	15	18
6	0	-1	0	6	5	12
7	0	0	-1	6	10	6
8	0	0	0	6	10	12
9	0	0	1	6	10	18
10	0	1	0	6	15	12
11	1	-1	-1	9	5	6
12	1	-1	1	9	5	18
13	1	0	0	9	10	12
14	1	1	-1	9	15	6
15	1	1	1	9	15	18

Результаты исследования. При анализе влияния данных добавок были построены кривые структурообразования 11-го состава с наибольшим содержанием базальтовой фибры 9%, 4-го состава с наибольшим процентом бентонита – 15% и 2-го состава с наибольшим процентом жидкого стекла – 18%.

На рисунке 2 приведены графики набора пластической прочности 11-го, 4-го и 2-го составов, которые были построены в результате измерений на пластометре Ребиндера. Измерения проводились каждые 15 мин после приготовления раствора с постепенным увеличением веса пригруза с 10 до 300 грамм. Из рисунка 2 видно, что наблюдается наименьшая интенсивность набора прочности на 95-ой минуте твердения у 11-го состава с наибольшим содержанием базальтовой фибры 9%.

Наибольшее содержание бентонита 15% ускоряет набор прочности примерно на 20 мин, по сравнению с 11-ым составом, и на 75 минуте наблюдается интенсивный набор прочности 4-го раствора.

Наиболее интенсивный набор пластической прочности наблюдается у 2-го состава раствора, у которого содержание жидкого стекла равно 18%. Уже на 55 минуте наблюдается

интенсивный набор прочности у 2-го состава, что на 20 мин быстрее, чем у 4-го состава раствора, и на 40 мин по сравнению с 11-ым составом.

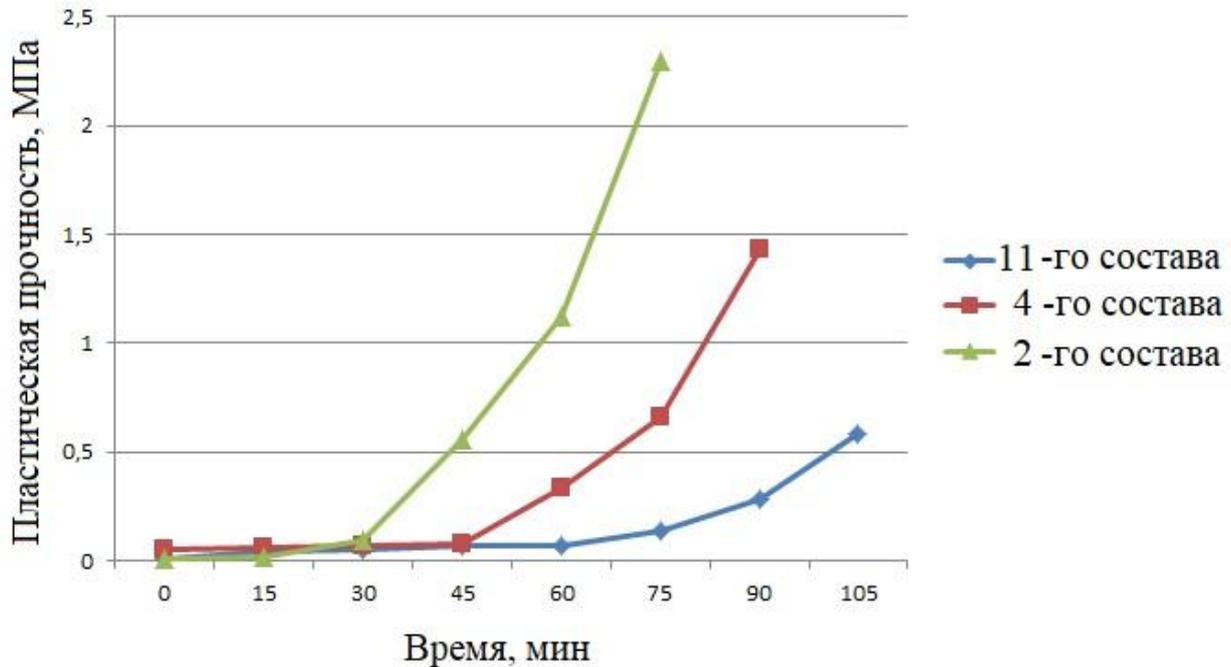


Рис. 2. Кинетика роста пластической прочности 11-го, 4-го и 2-го составов

Для обеспечения монолитности защитного противофильтрационного грунтобетонного экрана, сооружение его элементов рекомендуется производить без перерыва. После окончания работ по сооружению первого элемента экрана его противоположная начальная сторона набирает прочность не меньшую, чем прочность грунта, в котором создается экран. Строительство следующего элемента начинается после набора необходимой прочности предыдущего и при этом пауза между сооружением элементов экрана не допустима, так как приведет к появлению холодного шва между ними. Появление холодного шва негативно повлияет на водонепроницаемость защитного экрана, тем самым нарушит его работу.

Применение 11-го состава раствора рекомендуется для защиты широких (40-60 м) сооружений. При этом есть большой запас времени для сооружения элемента экрана и раствор успеет набрать необходимую прочность перед строительством следующего элемента экрана.

Для защиты небольшой ширины (10-20 м) сооружений отлично подойдет 2-ой состав раствора с наименьшим временем набора прочности. Длина элементов маленькая и строительство их занимает меньше времени, поэтому переход к сооружению следующего элемента экрана будет раньше, а прочность твердеющего раствора набрана быстрее.

Четвертый состав раствора рекомендуется для защиты сооружений средней ширины (20-40 м) при использовании шнековой технологии.

При проектировании технологических и конструктивных решений по строительству защитных грунтобетонных экранов с использованием шнековой технологии по данным исследованиям можно выбрать один из составов твердеющего раствора для сооружений, которые нуждается в защите от подтопления грунтовыми водами.

Выводы:

1. В результате анализа результатов исследования пластической прочности, определен состав раствора с наиболее интенсивным набором пластической прочности, который рекомендуется применять для шнековой технологии при малых размерах сооружений.

2. Наибольший рост пластической прочности показал 2-ой раствор (максимальное содержание жидкого стекла 18%, при содержании базальтовой фибры 3% и бентонитовой глины 5%).

3. Полученные данные будут использованы при выборе организационно-технологических и конструктивных решений для строительства таких экранов.

Литература

1. Зарубина Л.П. Защита территорий и строительных площадок от подтопления грунтовыми водами / Л.П. Зарубина – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 212с.

2. Менейлюк О.І. Розробка технології спорудження протифільтраційного екрану з використанням шнекового обладнання / О.І. Менейлюк, А.Ф. Петровський, О.О. Борисов, С.В. Кирилюк // Науковий вісник будівництва ХНУБА. – Харків, 2018. – №3. – С. 214-217.

3. Менейлюк О.І. Влаштування протифільтраційного екрана для захисту підземного простору від підтоплення / О.І. Менейлюк, А.Ф. Петровський, О.О. Борисов, С.В. Кирилюк // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського – журнал серії «Технічні науки». – Київ, 2018. – №1. – С. 176-180.

4. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – 384с.

5. Коваль С.В. Оценка эффективности добавок для монолитного бетона методом пластометрии / С.В. Коваль, В.А. Сапожников, С.И. Гедулян // Вісник ОДАБА. – Одеса, Зовнішрекламсервіс, 2012. – Вип. 47. – С. 169-173.

6. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы / Н.Б. Урьев. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

7. Замчалин М.Н. Исследование влияния добавки бентонита на свойства раствора на основе композиционного цемента / М.Н. Замчалин, М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина // Молодой ученый, 2015. – №13. – С. 112–115.

8. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ: Учебник / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков: Под ред. В.А. Вознесенского. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.

References

1. Zarubina L.P. Zashchita territoriy i stroitelnyih ploschadok ot podtopleniya gruntovymi vodami. Moscow: Infra-Engineering, 2017.

2. Menelyuk O.I., Petrovsky A.F., Borisov O.O., Kirilyuk S.V. Rozrobka tehnologiyi sporudzhennya protifiltratsiynogo ekranu z vikoristannnyam shnekovogo obladnannya. Naukoviy visnik budivnitstva HNUBA, Kharkiv, no 3, pp. 214-217, 2018.

3. Menelyuk O.I., Petrovsky A.F., Borisov O.O., Kyryliuk S.V. Vlashtuvannya protifiltratsiynogo ekranu dlya zahistu pidzemnogo prostoru vid pidtoplennya. Vcheni zapiski Tavriyskogo natsionalnogo universitetu imeni V.I. Vernadskogo – magazine of the series «Technical sciences», K., no 1, pp. 176-180, 2018.

4. Rebinder P.A. Poverhnostnyie yavleniya v dispersnyih sistemah. Fiziko-himicheskaya mehanika. Moscow: Nauka, 1979.

5. Koval S.V., Sapozhnikov V.A., Gedulian S.I. Otsenka effektivnosti dobavok dlya monolitnogo betona metodom plastometrii. Visnik ODABA, Odesa, Zovnishreklamservis, is. 47, pp. 169-173, 2012.

6. Uryev N.B. Vvisokokontsentrirrovannyye dispersnyie sistemyi. Moscow: Chemistry, 1980.

7. Zamchalin M.N., Korovkin M.O., Eroshkina N.A. Issledovanie vliyaniya dobavki bentonita na svoystva rastvora na osnove kompozitsionnogo tsementa. Young Scientist, no 13, pp. 112-115, 2015.

8. Voznesenskiy V.A., Lyashenko T.V., Ogarkov B.L. Chislennyye metodyi resheniya stroitelno-tehnologicheskikh zadach na EVM: Uchebnik. K.: Vischa shkola, 1989.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗЧИНУ ЗАХИСНОГО ГРУНТОБЕТОННОГО ЕКРАНУ

Борисов О.О., к.т.н., доцент,
etinvest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

Кирилюк С.В., к.т.н.,
kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302

Руссий В.В., магістр,
viruswot@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5884-2097

Дроздова К.С., магістр,
xeny_drozdova@ukr.net,

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Анотація. Вирішення питання захисту будівель і споруд від підтоплення актуально вже багато десятиріччів. Ефективним способом захисту будівель і споруд від підземних вод є спорудження протифільтраційних екранів. Описано розроблену технологію спорудження захисного ґрунтобетонного протифільтраційного екрану під спорудою з використанням шнекового обладнання.

Захисний протифільтраційний ґрунтобетонний екран утворюється за рахунок перемішування частково розробленого ґрунту основи з твердіючими розчинами. Після розробки ґрунту двонаправлений шнек, обертаючись в протилежну сторону, транспортує розчин до центру і одночасно перемішує ґрунт з розчинами. В результаті перемішування формується елемент ґрунтобетонного екрану між технологічними свердловинами під існуючою будівлею або спорудою.

Виконано підбір складів розчину захисного ґрунтобетонного екрану спорудженого шнековим обладнанням. Складено план експериментальних досліджень складів розчину захисного ґрунтобетонного екрану. У розробленій технології шнек розташований перпендикулярно направляючим свердловини і використовується для розробки, транспортування і змішування ґрунту з твердіючими розчинами. Наведено методіку проведення експериментальних досліджень складів розчину, обладнання та матеріали, які використовувалися. Розчини складаються з води, цементу і добавок базальтової фібри, бентонітової глини і рідкого скла. Оцінка пластичної міцності розчинних композицій проводилася на пластометрі Ребиндера, модернізованому електроприводом. Отримано результати пластичної міцності складів розчину з різними відсотками вмісту добавок. При аналізі впливу даних добавок було побудовано криві структуроутворення 11-го складу з найбільшим відсотком базальтової фібри, 4-го складу з найбільшим відсотком бентоніту і 2-го складу з найбільшим відсотком рідкого скла. Графіки проаналізовані і склад з найбільшим відсотком рідкого скла показав найбільш інтенсивний набір міцності. Дані дослідження в подальшому можуть бути використані для складання технологічних карт будівництва захисного ґрунтобетонного екрану під спорудою.

Ключові слова: ґрунтобетонний екран, шнекове обладнання, підтоплення території, пластична міцність, експериментальні дослідження.

**RESEARCH OF COMPOSITIONS OF PROTECTIVE GROUND CONCRETE SCREEN
MORTAR CONSTRUCTED WITH SCREW EQUIPMENT**

Borisov O.O., PhD, Assistant Professor,
etinest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6930-3243

Kyryliuk S.V., PhD,
kirilstani@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8871-8302

Russiy V.V., Master's,
viruswot@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5884-2097

Drozdova K.S., Master's,
xeny_drozdova@ukr.net,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The solution of the problem of protecting buildings and structures from flooding has been relevant for many decades. An effective way to protect buildings and structures from groundwater is the installation of anti-filtration screens. The developed technology of construction of a protective soil-concrete impervious screen under the building with the use of auger equipment is described.

The protective antifiltration primer-concrete screen is formed by mixing a partially developed base soil with hardening solutions. After excavation, the bi-directional auger, rotating in the opposite direction, transports the mortar to the center and simultaneously mixes the soil with the solutions. As a result of mixing, a soil-concrete screen is formed between the guide wells under the existing building or structure.

The selection of the protective soil-concrete screen compositions built with auger equipment was carried out. A plan of experimental studies of the composition of the protective soil-concrete screen mortar is made up. In the developed technology, the screw is located perpendicular to the guide wells and is used for the development, transportation and mixing of soil with mortars. The methodology for conducting experimental studies of the composition mortar, the equipment and materials used are given. Mortars consist of water, cement and additives of basalt fiber, bentonite clay and liquid glass. Evaluation of the plastic strength of the mortar compositions was carried out on a Rebinder plastometer, upgraded with electric drive. The results of the plastic strength of the mortar composition with different percentages of additives contents. When analyzing the effect of these additives, the structure formation curves of the 11th composition with the highest percentage of basalt fiber, the 4th composition with the highest percentage of bentonite, and the 2nd composition with the largest percentage of liquid glass were constructed. The graphs are analyzed and the composition with the highest percentage of liquid glass showed the most intense curing. These studies can then be used to draw up technological maps of a protective soil-concrete screen construction under the structure.

Keywords: concrete screen, auger equipment, flooding of areas, curing strength, experimental studies.

Стаття надійшла 3.12.2018