

П.Н. Должиков, Е.О. Ивлиева

## **СКВАЖИННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ГИДРОАКТИВИЗИРОВАННЫХ ПОДРАБОТАННЫХ ГРУНТАХ**

*Рассмотрены результаты исследований по скважинной технологии стабилизации деформационного процесса в грунтовом массиве при гидроактивизации подработанных территорий. Исследованы горно-геологические условия и выполнен анализ деформированного состояния строительных конструкций здания детского сада. Для конкретных инженерно-геологических условий предложена схема устройства искусственного основания фундамента.*

---

## **СВЕРДЛОВИННА ТЕХНОЛОГІЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ В ГІДРОАКТИВІЗОВАНИХ ПІДРОБЛЕНИХ ГРУНТАХ**

*Розглянуто результати досліджень зі скважинної технології стабілізації деформаційного процесу в ґрунтовому масиві при гідроактивізації підроблених територій. Досліджено гірничо-геологічні умови та виконано аналіз деформованого стану будівельних конструкцій будівлі дитячого садка. Для конкретних інженерно-геологічних умов запропонована схема улаштування штучної основи фундаменту.*

---

## **BOREHOLE TECHNOLOGY OF STABILIZATION DEFORMATION PROCESSES IN HYDROACTIVISATION UNDERWORKED SOIL**

*The results of studies on the borehole technology of stabilization deformation process in the soil at the massif hydroactivation state of underworked territories are considered. Mine-geological conditions of deformed state of construction devices of artificial foundation base are investigated. For concrete engineer and geological conditions device scheme of artificial foundation base is proposed.*

---

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вследствие затопления выработанного пространства нерентабельных шахт произошла гидроактивизация породного массива, что вызвало неравномерные деформации оснований фундаментов и стало причиной ухудшения технического состояния конструкций зданий, а также их разрушения. С целью минимизации де-

формационного процесса в грунтовом массиве и увеличения прочности оснований фундаментов необходимо выполнение комплекса защитных мероприятий, среди которых весьма перспективным является устройство искусственного основания, заключающееся в инъекционной стабилизации грунтового массива. К основным преимуществам создания такого основания относятся его низкая стоимость, обуслов-

ленная использованием в качестве основного тампонажного материала дешевых бесцементных суспензий, простота технологии, а также долговременность эксплуатации [1].

Поскольку механика оснований фундаментов зависит от структурных и деформационных свойств грунта, были проведены экспериментальные исследования изменения модуля деформации гидроактивированных пород [2].

Следует отметить, что при испытании отдельно взятого грунтового образца нельзя судить о напряженно-деформированном состоянии всего массива. Сложность напряженно-деформированного состояния трещиноватых скальных пород требует особого подхода к исследованию поведения массива в каждом отдельном случае. Для условий Донбасса коренные и четвертичные породы характеризуются неоднородностью и анизотропией, что вызвано слоистостью и трещиноватостью, которые напрямую влияют на прочность и деформируемость массивов. Основания фундаментов находятся в зоне выветрелости пород, поэтому для оценки деформируемости породного массива определялся модуль деформации с учетом хаотической трещиноватости [3].

В случае основания в виде обводненного разуплотненного глинистого грунта в нем формируется система каналов гидрорасщеления и заполнения тампонажным раствором, т.е. сформирована искусственная трещиноватость. Поэтому при рассмотрении задачи деформирования искусственного основания следует рассматривать блочную структуру, связанную тампонажным раствором в трещинах [3].

Эффективность постановки искусственного основания из вязкопластичного тампонажного материала также подтверждается экспериментальными результатами и компьютерным моделированием. Так для модели водонасыщенного суглинка инъекционная стабилизация приводит к снижению осадок в 3,2 раза; инъекционное закрепление трещиноватого аргиллита и образование цементно-блочной системы

приводит к снижению абсолютных перемещений в 3,3 раза; формирование стабилизирующей подушки на контакте коренных и покровных пород обеспечивает снижение осадок в 2,6 раза.

## АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ выполненных исследований показал, что модуль деформации затампонируемого трещиноватого породного массива возрастает в 1,5 – 2 раза (с 18 – 22 МПа до 28 – 45 МПа).

Формирование искусственного основания происходит через несколько тампонажных скважин, расположенных в зависимости от геометрических параметров фундамента и конструктивных особенностей здания [3]. Основные параметры создаваемой подушки рассчитываются исходя из конкретных горно-геологических условий породного массива параметров распространения, давления нагнетания и общего объема глиноцементного раствора.

Скважинная технология предусматривает бурение системы скважин в основаниях фундаментов на глубину не менее сжимаемой толщи или до контакта с коренными породами; приготовление вязкопластичного тампонажного раствора с характеристиками, соответствующими инженерно-геологическим и гидрохимическим условиям; нагнетание под расчетным давлением необходимого объема раствора для формирования искусственного основания в обводненных грунтах.

В настоящее время на территории Луганской области расположены многочисленные объекты испытывающие негативное влияние от выполняемых работ на действующих и последствий затопления выработок закрытых шахт.

Исходя из аварийного состояния здания КО ДУЗ №8 «Солнышко» (г. Суходольск) и инженерно-геологических условий заложения фундамента, для этого объекта было выполнено проектирование искусственного основания из глиноцементного раствора.

Здание детского сада «Солнышко» расположено на рельефе со спокойным уклоном, в зоне влияния 1-й, 2-й и 4-й северных лав СП «Шахта им. Н.П. Баракова». За период эксплуатации здания произошли неравномерные осадки основания фундаментов здания. В период с декабря 2012 г. по настоящее время отмечено значительное трещинообразование несущих стен здания, а также трещины в узлах сопряжения лестничных маршей и площадок, в местах примыкания блоков корпусов к переходу, между плитами перекрытий. В результате чего нарушена пространственная жесткость здания и снижена несущая способность стен и простенков. Фундамент здания выполнен в виде бутовой кладки на

цементном растворе. В результате выполненного натурального обследования фундаментной части здания были установлены такие дефекты и повреждения, как вертикальные и косые трещины раскрытием от 0,5 до 1,0 мм со следами замачивания поверхности цокольной части здания.

Горно-геологические условия площадки расположения исследуемого объекта представлены в табл. 1 и характеризуются наличием горных выработок, пройденных как до начала строительства, так и в последующее время.

В геологическом разрезе рассматриваемого участка грунтовой толщи преобладают глинистые и песчаные породы, представленные в табл. 2.

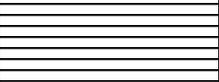
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОДРАБОТКИ ОБЪЕКТА

Таблица 1

Наименование	Горно-геологические условия		
	Пласт	Мощность, м	Глубина, м
шахта им. Н.П. Баракова (г. Суходольск)	$l_1^1$	0,55	540,20
	$k_7^4$	0,2	618,80
	$k_7^{1e}$	0,55	714,85

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО СКВАЖИНЕ

Таблица 2

Наименование ИГЭ	Глубина почвы, м	Литологический слой	Мощность, м	Угол падения, град
ИГЭ-1 – чернозем	0,5		0,5	0
ИГЭ-2 – глина песчаная	10,0		9,5	0
ИГЭ-3 – песок	20,0		10,0	0
ИГЭ-4 – песчаник	27,0		7,0	0

Формирование стабилизирующей подушки для данных условий осуществляется по следующей схеме (рис. 1): тампонажная скважина бурится диаметром 112 мм до нижней границы покровных отложений, углубляется по породам карбона на 1 – 2 м и оборудуется кондуктором диа-

метром 108 мм. Кондуктор цементируется до выхода цементного раствора на поверхность по затрубному пространству; цементная пробка разбуривается и скважина диаметром 93 мм углубляется в интервале, соответствующем расчетной толщине создаваемого стабилизирующего слоя; через

устье скважины или пакерующее устройство, устанавливаемого в нижней части кондуктора, в скважину под давлением закачивается расчетный объем глиноцементного раствора.

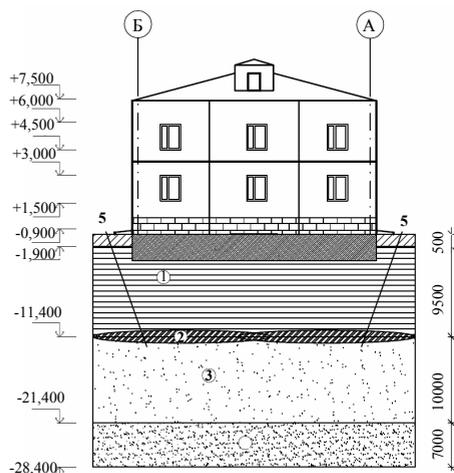


Рис. 1. Схема расположения глиноцементной подушки в основании фундамента: 1 – глина песчаная; 2 – глиноцементная подушка; 3 – песок; 4 – песчаник; 5 – скважины

В аналогичной последовательности выполняются работы по другим скважинам. В общем плане создание искусственной подушки осуществляется по схеме «сгущения». При этом скважины второй очереди являются одновременно «контрольными», что позволяет методами гидродинамических исследований определить фактические размеры создаваемой стабилизирующей подушки и оперативно управлять процессом ее формирования, а по керну – прочностные характеристики данного слоя. Основные технологические параметры представлены в табл. 3.

## ВЫВОДЫ

На основании результатов исследований деформирования искусственных оснований, сформированных методом инъекции вязкопластичных растворов, обоснованы технологические параметры нагнетания глиноцементного раствора на контакте покровных и коренных пород для условий подработанного объекта, что позволяет стабилизировать деформации строительных конструкций.

## ПАРАМЕТРЫ БУРЕНИЯ И НАГНЕТАНИЯ ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА

Таблица 2

Диаметр скважины, м	Глубина бурения, м	Свойства раствора		Давление нагнетания раствора, МПа	Объем тампонажного раствора на 1 п.м <sup>3</sup> скважины	Количество скважин, шт.
		динамическое напряжение сдвига, Па	пластическая прочность, кПа			
0,112	10	197	580	3	0,2	54



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивлиева Е.О. Формирование искусственного основания фундаментов на подработанных территориях / Е.О. Ивлиева, П.Г. Фурдей // Перспективы развития строительных технологий: материалы 7-й междунар. науч.-практич. конф., (18-19 апреля 2013 г.). – Д.: НГУ, 2013. – С. 34 – 37.

2. Шашенко А.Н. Механика горных пород: учеб. пособие / А.Н. Шашенко. – Д.: НГА Украины, 2002. – 302 с.

3. Должиков П.Н. Новые геомеханические процессы и их нейтрализация на подработанных территориях Донбасса / П.Н. Должиков // Вестник МАНЭБ. – 2008. – Т. 13. – № 4. – С. 108 – 111.

## ОБ АВТОРАХ

*Должиков Петр Николаевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций Дон-*

*басского государственного технического университета.*

*Ивлиева Елизавета Олеговна – аспирантка кафедры строительных конструкций Донбасского государственного технического университета.*