



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный  
технический университет



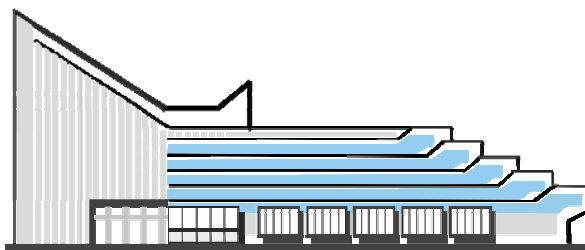
Строительный факультет

**Актуальные проблемы геотехники,  
экологии и защиты населения  
в чрезвычайных ситуациях**

*Материалы 69-й студенческой  
научно-технической конференции*

*25 апреля 2013 года*

Часть 2



Минск  
БНТУ  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Строительный факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Материалы 69-й студенческой  
научно-технической конференции

*25 апреля 2013 года*

В 2 частях

Часть 2

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ  
И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 624.131+624.15 (06)

ББК 38.58я43

А 43

Редакционная коллегия:

**С. В. Игнатов** – магистр техн. наук, ст. преп. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве» (ответственный редактор);

**В. А. Сернов** – канд. техн. наук, доц. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве»;

**Н. Н. Баранов** – канд. техн. наук, доц. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве»

Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф., зав. кафедрой  
«Геотехника и экология в строительстве» **М. И. Никитенко**

Рецензенты:

**П. Н. Костюкович** – д-р техн. наук, проф. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве»;

**И. Л. Бойко** – канд. техн. наук, доц. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве»;

**В. Н. Кравцов** – канд. техн. наук, преп. кафедры  
«Геотехника и экология в строительстве»

Сборник содержит материалы 69-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях». В издании освещены материалы пленарного заседания, исследующие проблемы защиты окружающей среды, проектирования и конструирования экономичных конструкций нулевого цикла.

Материалы предназначены для научно-педагогических работников, студентов, магистрантов и аспирантов.

ISBN 978-985-550-337-9 (Ч. 2)

ISBN 978-985-550-338-6

© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция «Геотехника и экология в строительстве»

### *Адеджумо Т.В.*

Деформации грунта в основании армированного вертикальными сваями фундамента от действия вертикальной нагрузки.....5

### *Азаревич Е.С., Рубченко А.А.*

Определение устойчивости склонов, сложенных разнородными песчаными грунтами..... 9

### *Алесич В.В., Плавская Е.О., Рутковский Г.Г.*

Ошибки при устройстве свай..... 12

### *Аль-Тамими Саиф Сами*

Экспериментальные исследования винтовых свай лабораторными методами.....16

### *Багликов А.С., Андрушкевич А.И., Жихаревич А.В.*

Строительство на намывных грунтах.....20

### *Башаркевич А.Д., Глуховский А.Г., Покальнис В.А.*

Искусственное улучшение грунтов оснований.....23

### *Брухан Т.А.*

Инфильтрация воды в песчаных грунтах.....27

### *Буринский М.С.*

Особенности устройства основания отеля «Бурдж аль-Араб».....30

### *Гмыз К.А., Дубовик Д.А.*

Армирование и укрепление грунтов.....33

### *Дербеев М.М.*

Лотковые испытания слабых водонасыщенных армированных грунтов.....37

<b><i>Дешкович Д.С., Чалей А.Л., Волков В.А.</i></b> Технология непрерывного полого шнека при устройстве буронабивных свай в Беларуси.....	39
<b><i>Ильина Н.П., Новикова Д.А.</i></b> Мелкозаглубленные фундаменты.....	42
<b><i>Коледа И.С., Лученок Т.П., Садовский Н.Ю.</i></b> Примеры геотехнических причин аварий зданий и сооружений....	47
<b><i>Кравченко Е.В.</i></b> Защита фундаментов зданий и сооружений города Чернигова от подтоплений.....	50
<b><i>Курило И.С., Масюк Д.А., Берёза М.О., Сазонов В.В.</i></b> Искусственные основания в геотехнической практике Беларуси...	53
<b><i>М. Алхассан</i></b> Исследование влияния формы по глубине плитных фундаментов на осадку и несущую способность грунтов.....	56
<b><i>Милашевский В.И., Десятень А.В., Шамко Е.В.</i></b> Методы реконструкции оснований. Укрепление фундаментов и грунтов.....	62
<b><i>Михадюк Е.В., Сусленок Н.Л., Точицкая Е.С.</i></b> Влияние формы свай на несущую способность их оснований.....	66
<b><i>Седун Е.А.</i></b> Устойчивость откосов, сложенных анизотропными грунтами.....	70
<b><i>Скепская Е.Л.</i></b> Исследование фундаментов церковных сооружений XI-XIII века города Чернигова.....	74
<b><i>Станулевич Д.С.</i></b> Методы ограждения котлованов.....	76

## Секция «Геотехника и экология в строительстве»

УДК 624.154

### ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА В ОСНОВАНИИ АРМИРОВАННОГО ВЕРТИКАЛЬНЫМИ СВЯЯМИ ФУНДАМЕНТА ОТ ДЕЙСТВИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

**Адеджумо Т.В. (аспирант)**

Научный руководитель – **Бойко И.Л.**

Приведены результаты экспериментальных исследований деформации грунта в основании армированного вертикальными сваями фундамента от действия вертикальной нагрузки. Представлены конструкции установок и результаты экспериментов. Получены графики деформаций грунта в основании фундамента

Деформации грунта в основании фундаментов имеют принципиальное значение для определения возможных деформаций и усилий в надземных конструкциях зданий и сооружений. Изучение этих деформаций для армированного вертикальными сваями основания фундамента в грунтовых условиях Беларуси не изучалось. Незнание характера и величины этих деформаций приводит к большим запасам при проектировании фундаментов и неоправданному расходу материалов, что в конечном итоге сказывается на стоимости строительства. В настоящей статье приведены результаты исследований деформаций грунта в основании фундамента при действии вертикальной нагрузки. Испытания проведены на строительстве торгового центра с подземной автостоянкой в районе станции метро «Могилевская» в г. Минске.

Инженерно-геологические изыскания выполнены ЗАО «Синклиналь» в ноябре 2012 г. - январе 2013 г. Площадка расположена в юго-восточной части г. Минска в районе метро "Могилевская".

На площадке выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ).

#### Искусственные образования

ИГЭ-1. Насыпной грунт песчаный  $q_c < 3,0$  МПа.

ИГЭ-2. Насыпной грунт песчаный  $q_c > 3,0$  МПа.

ИГЭ-3. Насыпной грунт заторфованный.

ИГЭ-4. Насыпной грунт глинистый  $q_c < 3,0$  МПа.

ИГЭ-5. Насыпной грунт глинистый  $q_c > 3,0$  МПа.

Озерно-аллювиальные отложения

ИГЭ-6а. Песок мелкий средней прочности.

ИГЭ-6. Песок средний средней прочности.

ИГЭ-7. Песок крупный и гравелистый средней прочности.

ИГЭ-8. Песок средний средней прочности с примесью органического вещества.

ИГЭ-9. Суглинок средней прочности

ИГЭ-10. Супесь прочная.

ИГЭ-11. Супесь с примесью органического вещества.

ИГЭ-12. Слабые и среднеторфованный грунт.

ИГЭ-13. Торф, сильноторфованный грунт.

ИГЭ-14. Мел, мергель.

Флювиогляциальные отложения

ИГЭ-15. Песок мелкий прочный.

ИГЭ-16. Песок средний средней прочности  $q_c < 8,0$  МПа.

ИГЭ-17. Песок средний средней прочности  $q_c > 8,0$  МПа.

ИГЭ-18. Песок средний прочный.

ИГЭ-19. Песок крупный и гравелистый средней прочности.

ИГЭ-20. Песок крупный и гравелистый прочный.

Нагрузка на фундамент прикладывалась с помощью гидравлического домкрата с максимальным усилием 2000 кН. В качестве упорной конструкции использовались система балок с восемью анкерными сваями. Главная испытательная металлическая балка рассчитана на сосредоточенную силу в 2000 кН. Конструкция упорной системы представлена на рис. 1. Исследования проводились на двух фундаментах. На опытных фундаментах были предусмотрены отверстия для установки грунтовых марок и пропуска измерительной проволоки к прогибомерам. Грунтовые марки устанавливались в основании фундамента на глубине 0,2 м, 0,5 м, 1,0 м, 1,5 м на различном удалении от центра фундамента. Осадка марок замерялась с помощью прогибомеров Аистова марки БПАО с точностью измерений 0,01 мм.

Анализ и обсуждение результатов

На рис. 3 приведены результаты испытаний фундамента №1, в основании которого залегал слабый грунт. Нагрузка при испытаниях доведена до значения давления под подошвой фундамента  $P =$

0,2 МПа. Максимальная осадка грунта в основании при нагружении составила 21,91 мм, остаточная после разгрузки – 16,93 мм. Осадка фундамента 28,68 мм.



**Рис. 1. Опытный фундамент и упорная конструкция**



**Рис. 2. Индикаторы для измерения осадки грунтовых марок**

На рис. 4 приведены результаты испытаний фундамента №1, в основании которого залегал уплотненный грунт (ИГЭ-20). Нагрузка при испытаниях доведена до значения давления под подошвой фундамента  $P = 0,3$  МПа. Максимальная осадка грунта в основании при нагружении составила 5,52 мм, остаточная после разгрузки – 3,51 мм. Осадка фундамента 11,49 мм.

На рис. 4 представлен график нагрузка – осадка. Как видно из графика зависимость почти линейная и не имеет переломов, что свидетельствует о том, что при испытании не был достигнут предел пропорциональности.

На рис. 5 и 6 приведен характер деформации грунта в основании в пределах подошвы фундаментов №1 и 2. Как видно из приведенных результатов при наличии в основании слабого грунта наибольшие деформации оказались под центром фундамента (фундамент №1), а при плотном грунте под его краями (фундамент №2).

### Заключение

Характер деформаций под подошвой фундамента при армировании грунта вертикальными сваями зависит от прочности грунта основания. При наличии слабых грунтов наибольшие деформации оказываются под центром фундамента, а при плотных грунтах под подошвой – наибольшие значения под его краями. Глубина, на ко-



торую распространяются деформации составила более 1,5 м от его подошвы.

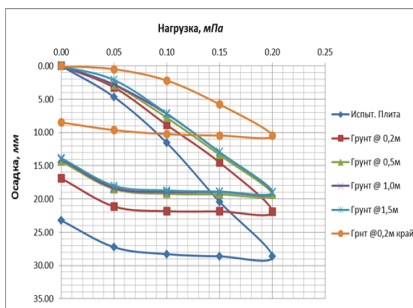


Рис. 3. График зависимости  $s = f(P)$  фундамента №1

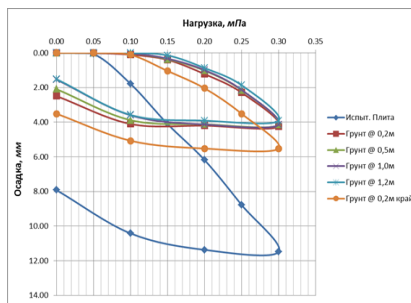


Рис. 4. График зависимости  $s = f(P)$  фундамента №2

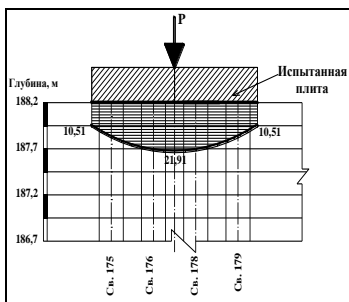


Рис. 5. Характер деформаций грунта в основании фундамента № 1 (слабый грунт под подошвой)

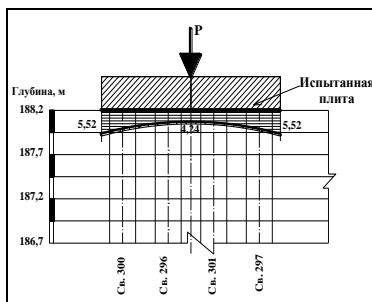


Рис. 6. Характер деформаций грунта в основании фундамента № 2 (прочный грунт под подошвой)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Krigel H.L. and Weisner H.H. Problems of the stress-strain Conditions in Subsoil: Proc. of the 8<sup>th</sup> Intern. Conf. On Soil Mech. And Found.Engineering, – Moscow, 1973, V. 1.3.-736 p.

2. Мальшев М.В. и Демкин В.М. Напряженно-деформированное состояние слоистых оснований [http://www.npp-geotek.ru/images/romggif/malyshev/napryaz\\_def\\_sost\\_sloistyh\\_osnovan\\_yi.pdf](http://www.npp-geotek.ru/images/romggif/malyshev/napryaz_def_sost_sloistyh_osnovan_yi.pdf)- 15/5/2013

3. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям для объекта № 142/12: «Строительство торгового центра с подземной автостоянкой в районе станции метро «Могилевская» стадия: С, ЗАО «СИНКЛИНАЛЬ»МИНСК, 2013. – 18 с.

4. Еремин В.Я., Знаменский В.В., Харин Ю.И. и Юдина И.М. Результаты испытаний свай-РИТ вертикальной статической нагрузкой в условиях слабых грунтов прибрежной части г. Туниса / В.Я. Еремин, В.В. Знаменский, Ю.И. Харин, И.М. Юдина // Вестник МГСУ. 2013. № 5. С. 62–68.

УДК 624

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ СЛОЖЕННЫМИ РАЗНОРОДНЫМИ ПЕСЧАНЫМИ ГРУНТАМИ

**Азаревич Е.С., Рубченко А.А.**

Научный руководитель – **Игнатов С.В.**

В данной статье рассмотрены проблемы опасности оползней склонов, причины и методы борьбы с этой неприятностью. А также приведены ход лабораторного опыта и полученные из него выводы.

В результате воздействия различных внешних факторов (вода, лед и т.д.) происходит максимальное выполаживание и сглаживание склона, что ведет к образованию склонов сноса. Эти склоны обладают определенным запасом устойчивости. Если склоны подвержены оползням и им угрожают оползневые явления, то они относятся к группе склонов обрушения. При накоплении продуктов разрушения горных пород у подножия склонов образуются склоны накопления. Как и склоны обрушения, они находятся в состоянии предельного равновесия. Большую опасность представляют осыпи -двигающиеся скопления крупнообломочных продуктов выветривания.

При оценке устойчивости все склоны подразделяются на три основные группы: склоны сноса; склоны обрушения и склоны накопления.

Нарушение устойчивости склонов происходит чаще всего под влиянием активных сил, уменьшением сил сопротивления склонов или под одновременным воздействием многих факторов. Среди них существенное значение имеют процессы выветривания, способствующие образованию трещин и понижению сопротивления грунтов сдвигу. Поверхностные воды морей, рек и озер подмывают подошву склона и образуют впадину, над которой склон подвисает. При большой глубине впадины формируется трещина откола, по которой масса горных пород может смещаться вниз. Важную роль в понижении устойчивости склонов играют подземные воды, которые могут растворять и выносить частицы грунта приподошвенного слоя и, таким образом, стать причиной оползней суффозионного происхождения. Устойчивость склонов может быть снижена также вследствие гидростатического давления воды (увеличивает действующие сдвигающие силы), дополнительным увлажнением маловлажных пород атмосферными и хозяйственными водами, хозяйственной деятельностью человека (поливы, сброс хозяйственных вод, строительство на склонах), сейсмическими явлениями и т. д.

#### Лабораторные исследования устойчивости песчаного склона

Лабораторный опыт (ход работы):

1. отобрали песчаный грунт;
2. разбили его на разные фракции: 1,2 мм / 0,1 и менее;
3. создали склон и определили угол естественного наклона для песчаных грунтов ( $\varphi = 30^\circ$ ). Склон делали из разных фракций и при разных вариантах фракций, грунт вел себя по-разному;
4. смочили грунт водой: масса грунта и его подвижность при этом увеличивается;
5. сделали начальные отметки и сняли замеры;
6. приложили нагрузку до начала движения грунта;
7. сделали повторные замеры.

#### *Заключение*

Изучение таких явлений как оползни безусловно важно, т.к. более 80% поверхности земли – склоны. Следовательно, надо знать опасности и трудности, которые возможны при сооружении на склонах чего бы то ни было.



**Рис. 1. Лабораторный опыт № 1:**  
а – начальная схема; б – деформированная схема



**Рис. 2. Лабораторный опыт № 2:**  
а – начальная схема; б – деформированная схема

В результате проведенных исследований выявлено, что сдвиг может быть не только между песком и глиной, но и между разногравелистыми грунтами в случае их напластования более  $30^{\circ}$  к горизонту.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1) удаленный доступ: [www.restlessterra.ru](http://www.restlessterra.ru);
- 2) удаленный доступ: [www.builderclub.com](http://www.builderclub.com);
- 3) удаленный доступ: [www.groundis.ru](http://www.groundis.ru).

## ОШИБКИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ СВАЙ

Студенты **Алесич В.В., Плавская Е.О.**,  
инженер **Рутковский Г.Г.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

Приведены примеры распространенных ошибок при погружении готовых свай или их выполнении на месте посредством бетонирования в скважинах.

### *Введение*

Основные ошибки при устройстве свай связаны с низким профессионализмом работников строительных организации, что проявляется в несоблюдении требований норм и предписаний проектных решений, а также в непонимании особенностей применяемых технологий и взаимодействия свай с различными грунтами. Чтобы избежать неоправданных затрат на последствия таких ошибок, требуется осмысленный их анализ [1–4].

### *Основная часть*

Долгое время в строительной практике использовали забивные сваи, у которых имеются существенные недостатки: ограниченная несущая способность по грунту, проявление негативного трения вдоль стволов, вредные динамические воздействия на смежные объекты и др. Без лидерных скважин или подмыва не удастся забивать сваи на проектные отметки (рис.1), что сопровождается появлением так называемых «свайных лесов», перерасходом материальных ресурсов, повышением трудозатрат и энергоемкости. Процесс срубки непогруженных отрезков свай не только трудоемок, но и небезопасен.

Нарушение правил подъема и укладки свай на объектах приводит к возникновению трещин в стволах и даже к их поломке за счет неверного распределения изгибающих моментов по длине. Трещины от изгиба весьма характерны для свай с напряжением стволов высокопрочными стержнями по их центру, т.е. в нейтральной зоне.

Факторы, влияющие на неполное погружение свай подробно изложены в [1,2].



**Рис. 1. Примеры свайных лесов (непогруженные на проектные глубины сваи)**

При погружении свай через водонасыщенные глинистые грунты величина отказа с увеличением глубины забивки может увеличиваться, и свая «проваливается» в водонасыщенное основание. Это явление обусловлено динамическими воздействиями, которые создают в грунте избыточное поровое давление, существенно снижающее трение. После отдыха в течение 3...6 недель (снятие динамических воздействий) поровое давление постепенно снижается и трение вдоль ствола сваи восстанавливается.

Важной причиной неполного погружения призматических забивных свай служит нерациональное распределение ударного импульса вдоль их стволов. При этом энергия затрачивается на разрушение оголовка и сжатие грунта вдоль большой площади боковой поверхности при отклонении ствола за счет несоосного удара, а до острия доходит весьма ослабленный импульс. В то же время пи-

раминальные сваи удается забивать на проектные глубины, поскольку конический продольный профиль их стволов увязывается с распределением вдоль них ударного импульса и сопротивления грунта.

Нельзя не учитывать и то, что недостоверные исходные данные о свойствах грунтов и их изменчивости по глубине и в плане также могут сказываться на необоснованном назначении проектных длин свай и возможностях их полного и частичного погружения.

Вибрационное погружение свай в любых грунтах эффективнее ударного.

В последние годы стали популярными набивные сваи, устраиваемые с вытеснением в стороны и опрессовкой грунта за счет вибрационного погружения обсадных труб с теряемыми крышками на нижних торцах или конических пуансонов.

При выполнении буронабивных свай традиционными технологиями возникают проблемы, связанные с возникновением рыхлого осадка (шлама) на забое скважин при их бурении шнеком, а также в разупрочнении окружающего сваю водонасыщенного грунта под напором воды за счет разницы ее уровней снаружи и внутри скважины даже при ее проходке под защитой обсадной трубы. Это приводит к занижению несущей способности свай в силу малого сопротивления сжатию под нижними концами.

Ошибки при устройстве фундамента из винтовых свай таковы:

При вывинчивании сваи в межвитковых промежутках грунта создается щель и разрыхленный слой под лопастью, что затем под воздействием нагрузки может вызвать проседание сваи на высоту вывинчивания. Кроме этого, при завинчивании свая в грунте может натолкнуться на препятствия и «уйти в сторону». При отклонении более 1,5 – 2 градуса нарушается устойчивость сваи, при этом ее ствол нельзя наращивать.

Ещё одна ошибка – завинчивание сваи в предварительно выкопанную и засыпанную насыпным грунтом яму. Глубина установки сваи в основной (коренной) грунт не всегда выдерживается. Особенно опасно завинчивание лопасти в слабый грунт или торф, но нежелательно и наличие таких грунтов у оголовка ствола сваи. Винтовая свая с тонкой стенкой трубы бетонируется для увеличения жесткости, а отсутствие бетона внутри нее приводит к внутрен-

ней коррозии ствола и малому сроку службы сваи. Приваренный оголовок и сварочный шов порой не защищают от коррозии.

Факторы, снижающие их несущую способность свай при их устройстве:

- низкие технологическая дисциплина и профессионализм работников;
- несвоевременное изменение конструктивно-технологических решений при отличии геологических условий и свойств грунтов по сравнению с данными изысканий;
- несоблюдение предусмотренных нормами и проектом правил производства работ;
- прокладка подземных коммуникаций и горные работы вблизи или под строениями;
- динамические и агрессивные воздействия на фундаменты и грунты в их основании;
- шламообразование в скважинах и затопление котлованов;
- неверные методы водоотлива.

#### *Заключение*

Экономия средств на геологических изысканиях влечет за собой ошибочную оценку несущей способности основания и неправильное проектирование фундаментов.

Допускаемые при проектировании и устройстве свай ошибки и просчеты чреват материальными издержками и ненадежностью эксплуатации надземных конструкций. При этом низкий профессионализм исполнителей является важнейшим фактором.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитенко, М.И. Некоторые проблемы свайных фундаментов в геотехнической практике Беларуси / М.И.Никитенко, В.Ю. Журавский // Строительная наука и техника. – Минск, 2008. № 4(9). – С. 44-51.
2. Далматов, Б.И. Основания и фундаменты / Б.И. Далматов. – Санкт-Петербург, Изд. АСВ, 2002. – 254 с
3. <http://www.fundex.su/chasto-vstrechayushhiesya-oshibki/>
4. [http://www.stroypuls.ru/vipusk/detail.php?article\\_id=26929](http://www.stroypuls.ru/vipusk/detail.php?article_id=26929).



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ЛАБОРАТОРНЫМИ МЕТОДАМИ

**Аль-Тамими Саиф Сами** (аспирант)  
Научный руководитель – **Кравцов В.Н.**

В статье приводятся методика и результаты модельных испытаний винтовых свай.

### *Введение*

Устройство свайных фундаментов – одна из тех областей, где задача сбережения энергии и ресурсов решается наиболее эффективно. При этом современная отечественная практика показывает, что свайные фундаменты из винтовых металлических свай (далее - сваи ВС) являются наиболее экономичными. Наиболее сильно их преимущество проявляется в сложных грунтовых условиях и при наличии комбинированных (моментных) выдергивающих и вдавливающих нагрузок /1/.

С целью массового внедрения свай ВС в практику строительства проводится работа по исследованию и изучению особенностей их взаимодействия с грунтом, в зависимости от размеров, характера заглубления, загрузки и условий изготовления, а также разработке методов проектирования свай ВС в грунтовых условиях РБ.

Для оценки характера работы свай ВС с грунтом выполнены их лабораторные и натурные [2] исследования. Лабораторные исследования проведены на моделях свай ВС разных размеров, которые испытывались на выдергивающие и вдавливающие статические нагрузки. Это позволило оценить влияние размеров и глубины погружения свай ВС на формирование их активной зоны. В настоящей статье даны отдельные результаты лабораторных исследований свай ВС.

### *Методика и результаты исследований*

Исследования лабораторными методами проводились с использованием плоского лотка. Он выполнен в виде ящика размером 840-650 мм со стеклянными стенками. для возможности визуального

наблюдения за развитиями процесса деформации во время испытание моделей свай ВС (рис. 1). Фиксация деформаций грунта в процессе испытания проводилась по форме изменения горизонтальных меловых полосок, выполненных у передней стеклянной стенке лотка при формировании грунтового основания. Испытаны маломасштабные деревянные модели винтовых свай, масштаб 1:20. В качестве грунта использовался песок средний от рыхлого до плотного с характеристиками: сцепление  $C = 0-0,01$  МПа; угол внутреннего трения  $\varphi = 20-27^\circ$ ; влажность  $W = 5-9\%$ ; плотность  $\rho = 1,57-1,70$  т/.

Процесс испытания винтовой сваи в лотке заключался в нагружении моделей свай последовательно: вдавливающей, а затем выдергивающей вертикальной нагрузками.

Деформации измерялись индикаторами часового типа с точностью измерений до 0,01 мм. Отсчёты по индикатору снимались через 15 мин и заносились в журнал. Ступени нагружения составляли 1/10 полной нагрузки. Каждая последующая ступень нагружения прикладывалась после условной стабилизации деформации грунта: 0,1 мм за последние 15 минут.

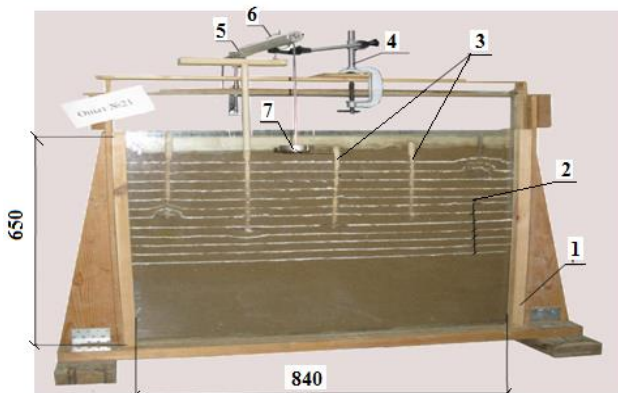
В опытах применялись маломасштабные деревянные модели винтовых свай размерами: ствол диаметром  $\varnothing 1$  и 1,4 см; лопасть  $\varnothing 2-4$  см, глубина погружения 15 и 30 см (см. рис. 2).

Пример испытания 3-х модельных свай ВС на выдергивающие нагрузки дан на рисунках 2 и 3.

### *Заключение*

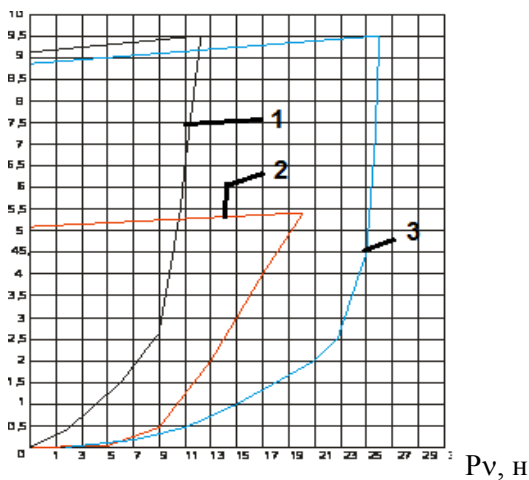
В результате лабораторных исследований модельных свай ВС установлены: характер работы свай ВС с грунтом в зависимости от глубины заложения лопасти, зоны деформирования основания от выдергивающих и вдавливающих нагрузок и их несущая способность (рис. 2). Размеры и очертания характерных зон деформирования основания ВС даны на рис. 3.

Результаты модельных исследований послужат основой для разработки программы натурных испытаний свай ВС и методов их расчета.



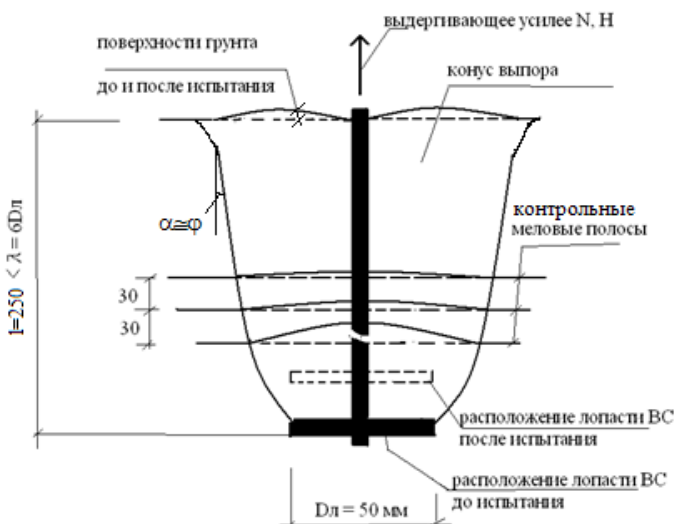
**Рис. 1. Общий вид плоского лотка и оборудования для модельных испытаний:**

1 – деревянный лоток; 2 – контрольные меловые полосы для оценки деформации грунта; 3 – модель винтовой сваи; 4 – струбцина для крепления индикатора; 5 – рычажное устройство для нагружения модели сваи; 6 – индикатор часового типа; 7 – площадка для грузов массой 100, 200 и 500 г



**Рис. 2. Результаты испытаний модельных свай на выдергивающие нагрузки в песке среднем средней прочности (зависимости выхода свай из грунта  $\Delta v$  от нагрузки  $P_v$ ,  $\Delta v = f(P_v)$ ):**

1 – модельная свая ВС1 (ствол  $\varnothing$  1,4см, лопасть  $\varnothing$  3 см), глубина погружения 15 см; 2 – модельная свая ВС 2 (ствол  $\varnothing$  1,4см, лопасть  $\varnothing$  5 см), глубина погружения 50 см; 3 – модельная свая ВС 3 (ствол  $\varnothing$  1,4см, лопасть  $\varnothing$  5 см), глубина погружения 15 см



**Рис. 3.** Схема работы модели свай ВС мелкого заложения при выдергивающей нагрузке в зависимости от относительной глубины заложения лопасти  $l < \lambda$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцов, В.Н. Эффективность использования винтовых свай в сложных грунтовых условиях Беларуси / В.Н. Кравцов, Л.С. Чеботарь // Межд. сборник тр. Геотехника: Научные прикладные аспекты строительства надземных и подземных сооружений на сложных грунтах. – СПб: СПбГАСУ, 2008. – с. 186-191.
2. Кравцов, В.Н. Экспериментальные исследования металлических винтовых свай в грунтовых условиях Республики Беларусь / В.Н. Кравцов, С.С.Х Аль-Тамими // Сборник XVIII международного научно-методического семинара: перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь.– Новополоцк: ПГУ, 28-29 ноября 2012. – Том II, с. 281-286.

## СТРОИТЕЛЬСТВО НА НАМЫВНЫХ ГРУНТАХ

**Багликов А.С., Андрушкевич А.И., Жихаревич А.В.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

В данной работе рассматривается тема строительства на намывных грунтах, а также основные особенности рационального выбора вида фундаментов на намывных основаниях. Основная цель работы – изучение этого вида строительства с использованием способа гидронамыва на территории Республики Беларусь.

### *Введение*

Для защиты населенных пунктов, сельскохозяйственных земель и других объектов от затопления проводятся следующие меры: регулирование речного стока водохранилищами, обвалование, а также гидронамыв территории до отметок, исключающих подтопление возводимых сооружений, зданий и коммуникаций. [1]

Вместе с тем одним из основных способов улучшения прочностных и деформационных показателей грунтов пойменных отложений является их уплотнение (консолидация). Наиболее рациональным и экономически целесообразным при этом оказывается намыв песка методом гидромеханизации. Применение этого способа позволяет механизировать и объединить в единый цикл процесс разработки, транспортировки и укладки грунта. [4]

В работе рассмотрим процессы по гидронамыву территории, применяемые на намывных грунтах фундаменты [2], а также меры строительства данным методом в Республики Беларусь.

### *Основная часть*

Комплекс работ по намыву территорий включает подготовительные, основные и сопутствующие работы.

К основным работам относятся разработка грунта в карьере, укладка грунта на территорию [3], сброс осветленной воды, возведение попутного обвалования.

При выборе способа намыва учитываются категория и размеры намываемой территории, состав карьерного грунта, рельеф местно-

сти, а также типы и мощность имеющихся земснарядов и оборудования разводящей сети пульпопроводов.

Намыв площадей под строительство ведется в основном следующими способами: безэстакадным, низкоопорным, послойно-грунтоопорным, продольно-торцовым, бесколодцевым.

При этом используют следующие схемы намыва: двусторонняя с низких опор, двусторонняя безэстакадная, односторонняя, мозаичная, многопульпопроводная торцовая [4].

Выбор типа фундаментов на намывных основаниях определяется его экономической целесообразностью и зависит от инженерно-геологических условий строительной площадки и величины нагрузки на фундамент, от типа здания и его этажности.

Наиболее рациональными технически и экономически при строительстве зданий и сооружений на пойменно-намывных территориях являются такие фундаменты, возведение которых не требует прорезки намывного слоя. При рассмотрении свайных фундаментов предпочтение следует отдавать конструкциям, технология устройства которых или их форма позволяют улучшить физико-механические свойства грунтов основания (плотность, деформативность и т. п.) с доведением этих свойств до требуемых величин. К таким фундаментам относятся пирамидальные, бипирамидальные сваи с забивным оголовком в пробитых скважинах (ударноштампованные), буронабивные с выштампованной пятой. Если же грунт свежее намыт, то его рекомендуется уплотнить и использовать его несущую способность при возведении фундаментов, либо следует передать нагрузку на подстилающие прочные грунты.

В пойменно-намывных основаниях с погребенными биогенными грунтами применяют составные сваи, если требуемая по инженерно-геологическим условиям длина превышает наибольшую для целых свай. Более подробно о рациональном выборе конструкций фундаментов рассмотрено в [5].

Также следует учитывать, что намывные грунты во времени проходят три стадии формирования: уплотнения до 4 месяцев, до 4,5 лет и стабилизированного состояния (после 4,5 лет) [6].

Как пример жилой застройки на намывной территории можно рассмотреть строительство целого микрорайона «Клёнковский» в г. Гомеле. Процесс намыва территории начался в первой половине 1970-х, строительство растянулось на 20 с лишним лет. Строитель-

ство на намывных грунтах также получило распространение в городах Бресте, Пинске и других [4].

### *Заключение*

Строительство на намывных грунтах применяется при защите территорий от паводков, а также для улучшения характеристик основания под фундаменты сооружений.

В докладе была изложена сущность метода намыва территории, а также рекомендуемые области эффективного применения различных конструкций фундаментов гражданских зданий на намывных территориях Республики Беларусь.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.03.2005 N 311 "Об утверждении республиканской программы "Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных мест и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2005 - 2010 годы". Стройиздат. Лен. отд., 1991.

2. СТБ 943-2007 Грунты. Классификация / Минстройархитектуры РБ. – Минск: 2008. – 65 с.

3. Моисеев, В. Ю. Инженерная подготовка застраиваемых территорий / В. Ю. Моисеев. – Киев, Будівельник, 1974.

4. Слюсаренко, С. А. Проектирование и устройство фундаментов на намывных и песчаных грунтах / С. А. Слюсаренко. – Киев: Будівельник, 1990.

5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова, 1986.

6. СНБ 5.01.01-99. Основания и фундаменты зданий и сооружений / Минстройархитектуры РБ. – Минск, 1999.

7. Веселов, В.А. Проектирование оснований и фундаментов. Основы теории и примеры расчета. 2-е изд., перераб. и доп. / В.А. Веселов – М., Стройиздат, 1978.

## ИСКУССТВЕННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ

**Башаркевич А.Д., Глуховский А.Г., Покальнис В.А.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

В данной работе рассмотрены наиболее эффективные методы искусственного закрепления грунтов, даны их сравнительные характеристики, выделены преимущества и недостатки, а также рассмотрены технологические особенности и перспективы использования каждого из них.

### *Введение*

Закрепление грунтов [1-4] широко применяется при строительстве промышленных и гражданских зданий, в гидротехническом, подземном и дорожном строительстве, горном деле. Оно используется для усиления грунтовых оснований зданий и сооружений, укрепления откосов выемок дорог и стенок котлованов, предупреждения деформаций склонов, горных выработок и тоннелей. Закрепление грунтов также используется для борьбы с водопритоками в котлованы и траншеи, создания противодиффузионных завес в основании гидротехнических сооружений и т.д.

### *Основная часть*

#### Подготовка проектирования усиления грунтов

Началу проектирования усиления должны предшествовать инженерно-геологические изыскания на участке размещения объекта. Данные этих изысканий должны содержать достаточно полное описание конструкций фундаментов, грунтов основания на требуемую глубину и их физико-механические характеристики, а также сведения о наличии и степени агрессивности грунтовых вод.

#### *Механическое закрепление грунтов*

Слабый грунт можно уплотнить с поверхности и на определенную глубину. Различают способы поверхностного (на глубину до 2,5 м) и глубинного (на глубину 12 м и более) уплотнения грунтов. Поверхностное уплотнение производят укаткой, трамбованием или



вибрацией. Для осуществления глубинного уплотнения используют воздействие вибрации, взрывов, применяют грунтовые и песчаные сваи, бумажные дрены и т. п.

Наиболее простыми и достаточно эффективными являются тяжелые трамбовки. Ими можно хорошо уплотнять насыпные, рыхлые песчаные и сильно сжимаемые глинистые и лессовые грунты.

Более совершенным способом поверхностного уплотнения несвязных грунтов является вибрационный. Обычно применяют виброплощадки и виброкатки массой от 1,6 до 20 т.

Сущность уплотнения основания грунтовыми столбами заключается в устройстве скважин, заполняемых грунтом, с последующим их уплотнением. Скважины устраивают вытеснением грунта природного сложения из объема, занимаемого каждой из них, что позволяет существенно уплотнить находящийся между ними грунт.

В связных грунтах, способных держать вертикальные стенки, скважины пробивают инвентарным сердечником. Заполняют их уплотненным глинистым грунтом, а в макропористых грунтах – теми же грунтами, но укладываемыми с трамбованием и увлажнением.

Для уплотнения водонасыщенных рыхлых песков мелких и пылеватых, в том числе с прослойками суглинков и глин, применяют песчаные столбы. Технология их изготовления аналогична технологии изготовления грунтовых столбов.

Если же уплотнить грунт не представляется возможным, его заменяют на более прочный, а этот слой называют подушкой. Под многоэтажное здание обычно используют подушку из песка среднего или крупного. Применять подушки целесообразно под одиночные и ленточные фундаменты с шириной подошвы 1–1,5 м в глинистых грунтах с расчетным сопротивлением 0,10–0,15 МПа выше уровня подземных вод. Работы по устройству подушек включают доставку и разгрузку материала, его разравнивание, увлажнение, уплотнение и планировку поверхности до заданной отметки.

#### *Физические и химические способы закрепление грунтов*

Применение разработанных химических способов в различных областях строительства показало, что они особенно эффективны для улучшения свойств грунтов под фундаментами существующих сооружений. Это в значительной степени объясняется тем, что превращение грунта под фундаментом в камень осуществляется, как правило, без нарушения эксплуатации здания.

Существует несколько химических способов закрепления грунтов: цементация, глинизация, битумизация, силикатизация, смолизация, электрохимическое закрепление и буросмесительный [4] для создания цементогрунта.

Цементация грунтов представляет собой заполнение пустот, трещин и крупных пор в крупнообломочных грунтах с образованием со временем твердого цементного или цементно-глинистого камня.

В отличие от цементации глинизацию применяют для заполнения карстовых пустот только в сухих породах, способных впитывать воду из нагнетаемого глинистого раствора.

Способ горячей битумизации применяется в трещиноватых скальных и полускальных грунтах при большой скорости фильтрации. Он состоит в нагнетании через пробуренные скважины расплавленного битума, который при остывании в трещинах обеспечивает грунту водонепроницаемость.

Для придания водонепроницаемости пескам разработан способ холодной битумизации, т. е. нагнетания битумной эмульсии.

В 1931 г. был разработан двухрастворный способ силикатизации, сущность которого состояла в том, что в песчаный грунт любой влажности через забитую металлическую перфорированную трубу (инъектор) поочередно нагнетались раствор силиката натрия и раствор хлористого кальция. В результате химической реакции между ними в порах грунта образуется гидrogель кремниевой кислоты, и грунт быстро и прочно закрепляется.

Для закрепления мелких и пылеватых песков с коэффициентом фильтрации от 0,0006 до 0,006 см/сек применяют однорастворный способ. В грунт нагнетают гелеобразующий раствор из жидкого стекла и фосфорной либо серной кислоты и серноокислого аммония.

Смолизация. Сущность способа состоит в нагнетании в грунт гелеобразующего раствора карбамидной смолы и отвердителя в виде соляной или щавелевой кислоты. Способ обеспечивает прочное закрепление, придает грунтам водонепроницаемость.

Большое значение при использовании постоянного электрического тока имеет явление электроосмоса. Благодаря ему можно обезвоживать значительные массивы малопроницаемых грунтов при проходке траншей и вскрытии котлованов.

Для проведения работ по химическому закреплению грунтов применяют оборудование: инъекторы, установки для бурения скважин, пневматические молотки для забивки инъекторов и т. п. Их выполняют под постоянным контролем за качеством применяемых растворов и закрепленного грунта.

### *Заключение*

Способы и методы закрепления выбираются в зависимости от грунтов, конструктивных особенностей будущего или существующего строения. При применении определённого метода закрепления грунтов необходимо знать его назначение и правильно выбирать способы и технологии выполнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ржаницын, Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве / Б.А. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.
2. Соколов, В.Е. Химическое закрепление грунтов / В.Е. Соколов. – М.: Стройиздат, 1980. – 119 с.
3. Вольфсон, В.Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: Справочник производителя работ / В.Л. Вольфсон, В.А. Ильешенко, Р.Г. Комисарчик. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 2003. – 252 с.
4. Улицкий, В.М. Комплексное использование струйной технологии для целей реконструкции на слабых грунтах / В.М. Улицкий, С.Г. Богов // Реконструкция Санкт-Петербурга – М.: Стройиздат, 2005. – 221 с.

## ИНФИЛЬТРАЦИЯ ВОДЫ В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ

**Брухан Т.А.**

Научный руководитель – **Игнатов С.В.**

Статья посвящена исследованию процесса инфильтрации воды в песчаных грунтах.

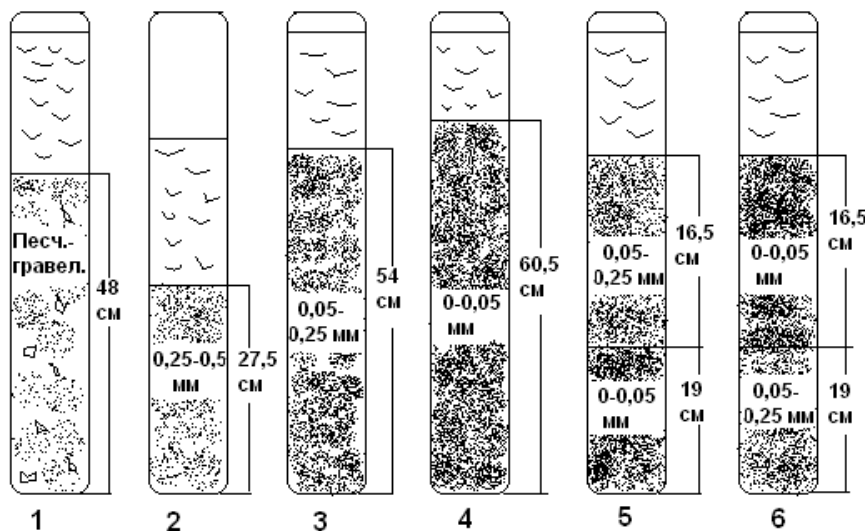
Инфильтрация воды – проникновение атмосферной и поверхностной воды в почву по капиллярным порам, трещинам и другим пустотам. Знание законов и величин скорости инфильтрации в грунтах очень важно для прогнозирования проникновения воды в сухих грунтах, а также различных загрязняющих жидкостей в случае возникновения прорывов магистральных трубопроводов.

С целью определения скорости инфильтрации в песчаных грунтах нами были проведены лабораторные опыты с песками различного гранулометрического состава. Фракции получались в результате просеивания песчаного грунта.

Опыт проводился в следующей последовательности:

- брали фракцию сухого песчаного грунта;
- взвешивали начальный объем навески грунта;
- засыпали в стеклянную прозрачную колбу песок;
- определяли остаточную массу навески;
- определяли засыпную плотность исследуемого грунта;
- заливали сверху воду, поддерживая постоянный уровень воды над песком;
- измеряли время прохождения воды через грунт;
- вычисляли скорость инфильтрации.

Схемы расположения засыпок грунта в трубках приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Схемы расположения засыпок грунта в трубках:**

1 – песок больше 0,5 мм ( $h=48$  см,  $\gamma=1,625$  г/см<sup>3</sup>); 2 – песок 0,25...0,5 мм ( $h=27,5$  см,  $\gamma=1,570$  г/см<sup>3</sup>); 3 – песок 0,05...0,25 мм ( $h=54$  см,  $\gamma=1,479$  г/см<sup>3</sup>); 4 – песок 0...0,05 мм ( $h=60,5$  см,  $\gamma=1,371$  г/см<sup>3</sup>)

По результатам полученных исследований определена скорость инфильтрации, которая составляет:

- для песка (схема №1) – 267 мм/с;
- для песка (схема №2) – 115 мм/с;
- для песка (схема №3) – 86 мм/с;
- для песка (схема №4) – 17 мм/с.

Впервые был обнаружен интересный факт изменения скорости инфильтрации в зависимости от взаимного расположения фракций грунта.

Так для схем № 5 и № 6 получились следующие результаты (рис. 2).

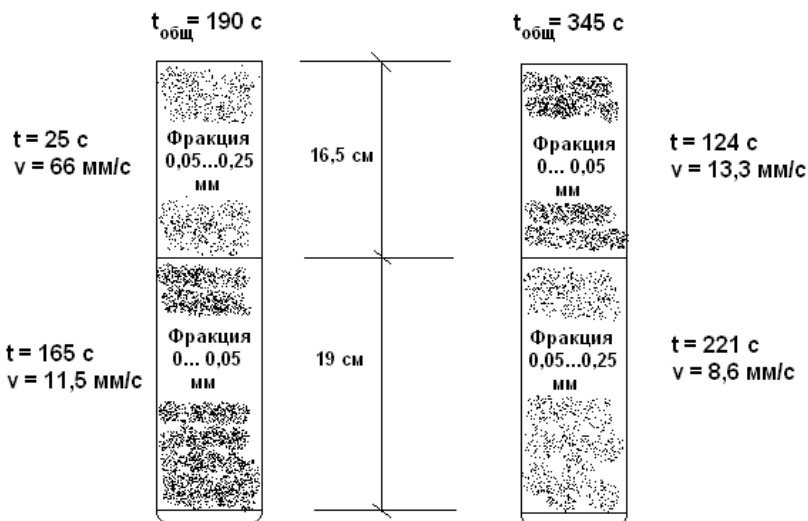


Рис. 2. Результаты для схем № 5 и № 6

Исходя из существующих предложений по движению жидкости в грунте был проведен сравнительный анализ полученных скоростей инфильтрации из схем №3 и №4 с полученными скоростями для схем №5 и №6 (рисунок 3).

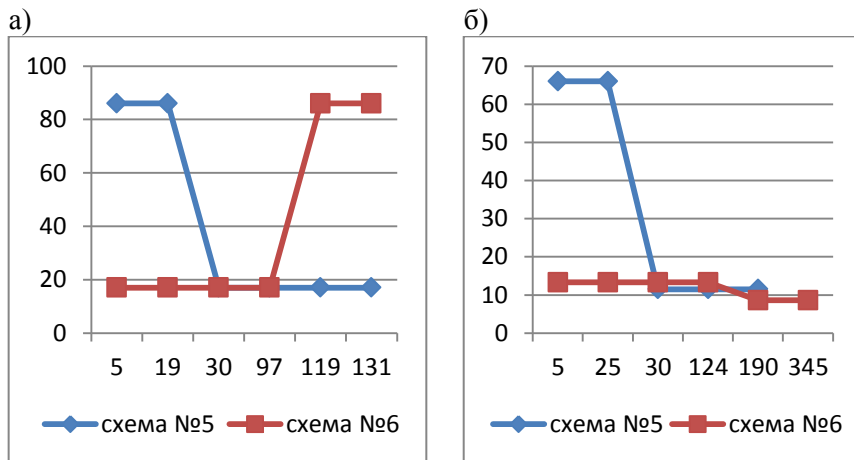


Рис. 3. Инфильтрация воды в песчаных грунтах  
(а – схема № 5; б – схема № 6)

### *Заключение*

Таким образом, в результате проведенных лабораторных исследований определена скорость инфильтрации в однородных грунтах, а также обнаружена большая разница в значениях скорости инфильтрации воды в песчаных грунтах в зависимости от взаимного расположения фракций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов, В.Т. Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

УДК 624.15

## ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЯ ОТЕЛЯ «БУРДЖ АЛЬ-АРАБ»

**Буринский М.С.**

Научный руководитель – **Игнатов С.В.**

В данной статье рассмотрены проблемы строительства искусственного основания для выполнения фундаментов для здания отеля «Бурдж аль-Араб», а так же особенности заложения фундамента. Так же описываются технологии и новации, используемые при возведении искусственного острова.

Бурдж аль-араб (в переводе «Арабская башня») – это самый высокий (321 м) отель на планете и, возможно, самый роскошный.

Первая сложность при строительстве состояла в том, что отель стоит в 270 м от берега на искусственном острове. Здание весит 250.000 тонн и должно противостоять волнам и ветрам Персидского залива.

К началу 1995 года строители активно взялись за осуществление первой стадии проекта – возведение острова. Но здесь они столкну-

лись с первыми серьезными трудностями. 27 апреля 95-го по Персидскому заливу пронесся, ударив со всей яростью по побережью, мощный шторм «Шамай». Часть строительных барж с тысячами тонн камней на борту оказались сорваны с якорей и выброшены на берег.

Изначально инженеры хотели строить остров монолитом из камней, которые планировалось вырубить и доставить на побережье из горных массивов эмирата Фуджейра. Но такой остров получился бы очень массивным и не очень прочным. Ни внешнего облика, ни надежности, ни эстетики, ни уникальности. Дубаю этого было не надо.

После шторма «Шамай» были приняты конструктивные меры по укреплению острова: чтобы сделать остров низким, прочным и красивой формы впервые использовали особые пустотелые бетонные блоки.

Первая стадия строительства: сначала соорудили каменную насыпь вровень с уровнем воды в заливе, а затем покрыли ее пустотелыми бетонными блоками, чтобы нейтрализовать силу волн. Блоки работают как губка: при ударе волны, вода попадает внутрь блоков, затем поток разбивается на более мелкие струи, поворачивает и вышлекивается обратно, при этом сила удара угасает до 92%. Благодаря этому, остров получился безопасным, возвышаясь из воды всего на 7,5 метров. Его сердцевину засыпали песком.

Вторая стадия строительства: в центре острова рабочие вбивают стальные укрепления на глубину 20 метров. Получившаяся стальная перемышка, стала внешней стеной фундамента отеля. На дне моря давление воды огромно. Это давление проталкивает воду сквозь песок и грозит затопить остров снизу, тем более что в стальной стене нужно было откопать углубление под подвал. Поэтому, чтобы сдерживать морскую воду, выталкивающую фундамент, дополнительно, гигантскими шприцами в остров была закачена жидкая смесь цемента и специального клеевого состава. В итоге, когда отрыли котлован, стены выдерживали давление воды 7,5 тонн со всех сторон.

К ноябрю 1995 года искусственный остров для самого шикарного отеля на планете был построен.

Третья стадия строительства: фундамент. Геология грунта данной местности не предназначена для подобных сооружений: Дубаи



находятся на большой линии сброса породы, даже на глубине 180 метров не было устойчивого и твердого камня, т.е. скального основания. Всё это увеличивает разрушительное воздействие землетрясений за счёт эффекта разжижения грунта: частицы песка встряхиваются, заполняя всё свободное пространство компактно и занимают меньше места, грунт начинает вести себя не как твёрдая поверхность, а как жидкость.

Итогом расчетов стали 250 сорока-метровых железобетонных колонн (сваи, заземлённые в грунте). Принцип работы их основывается на эффекте поверхностного трения: трение между частицами песка и ж/б колоннами прямо пропорционально длине самих колонн и глубины их заложения. Реакция опоры грунта действует по длине всей колонны и вертикально снизу. Их общая протяженность более 10 км.

Инженерами был создан поверхностный слой из огромных камней, которые окружили бетонную сотовидную структуру, которая защищает фундамент от эрозии. Понадобилось 3 года, чтобы отобрать землю у моря, в то время как для постройки самого здания потребовалось меньше трех лет. Здание содержит более 9000 т стали и 70000 м<sup>3</sup> бетона.

### *Заключение*

Триумф инженеров, при создании первого в Дубае искусственного острова, значительно повлиял на науку. Он открыл дорогу инженерным идеям: от создания Пальмового острова, (недвижимость на котором была раскуплена за 3 дня), до островов Мира и других проектов. Теперь это узнаваемый во всём мире символ Дубая.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Канал «Discovery», «Суперсооружения», серия «Дворец мечты в Дубае»
2. Материал из Свободной Энциклопедии «Wikipedia»
3. Материалы с сайта «<http://burj-al-arab-hotel.com/>»

## АРМИРОВАНИЕ И УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

**Гмыз К.А., Дубовик Д.А.**

**Научный руководитель – Игнатов С.В.**

Армирование грунтов и укрепление грунтов – это внесение в грунтовые конструкции элементов, позволяющих значительно увеличить показатели механических свойств грунта.

Армирование грунтов, укрепление грунтовых конструкций, выполняется с помощью армирующих элементов, которые взаимодействуя с грунтом, выполняют функцию перераспределения нагрузки между компонентами конструкции. Такие элементы, обеспечивающие укрепление грунтов, изготавливаются из различных материалов – металла, железобетона, стекловолокна или полимеров.

Однако, самыми эффективными средствами для такого процесса как укрепление грунтов на сегодняшний день являются различные геосинтетические материалы на стекловолоконной и полимерной основе.

Различные геосинтетические материалы для армирования грунтов представляют из себя тканые и нетканые геотекстильные материалы, георешетки, геосетки, геоматы и геомембраны – используемых для разных стадий и степеней армирования грунтов и укрепления различных грунтовых поверхностей.

Армирование грунтов с помощью геосинтетических материалов, укрепление грунтов георешетками значительно ускоряет и удешевляет процесс строительства.

Геосетка – это геосинтетический материал, плоская водопроницаемая синтетическая сетка с квадратными ячейками. Геосетка рулонный материал, который состоит из переплетенных под прямым углом полимерных или синтетических нитей покрытых защитным слоем, с одинаковыми отверстиями размером от 2,5 до 40 мм.



**Рис. 1. Примеры геосеток, применяемых для армирования грунтов**

Геосетка может производиться различными способами: литьём, переплетением нитей или соединением узлами. Геосетка может пропитываться специальным полимерным составом, что обеспечивает стабильность структуры и высокую разрывную нагрузку геосетки.

Геосетка классифицируются на несколько типов, применяемых в мире:

- 1) экструдированные;
- 2) соединенные;
- 3) тканые (бывают двухосные и одноосные);
- 4) вязанные.

Функции ГЕОСЕТКИ:

- укрепление;
- армирование;
- стабилизация;

Свойства ГЕОСЕТКИ:

- водостойкость;
- биостойкость;
- светостойкость;
- не подвержена гниению;
- стойкость к действию кислотных и щелочных сред;
- долговечность, срок службы не менее 50 лет.

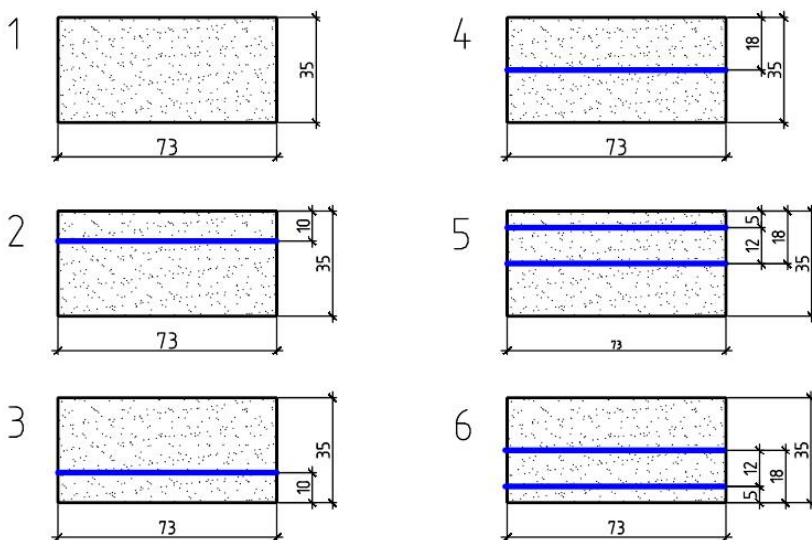
Области применения ГЕОСЕТКИ:

- укрепление склонов, откосов, берегов, насыпей;
- укрепление опорных стен;
- укрепление существующей конструкции дорожной одежды;
- армирование несущих слоев в дорожном строительстве;
- армирование участков дорог без выравнивающего слоя;
- армирование шва асфальтобетонного покрытия;

- армирования взлетно-посадочных полос аэропортов;
- армирование изоляции нефтяных и газовых трубопроводов;
- стабилизация эрозии, защита от камнепадов;
- предупреждение трещин при уширении дороги;
- сопряжение дорожных одежд различных типов;
- восстановление участка дороги после ремонта подземных коммуникаций.

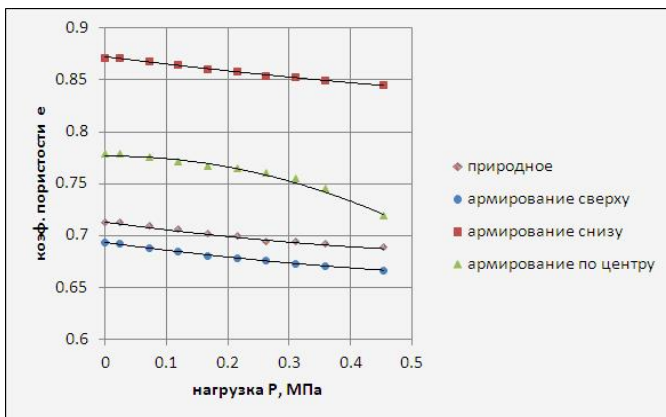
### *Собственные исследования*

Нам были выполнены лабораторные исследования изменения модуля деформации грунтов при их горизонтальном армировании двухосной вязанной сеткой. Испытания проводили в стандартном сдвиговом приборе. Исследуемый опытный грунт армировался в нескольких вариантах.



**Рис. 2. Проведенные натурные исследования**

Геосинтетические армирующие сетки могут эффективно применяться везде, где в грунте существуют растягивающие усилия и где с их помощью возможна передача растягивающих усилий как сил давления в грунте.



	$E_0$ , МПа
природное	18.6965
армир. сверху	19.9801
армир. снизу	20.9167
армир. по центру	18.6444

**Рис. 3. Изменение коэффициента пористости в зависимости от приложенной нагрузки**

### *Заключение*

Геосинтетические армирующие сетки при их укладке в грунт существенно ( в два и более раза) повышают модуль деформации грунта. На повышение модуля деформации большое значение оказывает количество армирующих слоев, и их расположение по высоте.

Результаты выполненных лабораторных опытов показали необходимость выполнения армированных грунтовых подушек под плитные фундаменты с целью снижения деформативности грунтового массива активной толщи.

## ЛОТКОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ АРМИРОВАННЫХ ГРУНТОВ

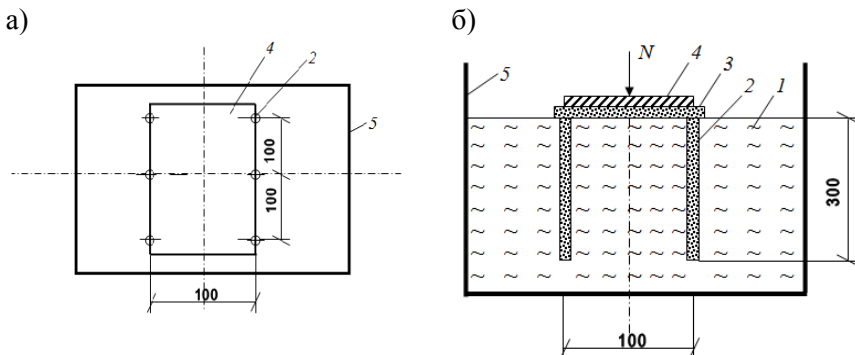
**Дербеев М.М.**

Научный руководитель – **Банников С.Н.**

Данная статья посвящена изучению консолидации слабых водонасыщенных армированных грунтов.

Строительство сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах всегда являлось сложным и трудоёмким процессом. Это связано с тем, что сооружения, построенные на таких грунтах, испытывают большие осадки, которые протекают в течение длительного времени, а основания имеют малую несущую способность. Наиболее часто на таких грунтах устраивали свайные основания из жёстких деревянных, железобетонных, металлических, набивных бетонных и железобетонных свай. Если в основании залегали большие толщи слабых водонасыщенных глинистых грунтов, устраивали висячие жёсткие сваи. Однако, как показали наблюдения за работой таких сооружений, большинство из них испытывают значительные осадки (Исаакиевский Собор, жилые здания на Фрунзенской набережной в Москве и т.д.).

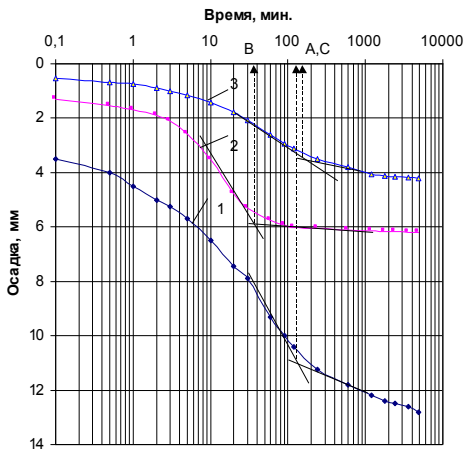
В настоящее время при устройстве оснований на слабых водонасыщенных грунтах для экономии цемента и металла, а также снижения стоимости основания широко применяются песчаные и цементогрунтовые сваи, а консолидация слабых водонасыщенных армированных грунтов является малоизученной темой. Исходя из этого, нами были проведены испытания водонасыщенного армированного и неармированного грунта. Для отработки технологии устройства вертикальных песчаных и цементогрунтовых свай, а также их пространственного расположения нами были проведены модельные консолидационные испытания в металлическом лотке с размерами 1,1x0,6x0,25 (см. рис1). В качестве основания использовался суглинок мягкопластичный. Армирование основания производили цементогрунтовыми и песчаными сваями.



**Рис. 1. Схема усиления грунта:**

а – план; б – разрез лотка (1 – грунт; 2 – грунтоцементные (песчаные) сваи; 3 – песчаная подготовка; 4 – штамп; 5 – корпус лотка)

По результатам опыта был построен график (рис. 2) зависимости осадки от времени для неармированного водонасыщенного грунта, армированного песчаными и цементогрунтовыми сваями.



**Рис. 2. Кривые консолидации суглинка при испытании грунта в лотке ( $P_0 = 0,1$  МПа), построенные по осредненным данным (1 – неармированный грунт)**

### *Заключение*

Анализ полученных результатов позволил констатировать, что осадки слабых водонасыщенных грунтов армированных песчаны-

ми и грунтопесчаными сваями соответственно в 2 и 3 раза меньше, чем для неармированного. Время консолидации основания, армированного грунтопесчаными сваями и неармированного примерно одинаково, и в 4 раза больше чем для грунта усиленного песчаными сваями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Банников, Н.Д. Консолидация водонасыщенного слоя грунта усиленного вертикальными армирующими элементами / Н.Д. Банников, С.Н. Банников, Джазаа Басем // Материалы 2-й Республиканской межвузовской конференции "Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций строительства зданий и сооружений". - Брест, 1998. - С.48-53
2. Зарецкий, Ю.К. Теория консолидации грунтов / Ю.К. Зарецкий, под ред. проф. Н.А. Цытовича. – М.: 1967. – 127 с.

УДК 624.154

## ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПОЛОГО ШНЕКА ПРИ УСТРОЙСТВЕ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ В БЕЛАРУСИ

**Дешкович Д.С., Чалей А.Л., Волков В.А.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

Изложена сущность технологии непрерывного полого шнека и показаны ее достоинства при устройстве буронабивных свай в разных геологических условиях.

### *Введение*

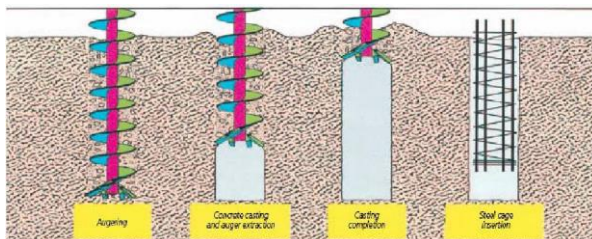
Традиционные решения свайных фундаментов базировались на использовании забивных свай, которые при малых поперечных сечениях способны предавать на грунты ограниченные проектные нагрузки. Наметившаяся тенденция к увеличению этажности зданий и нагрузок на фундаменты способствует вытеснению забивных свай набивными с увеличением их диаметров и длин. Одной из пе-



редовых является технология устройства таких свай с использованием непрерывного полового шнека (CFA).

### *Основная часть*

Технологию SFA (рис. 1) в настоящее время применяют для выполнения буронабивных свай большой несущей способности с помощью итальянского оборудования (рис. 2).



**Рис. 1. Устройство буронабивной сваи при помощи полового непрерывного шнека**

По технологии SFA в любых грунтах, даже неустойчивых водонасыщенных, скважины бурят непрерывным полым шнеком, через который по мере его последующего подъема в созданную скважину закачивается под давлением бетон, а в него сразу же погружается арматурный каркас на требуемую глубину. Важное достоинство данной технологии заключается в большой скорости устройства свай, а опрессовка грунта под давлением вдоль всего ствола способствует исключению шламообразования и достижению повышенных значений несущей способности основания.

При устройстве буронабивных свай в водонасыщенных грунтах наиболее надежной защитой от обрушения стенок скважин при бурении является использование обсадных труб.

Преимущества при устройстве буронабивных свай методом CFA (непрерывным шнеком) являются:

- низкий уровень шума;
- отсутствие колебаний грунта;
- возможность применять в стеснённых городских условиях и в непосредственной близости от существующих строений;

- отсутствие необходимости в смене рабочего инструмента буровой установки, что существенно экономит время при бурении скважины;
- при проходке скважин не требуются обсадные трубы или раствор бентонита для обеспечения устойчивости стенок скважин от обрушения или оплывания в водонасыщенных грунтах.;
- отсутствуют проблемы, связанные с избавлением от извлеченного грунта.

а)



б)



в)



**Рис. 2. Оборудование для устройства свай SFA:**  
 а – буровой станок со сплошным полым шнеком; б – буровой станок для проходки скважин; в – подъем шнека с бетоном на лопастях и погружение вибратором арматурного каркаса в скважину

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие П 13-01 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство буронабивных свай. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2002. – 43 с.

2. ТКП 45-5.01-45-2006 (02250). Фундаменты и подземные сооружения, возводимые с использованием струйной технологии. Правила проектирования у устройства. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2006. – 33 с.

3. Никитенко, М. И. Некоторые проблемы свайных фундаментов в геотехнической практике Беларуси / М. И. Никитенко, В. Ю. Журавский // Строительная наука и техника.– Минск, 2008. – № 4(19). – С. 44-51.

4. Сайт <http://www.nsc-m.ru/cfa.html>.

5. Сайт [http://www.gssm.ru/index.php?id\\_article=6](http://www.gssm.ru/index.php?id_article=6).

УДК 624.15

## МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

**Ильина Н.П., Новикова Д.А.**

Научный руководитель – **Игнатов С.В.**

Данная работа содержит информацию об общих факторах, влияющих на выбор фундаментов, о глубинах заложения и мелкозаглубленных фундаментах.

Фундамент – несущая конструкция, часть здания, сооружения, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и распределяет их по основанию. Как правило, изготавливаются из бетона, камня или дерева.

Общие рекомендации по устройству фундаментов

Начинать необходимо с инженерно-геологических изысканий участка, на котором будет стоять здание. На выбор типа фундамента влияют множество факторов, к которым относятся:

- 1) состояние и тип грунта на отведенном участке;
- 2) глубина промерзания грунта;
- 3) наличие грунтовых вод;
- 4) конструкция и нагрузка от несущих конструкций здания;
- 5) использование подвалов;
- 6) срок службы здания;

- 7) материалы для строительства фундамента;
- 8) наличие подземных коммуникаций на участке, предназначенном для строительства.

Глубина заложения фундаментов назначается в результате совместного рассмотрения инженерно-геологических условий строительной площадки, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений, величины и характера нагрузки на основание.

Глубина заложения фундаментов должна быть ниже пола прилегающих к фундаментам приямков, каналов, водозаборов, резервуаров, бункеров вводов сетей и др. не менее чем на 0,5 м.

Как правило, грунт вспучивается зимой всегда. Поэтому следует разделять все дисперсные грунты по способности к морозному пучению на три категории:

- непучинистые грунты;
- условно непучинистые грунты;
- пучинистые грунты.

К непучинистым грунтам относятся:

- крупнообломочные грунты, содержащие частицы размером менее 0,1 мм в количестве до 30 % по весу;
- гравелистые, крупные и средней крупности пески, не имеющие в пределах нормативной глубины промерзания прослоек грунтов, которые могли бы служить водупором.

К условно непучинистым следует относить:

- крупнообломочные грунты, с содержанием частиц размером меньше 0,1 мм в количестве более 30 % по весу, а также пески мелкие и пылеватые при условии, что в период строительства и эксплуатации сооружений уровень грунтовых вод будет ниже глубины промерзания более чем на 1,0 м;
- все виды пылевато-глинистых грунтов при условии, что в период строительства и эксплуатации сооружений они сохраняют твердую консистенцию и влажность, не превышающую влажности на границе раскатывания, и что в течение этого же времени уровень грунтовых вод будет всегда ниже нормативной глубины промерзания.

Пучинистыми являются:

– крупнообломочные грунты, содержащие частицы размером меньше 0,1 мм в количестве более 30 % по весу при расположении уровня грунтовых вод ниже расчетной глубины промерзания не более чем на 1,0 м;

– пески мелкие и пылеватые и все виды пылевато-глинистых грунтов, промерзающие в любых других условиях, чем те, которые соответствуют условно непучинистым грунтам.

Общепринятая глубина заложения фундаментов:

- на пучинистых грунтах – не менее расчетной глубины промерзания грунтов;
- на условно непучинистых при нормальной глубине промерзания до 1 м – не менее 0,5 м, до 1,5 – не менее 0,75 м, от 1,5 до 2,5 м – не менее 1 м;
- на непучинистых независимо от глубины промерзания – не менее 0,5 м.

Допускается не учитывать пучинистость грунтов в случаях:

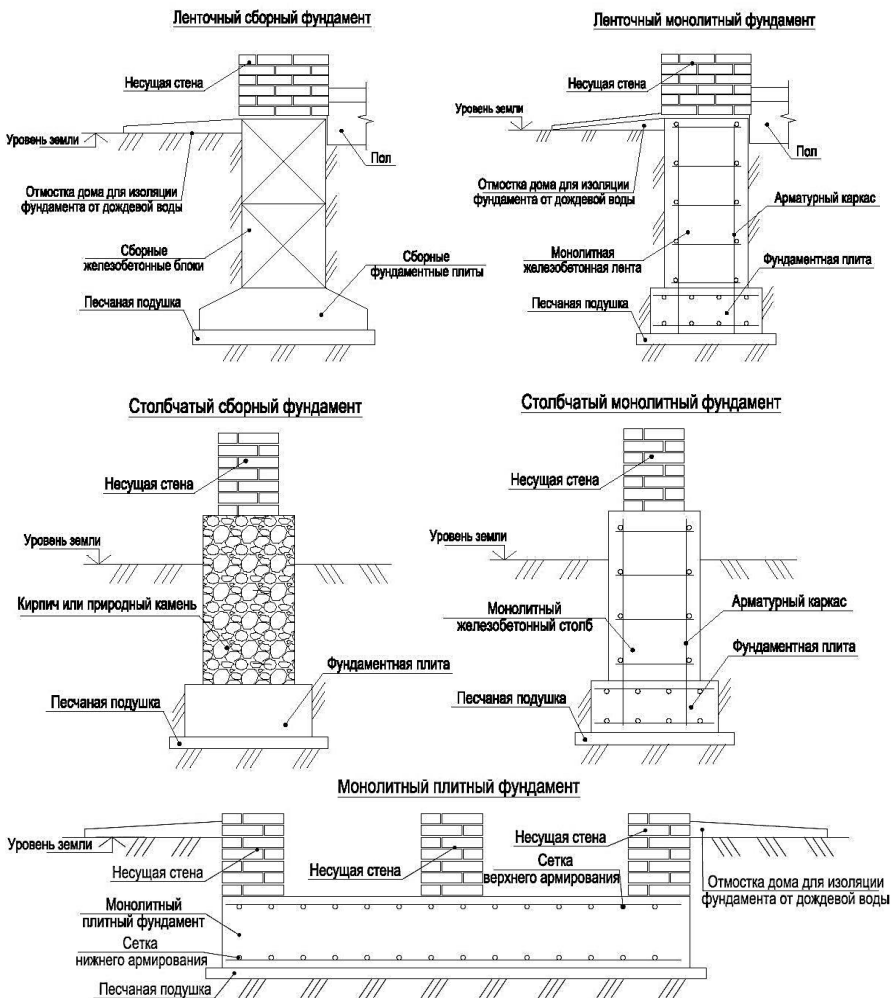
– если подземные воды находятся ниже глубины промерзания не менее чем: на 2 м – для песков, 3 м – для супесей и суглинков и 4 м – для глин;

– если глина и суглинок находятся в твердом или полутвердом состоянии, супесь – в твердом.

Мелкозаглубленный фундамент – это фундамент, который закладывается на глубину меньше глубины промерзания грунта. Бывают ленточные, столбчатые и массивные (сплошная плита, коробчатый, ребристый, кольцевой). Глубина заложения в этом случае определяется только необходимостью опереться на слой грунта с достаточной несущей способностью. В отличие от фундамента глубокого заложения мелкозаглубленный фундамент опирается на грунт, подверженный морозному пучению, но, несмотря на это, способен обеспечивать достаточную устойчивость для легких зданий.

Основные варианты мелкозаглубленных фундаментов:

- а) ленточный монолитный и сборный (плита);
- б) ленточный из перекрестных лент;
- в) столбчатый монолитный и сборный;
- г) монолитный плитный.



**Рис. 1. Основные варианты мелкозаглубленных фундаментов**

Противопучинные мероприятия для мелкозаглубленных фундаментов. Данные мероприятия распространяются на проектирование и строительство легких одно-двухэтажных зданий и сооружений. Небольшие нагрузки на фундаменты таких зданий обуславливают их повышенную чувствительность к воздействию морозного пуче-

ния, поэтому рекомендуется предусматривать устройство декоративных цокольных обшивок с засыпкой пространства между цоколем и обшивкой малотеплопроводными и невлагоемкими материалами (шлак, аглопоритовый или керамзитовый гравий, отходы горнорудной промышленности и др.).

Если покровные глинистые пучинистые грунты имеют небольшую толщину (до 10 м), а ниже залегают водопроницаемые грунты (песок, гравий, галечник), то воду из песчаных подушек можно сбрасывать в песчано-гравийный слой непосредственно через дренарующие скважины.

Допускается устройство малозаглубленных фундаментов без применения дренарующих подушек, если их основанием являются условно непучинистые грунты и на площадке осуществлены инженерно-мелиоративные мероприятия.

Столбчатые малозаглубленные фундаменты рекомендуется преимущественно применять в пучинистых грунтах, если в процессе строительства производится выштамповывание котлованов (гнезд) под монолитные фундаменты или если сборные железобетонные фундаменты (блоки) забиваются в грунт.

### *Заключение*

Таким образом, прочность, устойчивость и долговечная эксплуатационная пригодность зданий (сооружений) на пучинистых грунтах достигается применением в практике проектирования и строительства, а в ряде случаев и в период эксплуатации, инженерно-мелиоративных, строительно-конструктивных и термо-защитных мероприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.01.01-99 Основания и фундаменты зданий и сооружений.
2. ТКП 45-5.01-67-2007 (02250) Фундаменты плитные. Правила проектирования.
3. Сажин, В.С. Не зарывайте фундаменты вглубь / В.С. Сажин.– Москва, 2003.
4. Пособие П9-2000 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование оснований и фундаментов в пучинистых при промерзании грунтах.

## ПРИМЕРЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЧИН АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

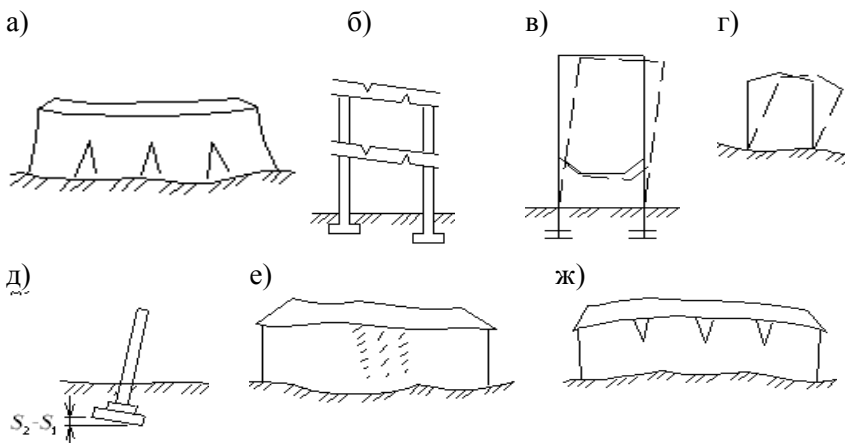
Коледа И.С., Лученок Т.П., Садовский Н.Ю.  
Научный руководитель – Никитенко М.И.

Приведены характерные примеры геотехнических аварий зданий и сооружений и причины их возникновения.

Фундаменты – одна из древнейших конструкций первых жилищ человека. Это подземная часть сооружения, предназначенная для передачи нагрузки от сооружения грунту.

Неправильная оценка свойств основания приводит к перерасходу трудозатрат, средств и материалов, разрушению части или всего сооружения, нарушению нормальных условий его эксплуатации.

Выделяют следующие виды деформаций зданий (рис. 1):



**Рис. 1. Виды деформаций зданий при неравномерных осадках фундаментов:**

а – прогиб; б – перекос; в, г, д – крен; е, ж – выгиб

Пизанская башня. Как из-за наклона, так и из-за оригинальной архитектуры, с 1173 года и вплоть до наших дней, башня является объектом пристального внимания.



Под южной частью Пизанской башни грунт был илистый и глинистый, из-за чего она стала крениться на юг, едва ее начали строить. Благодаря работам под колокольней и вокруг нее в 1990-х годах падение башни удалось остановить и уменьшить крен на полградуса.

В качестве временной меры на северной стороне на бетонные балки были установлены свинцовые бруски, которые в качестве противовеса стабилизировали строение. Башню можно немного выпрямить и стабилизировать, если выбрать часть жесткого грунта из-под северной части фундамента, то есть провести так называемую подработку путем выемки по миллиметру через систему обсадных труб при помощи вращающегося шнекового бура.

В 2002 – 2010 гг. была произведена реставрация башни, вследствие чего угол её наклона сократился с  $5^{\circ} 30'$  до  $3^{\circ} 54'$ .

Венеция. На протяжении XX века Венеция довольно быстро (до 5 мм в год) погрузалась в лагуну, в результате суша погрузилась на 23 см. Основной причиной бедствия был промышленный забор воды из артезианских скважин с понижением водоносного слоя земли. После закрытия скважин оседание города замедлилось, но не прекратилось. По расчётам учёных Венеция может стать непригодной для жизни в 2028 г. Постепенное разрушение города происходит и из-за увеличившейся частоты наводнений в Венецианской лагуне.

Для спасения уникального города был разработан проект MOSE, предусматривающий постройку герметичных барьеров вокруг города. Проект получил одобрение специалистов и был открыт в 2003 году. Но строительство дамб подвергается серьёзной критике из-за низкой эффективности подобной защиты от наводнений, опробованной в Нидерландах, и последствий для окружающей среды.

Как и почему разрушаются дома. Авария на Байконуре 12.05.2002 г. произошла из-за подвижек фундамента здания. По той же причине произошла авария в Нью-Йорке 25.10.2001 г. в южной части Манхэттена, где рухнул вместе с лесами фасад 15-этажного здания. То же самое произошло в Иерусалиме, где 24.05.2001 разрушился Дворец торжеств. Список можно продолжать до бесконечности, так как не проходит недели, чтобы не произошло необъяснимого разрушения какого-либо инженерного сооружения.

Описанный во всей учебной строительной литературе Трансконский элеватор (в Канаде), который в 1903 году за 23 часа буквально

лег набок. Как оказалось, грунт, перед строительством представленный плотными глинами, вблизи угла, опустившегося на 7 метров, превратился в податливую вязко-пластичную глину. Более того, обнаруженная при первом бурении на глубине 20 м известняковая плита просто исчезла.

Созданный в Санкт-Петербурге геофизический метод позволил объяснить многие из этих аварий. Как показали исследования, зоны с изменением несущей способности грунта приурочены к тектоническим нарушениям. По мере увеличения мощности осадочных пород, эти шрамы периода остывания планеты оказались надежно спрятанными, и о большинстве из них мы даже не подозреваем.

Методом спектрально-сейсморазведочного профилирования (ССП) был обнаружен признак, позволяющий выявлять зоны тектонических нарушений. Над ними весь породный столб находится в состоянии микронарушенности, т.е. в тиксотропном состоянии.

Исследования выявленных с помощью метода ССП зон тектонических нарушений показали, что грунт в этих зонах уменьшает свою несущую способность после начала строительных работ.

### *Заключение*

Правильно или неправильно мы понимаем тот или иной механизм развития техногенной катастрофы – видно по эффективности прогнозов. Однако можно отметить, что здания часто состоят из типовых конструкций, но фундаменты должны всегда проектироваться индивидуально при существенном отличии инженерно-геологических условий и свойств грунтов по глубине и в плане.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лушников, В.В. Упадет ли Невьянская башня? И как выпрямляли Пизанскую кампанилу / В.В. Лушников. – Екатеринбург.: Учебная книга, 2011.– 88 с.
2. Колыбин, И.В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях / И.В. Колыбин //Развитие городов и геотехническое строительство. № 12 – Санкт-Петербург; 2008. – С. 90-124.

## ЗАЩИТА ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА ЧЕРНИГОВА ОТ ПОДТОПЛЕНИЙ

**Кравченко Е.В.**

Научные руководители – **Менайлов О.Н., Корзаченко Н.Н.**

Кафедра «Промышленного и гражданского строительства»  
Черниговский государственный институт экономики и управления

В статье рассматриваются причины подтопления территории города Чернигова и приводятся мероприятия по защите фундаментов зданий и сооружений от воздействия грунтовых вод.

### *Введение*

Город Чернигов размещен в восточной части Черниговского Полесья на правобережье р. Десна, где ее долина соединяется с Любеч-Черниговской морено-зандровой равниной.

К неблагоприятным факторам инженерно-строительного характера города можно отнести затопления верхними водами пойм рек Десны и Стрижня, подтопления равнинных территорий города, оползни и эрозию на кручах рек.

### *Основная часть*

Город Чернигов размещен на правом берегу р. Десна и делится правой протокой Десны – р. Стрижень на две части. На западе Чернигова, на окраине города протекает р. Белоус – правая протока р. Десны.

Долина р. Десны пойменная, в районе города имеет ширину около 7 км., выровненная, с хорошо выраженным руслом реки и разнообразием микроформ рельефа пойменного типа. Правый склон долины обрывистый, с крутыми берегами, высотой 20-30 м, местами в городе представлен насыпным валом. Русло реки извилистое, шириной 110–140 м, дно песчаное и песчано-илистое.

Круглогодичный ход уровней р. Десна характеризуется весенним паводком, который проходит в несколько пиков. Самые высокие уровни весеннего паводка наблюдаются, как правило, во второй

половине апреля. На весенний период приходится 55-60 % годового стока реки, на летне-осеннюю границу – 25-30 %, на зиму – 10 %.

Река Стрижень в пределах города имеет ширину поймы 100–150 м, извилистое русло шириной 10-40 м, глубиной 0,4 м (в граничный период – 0,1-0,2 м).

Река Белоус – правобережный приток Десны. Длина – 58 км, ширина русла в верховье не превышает 3-8 м, вблизи устья – 20 м. Глубины колеблются в пределах 0,5-1,5 м. Уклон – 0,82 м/км. Дно торфянистое, местами заиленное или песчаное.

По режиму наполнения водотоки относятся к снежному – больше 50% годового стока. Вторым по значению источником наполнения р. Десны являются подземные воды.

Поймы рек. Десны, Стрижня, Белоуса занимают лучные грунты на аллювиальных отложениях, чаще - в комплексе с болотными.

Климат района атлантико-континентальный с непродолжительной умеренно-мягкой зимой и теплым продолжительным летом.

Наибольшее месячное количество осадков – 119 мм (1947 г.), среднее количество осадков теплого периода – 359 мм, холодного – 180 мм. Суммарное испарение с поверхности суши – 540 мм. Стойкий снеговой покров наблюдается со 2 ноября по 9 февраля, высота снегового покрова колеблется от 7 до 42 см (средняя – 19 см). Число дней со снеговым покровом – 95–110. Глубина промерзания грунта от 24 до 141 см.

На данное время р. Стрижень зарегулирована тремя водохранилищами.

Значительная территория города подтапливается. Причины разные – это и присутствие лессовидных суглинков (1 тип просадки грунтов), которые не достаточно пропускают верхние воды, и утечки из изношенных коммуникаций, и не везде есть в городе ливневая канализация.

Специальные мероприятия по защите от затопления существующей индивидуальной и промышленной застройки в городе не проводились.

На намеченных под строительство площадках в определенной части города грунтовые воды находятся на глубине 8-20 м от

поверхности земли, а кое-где и на глубине 0,5-1,5 м (верховодка) – центральный район, Масаны и др.

С целью предупреждения подтопления фундаментов зданий и сооружений, инженерных сетей, а также сохранения зеленых насаждений уровень грунтовых вод должен быть стабильным на глубине 3,5-4,0 м от поверхности земли.

### *Заключение*

В городе Чернигове выявлены опасные участки, которые периодически затапливает водой. На данной территории нужно создать систему контроля состояния подземных вод. Проектирование объектов на выявленных территориях нужно проводить только после комплексных инженерных изысканий.

В данное время в борьбе с подтоплениями на данных территориях наибольшее распространение получили:

- исключения подпитки грунтовых вод за счет утечки с водонесущих коммуникаций и чрезмерного полива зеленых насаждений.

- строительство дренажных систем и кольцевого дренажа.

- устройство пропускных труб, лотков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН А.2.1-1-2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 72 с.

2. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.

3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2008 рік. – Чернігів.: ДОНПСвЧО, 2008. – 246 с.

4. Рекомендации по инженерно-гидрогеологическому обоснованию защитного дренажа территорий, подтапливаемых подземными водами/ ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 88 с.

## ИСКУССТВЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ В ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ БЕЛАРУСИ

**Курило И.С., Масюк Д.А., Берёза М.О., Сазонов В.В.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

Изложены наиболее широко используемые виды грунтовых искусственных оснований, а также способы искусственного улучшения свойств грунтов. Приведены примеры применения методов укрепления грунтов в Республике Беларусь в сложных инженерно-геологических условиях.

Прочность и устойчивость зданий и сооружений в значительной мере зависят от правильного выбора оснований и конструктивного решения фундаментов. Для проектирования основания и фундаментов необходимо знать геологическое строение и несущую способность слоя грунта, принятого в качестве основания, глубину его промерзания и режим грунтовых вод. Искусственные основания при возведении зданий на слабых грунтах устраивают путем уплотнения или упрочнения грунта, а также заменой слабого грунта оснований более прочным. Способ закрепления выбирают в зависимости от грунтовых условий района строительства, а также производственных возможностей его выполнения.

Основания бывают двух видов: естественные и искусственные.

Если строительные качества грунта таковы, что его можно загружать без какой-либо предварительной подготовки, то основание называется естественным.

Искусственным основанием называют искусственно уплотненный или упрочненный грунт, который в природном состоянии не обладает достаточной несущей способностью.

Уплотнение грунта может быть поверхностное и глубинное.

Простейшим видом грунтовых искусственных оснований являются песчаные подушки. Слой слабого грунта под будущим фундаментом удаляют и вместо него насыпают песок (с тщательным послойным уплотнением). Такие подушки можно устраивать также из материала большей несущей способности: гравия, щебня или смеси

грунта с гравием или щебнем. Подушка распределяет давление от фундамента на большую площадь слабого грунта.

К более сложным способам искусственного улучшения свойств грунтов относят закрепление их различными вяжущими материалами, нагнетаемыми под давлением через инъекторы: цементным молоком (цементация), раствором жидкого стекла и отвердителя (силикатизация), горячим битумом или холодной битумной мастикой (битумизация). Вяжущие материалы после отвердения связывают частицы грунта в прочный камневидный монолит.

Для повышения несущей способности грунтовых оснований применяют следующие способы искусственного закрепления грунтов: цементация и битумизация; глинизация; смолизация; химический; термический; электрический; электрохимический; механический; армирование и др.

Исследования возможности строительства на насыпных основаниях, проведенные РУП «Институт БелНИИС» в 1980–1990 гг., позволили обосновать и осуществить новое научное направление в Республике Беларусь – строительство на искусственно упрочненных основаниях. Его суть состоит в том, что разрабатываются методы и средства инженерной подготовки (упрочнения) любых (естественных и искусственных, в том числе насыпных) грунтов, оцениваются и контролируются заданные (требуемые) улучшенные их физико-механические характеристики и возводятся на этих упрочненных основаниях эффективные фундаменты с уменьшенными размерами и повышенной несущей способностью. В рамках этого направления был разработан целый комплекс нормативных технических документов (ТНПА, пособия, СТБ и рекомендации), которые охватывают все вопросы расчета, проектирования и возведения фундаментов на принудительно упрочненных основаниях.

В качестве примеров применения методов укрепления грунта в Республике Беларусь в сложных инженерно-геологических условиях можно привести строительство ледовых дворцов в гг. Барановичи, Орше, Молодечно и Речице. Фундаменты на этих объектах запроектированы УП «Белпромпроект» при участии РУП «Институт БелНИИС» по его же технологии устройства оснований.

Рассмотрим более подробно выполнение укрепления грунта при строительстве жилого комплекса «Вивальди» с использованием песчаных свай. В грунт вибратором молотом погружается металли-

ческая труба с наконечником (башмаком). После погружения трубы с закрытым наконечником на проектную глубину в нее через воронку засыпается сухая бетонная смесь минимального класса прочности. После этого труба медленно при работающем вибраторе поднимается. За счет этого в грунте создаются дренирующие и уплотняющие слабый глинистый грунт столбы.

### *Заключение*

Фундаменты вместе с грунтовым основанием в значительной мере оказывают влияние на прочность и устойчивость здания. Методы искусственного укрепления грунтов находят достаточно широкое применение в промышленно-гражданском строительстве. В мостостроении их применяют редко, преимущественно при усилении фундаментов существующих сооружений. Используемые в практике фундаментостроения многообразные способы искусственного повышения несущей способности грунтов можно свести к следующим основным методам: уплотнение грунтов; закрепление грунтов; замена слабых грунтов.

В настоящее время достаточно хорошо освоены и широко применяются в Беларуси механическое уплотнение, цементация и дренирование грунтов столбами из сухой бетонной смеси.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сеськов, В. Е. Эффективные конструкции и методы устройства оснований и фундаментов в Республике Беларусь / В. Е. Сеськов, В. Н. Лях // Строительная наука и техника. – 2005. – № 1. – С. 91–94.
2. Байков, В.Н. Строительные конструкции/ В.Н. Байков, Г.И. Попов // М.: Высшая школа, 1986.
3. Пособие П 19-04 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство фундаментов из свай с уплотненным основанием.– Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2006. – 88 с.
4. Пособие П 19-04 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство фундаментов из свай с уплотненным основанием. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2006. – 88 с.
5. Никитенко, М.И. Буроинъекционные анкеры и сваи при возведении и реконструкции зданий и сооружений / М.И. Никитенко. – Минск: БНТУ, 2007. – 580 с.



б. Никитенко, М. И. Некоторые проблемы свайных фундаментов в геотехнической практике Беларуси / М. И. Никитенко, В. Ю. Журавский // Строительная наука и техника. – Минск, 2008. – № 4(19). – С. 44-51.

УДК 624. 154

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПО ГЛУБИНЕ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ОСАДКУ И НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ГРУНТОВ

**М. Алхассан** (аспирант)

Научный руководитель – **И.Л. Бойко**

Приведено для плитных фундаментов влияние формы по глубине на осадку и несущую способность грунтов. Исследованы призматические, клиновидные и тавровые формы фундаментов на разных моделированных грунтовых условиях. Выявили, что при работе призматических форм фундаментов лишь грунт под ними активно воспринимает нагрузку, но при работе клиновидных и тавровых форм фундаментов оба грунта под ними и вдоль них вертикальных стволов активно воспринимают нагрузку.

Осадка и несущая способность грунтов зависят от формы и размера фундамента, глубины заложения, физико-механических характеристик грунтов и типов структурных нагрузок. Тогда, когда много информации [1...5 и т.д.] существует в литературе о влиянии формы по плану плитных фундаментов на осадку и несущую способность грунтов, то мало такой информации существует о влиянии формы по глубине. Исследование взаимодействия фундаментов с грунтовыми основаниями выполняется изучением отношения нагрузки-осадки модельных фундаментов в лаборатории или натуральных фундаментов на стройплощадке.

С учетом сложности, большой стоимости и трудоемкости натуральных исследований основное внимание сосредоточено на лабораторных опытах моделей плитных фундаментов на кафедре «ГиЭС» БНТУ. При этом закономерно возникает вопрос о правомерности

интерпретации результатов модельных опытов применительно к плитным натурным размерам. Классический подход к этому вопросу предусматривает соблюдение условий моделирования как для всех элементов плитных фундаментов, так и для грунтовой среды. Анализ литературных источников показывает, что задача полного моделирования в силу многофакторности при взаимодействии плитных конструкций, практически поддается подобному решению в сравнении с натурными исследованиями.

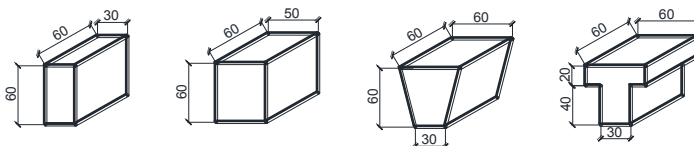
Сущность подобного моделирования состоит в том, что грунтовые условия принимаются одинаковыми для модели и прототипа натуральных размеров, а в соответствующих масштабах изменяются только геометрические размеры фундаментных конструкций и их жесткостные параметры. К тому же, при подобном подходе, всегда имеется возможность рассматривать любые модели в качестве натуральных, для которых можно выявить общие закономерности взаимодействия с грунтом.

#### *Программа и методика лабораторных опытов, грунтовые условия*

Разработанная программа экспериментальных исследований включает в предусмотренные испытания моделей плитных фундаментов на вдавливание и исследование их взаимодействия с грунтом основания.

Серия исследований носила преимущественно качественный характер и направлена на изучение деформаций грунта при работе фундамента под нагрузками. Исследовались модели призматических, клиновидных и тавровых размеров (рис. 1). Опыты проводились в грунтовом лотке с передней прозрачной стенкой размерами 1100x600x250 мм (рис. 2), заполненном глинистыми грунтами разных характеристик.

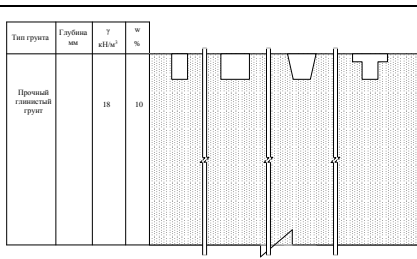
В соответствии с физико-механическими характеристиками и классификацией грунтовых оснований (условий) Нигерии в лотке моделировались три инженерно-геологические условия (рис. 3, 4,5).



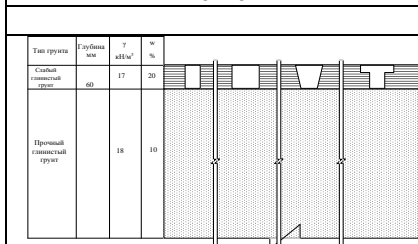
**Рис. 1. Схемы моделей плитных фундаментов**



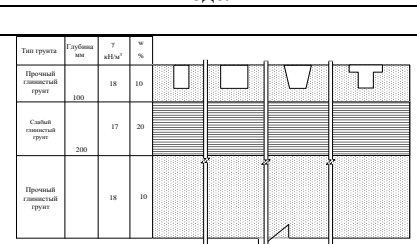
**Рис. 2. Опытная установка фунда-  
ментов**



**Рис. 3. Схема моделей на первой  
модели**



**Рис. 4. Схема моделей фундаментов  
на второй модели гуртовых условий**



**Рис. 5. Схема моделей на третьей мо-  
дели фундаментов гуртовых условий**

Нагрузки прикладывались рычагом прибором 1/10. Осадки фиксированы индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Прикладка следующей нагрузки выполнена после затухания осадки, результирующей от последней нагрузки. Результаты статических испытаний моделей фундаментов на разных моделированных грунтовых условиях приведены на рисунках 6–8.

Результаты испытаний моделей фундаментов разработаны графиками в виде зависимостей осадок (мм) от нагрузки (кПа).

### *Анализ результатов*

Результаты статических испытаний моделей фундаментов на первом и втором моделированных грунтовых условиях приведены на рисунках 6 и 7. Из рисунков видно, что несущая способность призматических форм плитных фундаментов выше, чем у клиновидных и тавровых форм. Это можно объяснить формами нижних частей клиновидных и тавровых форм фундаментов, которые вызывают высшую осадку при таких же нагрузках. Несущая способность от-

мечена у призматической – 1 больше, чем у призматической – 2. Это аналогично результатам исследований проведены Ф. Зху [2], А.Б. Серато [3], Б. Ж. Нарееманом [4] и М. А. Авадом [5], которые показывают, что осадка грунтов оснований при плитных фундаментах большой шириной больше, чем при фундаментах небольшой шириной.

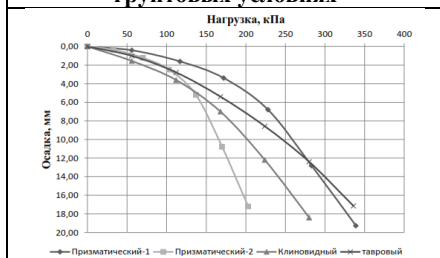
Результаты испытаний приведены на рисунках 6 и 7 показали, что несущая способность фундаментов на втором условии (рис. 7) вообще меньше, чем на первом условии. Это можно объяснить слабым грунтом, служащей пригрузкой, который залегает над прочным грунтом. Разделение кривых клиновидных и тавровых форм фундаментов от призматических форм фундаментов (рис. 7) показывает, что грунт над подошвами клиновидных и тавровых форм фундаментов принимает значительную нагрузку от сооружения. При прочных пригрузках над подошвами фундаментов несущая способность этих форм фундаментов увеличивается. Это явление видно в результатах, приведенных на рис. 6.



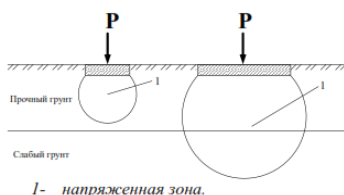
**Рис. 6. Осадки моделей при первых грунтовых условиях**



**Рис. 7. Осадки моделей при вторых грунтовых условиях**



**Рис. 8. Осадки моделей при третьих грунтовых условиях**



**Рис. 9. Зоны нормальных напряжений под плитными фундаментами, в зависимости от их ширины**

Результаты статических испытаний моделей фундаментов на третьем моделированном грунтовом условии приведены на рис. 8. Из рисунка видно, что сначала несущая способность призматических форм плитных фундаментов выше, чем клиновидных и тавровых форм. Это можно объяснить формой нижней части клиновидных и тавровых фундаментов, которая вызывает высшую осадку при таких же нагрузках. Наибольшая несущая способность отмечена у призматической-1. Это можно объяснить небольшой шириной фундамента, которая вызывала при такой же нагрузке формирование напряженной зоны, не расширяющей вне прочного грунта, залегающего непосредственно над подошвой фундамента. При этом условии призматический-2 потерял свою несущую способность у небольшой нагрузки из-за формирования напряженной зоны, расширяющей вне прочного грунта непосредственно над подошвой фундамента по слабому грунту вниз, т.е. при большей площади загрузки глубина распределения давлений и объем грунта, подвергающегося деформации, будут больше. Следовательно, и осадки будут больше (рис. 9). При этом условии видно, что несущая способность клиновидных и тавровых форм фундаментов продолжает увеличиваться, благодаря мобилизации прочных грунтов вдоль их стволов при принятии нагрузки.

По данным графикам можно оценить влияние форм фундаментов на несущую способность грунтов при любой осадке. Исследования показывают, что для плитных фундаментов на глинистых грунтах предельная осадка, при которой несущая способность допустимой, принимается 10% ширины фундамента [6]. С таким образом, предельно допустимая осадка наших моделей фундаментов принимается 10% ширины моделей фундаментов, то есть 3 мм, 5 мм, 6 мм, и 6 мм для призматических-1, призматических-2, клиновидных и тавровых форм фундаментов соответственно. По графикам (рисунки 6–8) определяется несущая способность каждой формы моделей фундаментов при заданной осадке (табл. 1).

Из табл. 1 видим, что на первом и втором условиях наибольшая несущая способность отмечена у призматических форм фундаментов. Самая низкая несущая способность 732 кПа отмечена у клиновидных форм фундаментов. На втором условии наибольшая несущая способность отмечена у призматических-2, а самая низкая у клиновидных форм фундаментов. Это можно объяснить большой

шириной подошвы призматических-2 на прочном грунте в сравнении с остальными формами фундаментов. На третьем условии самая низкая несущая способность 145 кПа отмечена у призматических-2, а большая 165 кПа – у призматических – 1 и тавровых форм фундаментов.

Таблица 1. Несущая способность моделей фундаментов

Формы моделей плитных фундаментов	Несущая способность, кПа		
	первое грунтовое условие	второе грунтовое условие	третье грунтовое условие
Призматических-1	863	640	165
Призматических-2	831	720	145
Клиновидных	732	461	153
Тавровых	829	521	165

### *Вывод*

Экспериментально установлено существенное отличие напряженно-деформированного состояния грунта в основании плитных фундаментов разных форм. Анализ результатов наших модельных исследований свидетельствуют, что на долю несущей способности в составе фундамента влияют форма фундамента, геометрические параметры фундамента (ширина  $b$ , глубина  $h$ ), величина осадки фундамента  $S$  и грунтовые условия в основании фундамента.

При всех грунтовых условиях максимальное значение несущей способности грунтов отмечено у призматических форм фундаментов, а минимальное значение у клиновидных форм фундаментов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ал-Хузайе, Г. М. Исследование масштабного эффекта на несущую способность песчаных грунтов/ Г. М. Ал-Хузайе, Al-Rafidain Engineering– 2011– том 19(2). С. 1–11.
2. Зху, Ф. Масштабное влияние ленточных и круглых плитных фундаментов на плотном песке/Ф. Зху, Ж. И. Кларк, Р. Филлипс// Журнал геотехники и геоэкологической инженерии- 2001 - том 127(7), С. 613–621.
3. Серато, А. Б. Масштабное влияние плитных фундаментов на несущую способность гранулометрических материалов/ А. Б. Сера-

то, А. Ж. Лутенеггер// Журнал геотехники и геоэкологической инженерии– 2007 – том 133(10), С. 1192–1202.

4. Нарееман, Б. Ж. Илледование масштабных влияний на осадку и несущую способность плитных фундаментов/ Б. Ж. Нарееман// Международный журнал инженерии и технологии– 2012– том 2(3), С. 480–488.

5. Авад, М. А. Влияние взаимодействия плитных фундаментов на осадку и несущую способность песчаных грунтов/ М. А. Авад, Н. С. Эл-Мезайни// Журнал исламского университета Газы– 2001–том 9(1), С. 43-55.

6. Будху, М. Разработка плитных фундаментов на очень переуплотненных глинистых грунтах/ М. Будху// Канадский журнал геотехники- NRC Research Press. 2012. С. 184–196.

УДК 624.154

## МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСНОВАНИЙ. УКРЕПЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ И ГРУНТОВ

**Милашевский В.И., Девячень А.В., Шамко Е.В.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

В работе рассмотрены основные методы усиления оснований и фундаментов. Цель работы – анализ данных методов, определение рациональной области применения каждого.

### *Введение*

Основной задачей реконструкции и капитального ремонта жилых и общественных зданий является обеспечение сохранности основных фондов непродуцированной сферы, предотвращение их преждевременного выбытия, восстановление и улучшение их потребительских качеств, а также повышение комфортности. В связи с этим реконструкцию и капитальный ремонт следует рассматривать как важную составную часть крупномасштабных социальных программ по созданию, развитию и совершенствованию материально-

технической базы для решения жилищной проблемы и значительного совершенствования культурно-бытового и коммунального обслуживания.

### *Основная часть*

Под реконструкцией фундаментов зданий и сооружений понимается выполнение работ, проводимых в связи с изменением геометрических размеров зданий, возрастанием постоянных или временных нагрузок, устройством подземных сооружений в пределах габаритов здания, а также восстановлением (усилением) несущей способности оснований и фундаментов [1-5].

Повреждения оснований и фундаментов возникают за счет природных и техногенных процессов, нарушений требований нормативных документов на изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию. Основные причины повреждений следующие:

- снижение прочностных и деформационных свойств грунтов при увлажнении, а также их набухание и пучение;
- земляные работы в пределах здания или вблизи него;
- прокладка коммуникаций возле и под зданиями;
- увеличение нагрузок на основание, сопровождаемое появлением эксцентриситета их приложения;
- вибрационные или динамические воздействия как внутренние, так и внешние.

При реконструкции оснований и фундаментов необходимо выявить и изучить инженерно-геологические условия площадки реконструируемого здания или подземного сооружения и получить исходные данные для проектирования и выполнения усиления фундаментов или укрепления основания.

По результатам обследования составляется технический отчет, в котором приводятся рекомендации по типу рекомендуемых технологий и методов усиления оснований и фундаментов.

### *Методы усиления оснований*

**Цементация.** Применяется для скальных, крупных и средних песчаных грунтов.

**Технология выполнения:** в грунт погружают инъекторы – металлические трубы. На поверхности нижней части труб в шахматном порядке сверлят отверстия, раствор нагнетают под давлением.



Также существуют методы смолизации, битумизации, силикатизации, основанные на нагнетании через инъекторы растворов карбамидной смолы, жидкого стекла и битума соответственно.

Методы термозакрепления (обжига) применяют преимущественно для глинистых грунтов, а глубинного уплотнения – для сыпучих грунтов.

Методы ремонта и усиления фундаментов

При недостаточной несущей способности основания увеличивают площадь фундаментов. Уширение выполняют двумя способами: без обжата грунтов основания и с предварительным обжатием.

В первом случае уширение производится с помощью дополнительных частей (банкетов), которые могут быть односторонними (при внецентренной нагрузке) или двусторонними (при центральной). Банкеты и существующие фундаменты должны быть жестко соединены, для чего используют железобетонные пояса в штрабах либо специальные металлические и железобетонные балки.

При уширении фундамента с обжатием основания вдоль боковых граней фундамента разрабатывают траншею и бетонируют примыкающие к граням фундамента банкеты отдельными участками по длине омоноличивания с кладкой.

Усиление железобетонной обоймой заключается в том, что фундаменты усиливают захватками длиной 2–2,5 м с их бетонированием в отрытых траншеях с двух сторон фундамента.

Углубление фундамента. К увеличению глубины заложения фундаментов прибегают реже из-за значительной трудоемкости и применяют в случае увеличения глубины подвала, переноса подошвы фундамента на более плотные нижележащие слои грунта и т. д.

Усиление фундаментов с помощью подводки заключается в устройстве дополнительных опор. Его целесообразно применять при сплошной замене перекрытий и больших (более 7,5 м) пролетах.

Электроразрядная технология усиления фундаментов. В последнее время для изготовления свай, усиления фундаментов и грунта, закрепления неустойчивых откосов и склонов все чаще используется электроразрядная технология.

Физическая сущность электроразрядной технологии (ЭРТ) заключается в том, что скважина, заполненная мелкозернистым бетоном или цементным раствором, обрабатывается серией высоковольтных электрических разрядов. При этом возникает электрогидрав-

лический удар, в результате чего формируется тело сваи или корня анкера; цементируется и уплотняется окружающий грунт.

### *Заключение*

Реконструкция зданий и сооружений является сложной и многоплановой проблемой. Ее решение в каждом конкретном случае требует учета социальных, экономических, эстетических, технических и ресурсных аспектов. Объемы реконструкции будут и дальше возрастать, что в первую очередь обусловлено дефицитом земли, ресурсов, недостаточно эффективным использованием эксплуатируемых площадей в производственной сфере, повышением комфортности жилья и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вольфсон В.Л. и др. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: Справочник производителя работ/ В.Л. Вольфсон, В.А. Ильешенко, Р.Г. Комисарчик. – 2-е изд., – М.: Стройиздат, 2003. – 252 с.

2. Сосов, Л.Н. Обследование несущих и ограждающих конструкций зданий с целью предупреждения аварийных разрушений/Л.Н. Сосов, В.Ф. Сопрыкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2002, №10. – С. 30 – 32.

3. Шагин, А.Л. Реконструкция зданий и сооружений/А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров; Под ред.А.Л. Шагина // Учеб.пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 352 с.

4. Строкинов, В.Н. Технология ремонта зданий и сооружений жилищного и культурно-бытового назначения / В.Н. Строкинов, А.Н. Юзэфович. – М.: Стройиздат, 1991. – 352 с.

5. Электроразрядная технология усиления фундаментов и кирпичных стен // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. № 9. – С. 44 – 46.

## ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ СВАЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ИХ ОСНОВАНИЙ

**Михадюк Е.В., Сусленок Н.Л., Точицкая Е.С.**  
Научный руководитель – **Никитенко М.И.**

Дается определение сваи и определяется назначение свайных фундаментов, приведена классификация свай. Отражены особенности распределения напряжений в грунте при погружении свай с различной формой поперечного сечения, выявлена зависимость несущей способности основания от формы свай.

### *Введение*

В геотехнической практике применяют сваи с различными продольными и поперечными сечениями, что несомненно оказывает влияние на несущую способность грунта в их основании, чему и посвящена настоящая статья.

### *Основная часть*

Свайей называется стержень, погружаемый в готовом виде в грунт или изготовленный непосредственно в скважине в грунтовом массиве. Свая передает нагрузку на основание нижним торцом и трением по ее боковой поверхности при перемещении.

Необходимость устройства свайных фундаментов возникает, если верхние слои грунтов являются слабыми, малопрочными и сильносжимаемыми, то есть они являются малопригодными для устройства на них фундаментов мелкого заложения без улучшения свойств грунтов. Сваи передают нагрузки от сооружения на глубоко расположенные несущие слои грунта. При строительстве зданий и сооружений применяются два вида свайных фундаментов: безростверковые и с ростверками.

Для выбора типа свай определяющим является требуемая величина несущей способности основания и вид нагрузки на фундамент. При большой величине требуемой несущей способности применяются сваи-оболочки или буровые опоры с уширением и без него. Если на фундамент действуют наклонная или горизонтальная

нагрузки, то применяют сваи больших сечений или диаметров. При значительных выдергивающих нагрузках применяются буронабивные сваи с уширением или винтовые [1].

Сваи классифицируются по различным признакам:

- по способу устройства – изготавливаемые заранее (например, деревянные, железобетонные, винтовые) и устраиваемые на месте (например, бетонные набивные);

- по способу погружения в грунт – забивные, погружаемые вибрацией, вдавливанием и вибровдавливанием, погружаемые с подмывом водой или с использованием лидерного бурения, винтовые и набивные;

- по материалу – деревянные, железобетонные, бетонные, стальные, комбинированные;

- по направлению погружения – вертикальные и наклонные (от 1:8 до 1:2);

- по характеру действующего усилия – сжатые и растянутые, а также работающие на изгиб;

- по форме поперечного сечения – круглые, квадратные, прямоугольные, треугольные, многогранные (сплошные и полые), трубчатые, крестового сечения и другие;

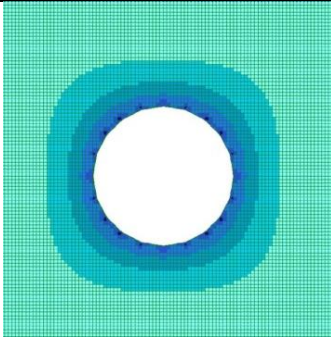
- по профилю продольного сечения – цилиндрические и призматические, конические и пирамидальные, незакономерной формы, с рифленой поверхностью и другие [2].

В данной работе мы остановим своё внимание на форме свай и влиянии их на несущую способность основания.

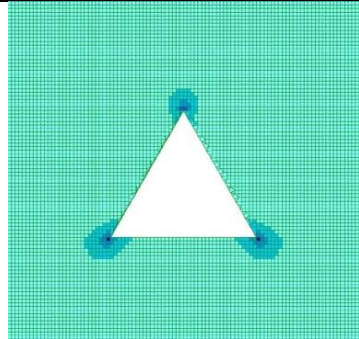
В процессе принудительного заглубления каждая свая закрытым нижним концом вначале сжимает грунт в направлении ее погружения, а затем отжимает (выжимает) в стороны, уплотняя его. В результате этого вокруг сваи образуется зона грунта с повышенной плотностью и сопротивлением сдвигу и сжатию.

Размеры и очертания характерных зон уплотнения грунта могут существенно изменяться в зависимости от формы, сечения и длины свай, способа заглубления ее в грунт.

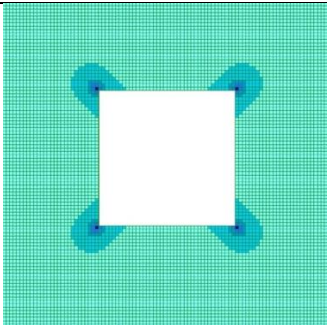
Рассмотрим различные формы поперечного сечения свай (рисунки 1–6), вызывающие напряжения в грунтах [1-3].



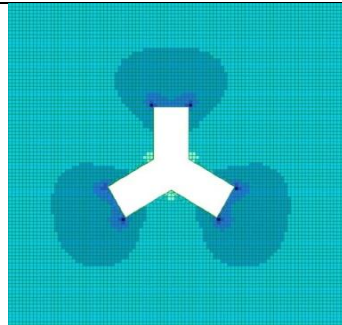
**Рис. 1. Напряжения грунта вокруг круглой сваи**



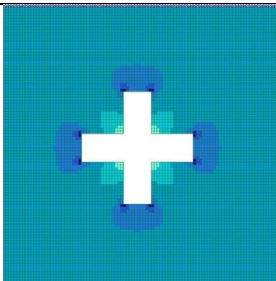
**Рис. 2. Напряжения грунта вокруг треугольной сваи**



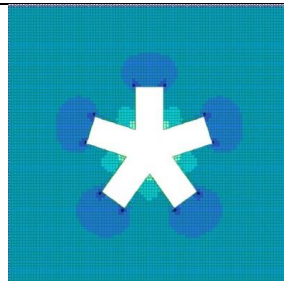
**Рис. 3. Напряжения грунта вокруг квадратной сваи**



**Рис. 4. Напряжения грунта вокруг трехлепестковой сваи**

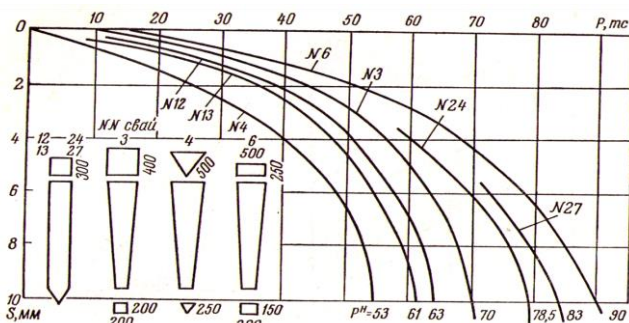


**Рис. 5. Напряжения грунта вокруг четырехлепестковой сваи**



**Рис. 6. Напряжения грунта вокруг пятилепестковой сваи**

Анализ этих эпюр показывает, что на острых углах сечения свай (внешних), образуются концентрации напряжения (максимумы), а на тупых – минимумы [3]. О влиянии формы продольного сечения сваи можно судить по результатам исследований М.А. Ситникова [4], приведенным на рис. 7.



**Рис. 7. Графики несущих способностей призматических и пирамидальных свай**

### Заключение

Таким образом, напряжения в грунте вокруг сваи зависят от формы поперечного сечения и величины внешнего угла ее грани. Наибольшая концентрация напряжений свойственна треугольной форме поперечного сечения сваи. По удельной несущей способности грунта в основании сваи максимальное значение достигается при клинообразной форме продольного сечения ее ствола (пирамидальный или конический) за счет передачи на грунт сжатия не только нижним концом, но и боковой поверхностью при распоре.

### ЛИТЕРАТУРА

1. [http://pestovodom.narod.ru/buronabivnyie\\_svai.html](http://pestovodom.narod.ru/buronabivnyie_svai.html).
2. <http://prosvai.ru/tipi-svay/klassifikatsiya-svay>.
3. <http://prosvai.ru/svaynie-fundamenti/napryazhennoe-sostoyanie-grunta-vokrug-svay-i-fundamentov>.
4. Ситников, М.А. Грунты в сельском строительстве / М.А.Ситников. – Минск.: Ураджай, 1978. – 112 с.

## УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ, СЛОЖЕННЫХ АНИЗОТРОПНЫМИ ГРУНТАМИ

**Седун Е.А.**

**Научные руководители – Кремнев А.П., Вишняков Н.Н.**

Кафедра «Строительные конструкции» УО ПГУ

В статье рассматривается проблема несоответствия расчетных и фактических данных об устойчивости откосов. Приводятся результаты геодезических измерений фактического очертания грунтовых откосов разрабатываемых карьеров и данные, полученные в ходе теоретических исследований, которые свидетельствуют о необходимости учета анизотропии прочностных свойств грунтов при расчете устойчивости откосов.

В практике строительства часто возникает необходимость оценки устойчивости откосов для исключения их обрушения. В нашем регионе эта проблема наиболее актуальна для городов со сложным рельефом. Правильная оценка устойчивости откосов позволяет заранее предсказать образование оползневых процессов, предусмотреть мероприятия по укреплению откосов и избежать нежелательных последствий.

Существуют различные методы расчёта устойчивости откосов, такие как: метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, метод горизонтальных сил, аналитический метод Г.М. Шахунянца и т.д.

Наиболее распространенным методом расчета устойчивости откоса является метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Принцип расчета заключается в том, что мы задаем поверхность скольжения с центром в точке  $O$ , и для нахождения коэффициента запаса устойчивости определяется сумма моментов удерживающих к сумме моментов сдвигающих

$$\eta = \frac{M_{y\partial}}{M_{y\partial}}$$

Согласно нормативным документам, откос считается устойчивым, если  $\eta > 1.1 \dots 1.15$ .

В Полоцком государственном университете (ПГУ) было разработано программное обеспечение для расчета устойчивости откосов. Данная программа основана на методе круглоцилиндрических поверхностей скольжения, имеет удобный интерфейс и позволяет значительно снизить трудоемкость вычислений. Результаты расчета формируются в виде отчета, содержащего всю необходимую информацию в графическом и табличном виде [1,2].

Проблема точного определения прочностных свойств грунтов связана с тем, что большинство грунтов по своей природе анизотропны. Это требует определения физико-механических характеристик как минимум в двух направлениях (параллельно и перпендикулярно направлению слоистости). Однако, согласно действующим нормативным документам, все определения физико-механических свойств грунтов производятся только при одном направлении плоскости анизотропии. Как показывают лабораторные испытания грунтов озерно-ледникового происхождения [3], данные грунты обладают существенной анизотропией прочностных свойств. При определении удельного сцепления и угла внутреннего трения методом одноплоскостного среза при срезе перпендикулярно плоскости анизотропии увеличение по параметру удельное сцепление может достигать 70%, а по углу внутреннего трения до 16%.

Учитывая, что поверхность скольжения откоса при обрушении по отношению к плоскости анизотропии имеет различную ориентацию, то не учет анизотропии прочностных свойств приводит к расхождению фактического очертания откоса, находящегося в устойчивом положении, и расчетного.

Для примера нами был выполнен расчет устойчивости откоса, расположенного в карьере «Боровое» Витебской области.

Для определения фактической поверхности склона была выполнена геодезическая съемка карьера, а также съемка фактического очертания откоса на шести участках с помощью лазерного тахео-

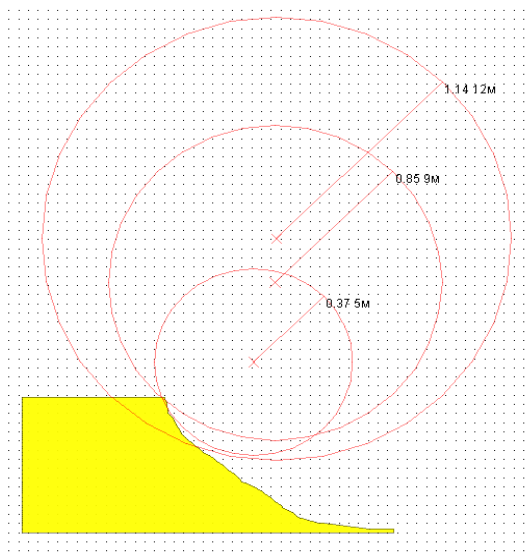


метра Trimble МЗ. Для расчета устойчивости был выбран откос, у которого угол заложения был максимальный.

Также в карьере были отобраны образцы для определения физико-механических свойств грунта. По результатам лабораторных исследований мы определили что грунт в карьере – песок крупный со следующими характеристиками: удельный вес  $19,5 \text{ кН/м}^3$ , удельное сцепление  $0 \text{ кПа}$ , угол внутреннего трения  $35^\circ$ .

При полевых исследованиях была отмечена ярко выраженная слоистость песка, что дает основание предполагать, что данный грунт обладает существенной анизотропией прочностных свойств.

По результатам расчета в программе ПГУ минимальный коэффициент устойчивости равен  $0,37$  (рис. 1). Результат расчета поиска наиболее опасной поверхности скольжения с суммой моментов удерживающих сил к сумме моментов сдвигающих сил представлены в табл. 1.



**Рис. 1. Поверхности скольжения с минимальным коэффициентом устойчивости по результатам расчета в программе, разработанной в ПГУ**

Таблица 1 – Характеристики наиболее опасных поверхностей скольжения

№	Х центра, м	У центра, м	Радиус, м	$\Sigma$ сдвигающих сил	$\Sigma$ удерживающих сил	$\eta$ (коэфф. устойчивости)
1	15,59	14,81	5,10	0,55	0,21	0,37
2	18,17	17,57	8,60	0,02	0,01	0,37
3	18,52	16,76	8,60	0,41	0,15	0,37
4	18,22	17,33	8,60	0,41	0,17	0,40
5	18,40	16,61	8,60	3,56	1,44	0,40
6	15,29	15,31	5,10	0,87	0,36	0,41
7	18,19	17,03	8,60	2,43	1,04	0,43
8	15,44	14,42	5,10	10,07	4,70	0,47
9	15,11	14,96	5,10	7,85	4,05	0,52
10	17,99	16,91	8,60	9,38	4,89	0,52

Исходя из расчетов, данный откос не устойчив, и должно произойти его обрушение. Но, как видно из практики, потеря устойчивости откоса не наблюдается. На наш взгляд, поскольку откос сложен ярко выраженными анизотропными грунтами, такое расхождение связано с тем, что в расчетах не учитывается прочностная анизотропия данного вида грунта. Поэтому для получения более точных данных по результатам расчета устойчивости откосов необходимо учитывать анизотропию прочностных свойств.

В настоящее время ведется работа по внесению изменений в данную программу, которые позволят учитывать в дальнейшем анизотропию прочностных свойств грунтов, слагающих откос.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов, Д.О. Объектно-ассоциативный подход к построению алгоритмов расчета и визуализации пространства цилиндрических поверхностей скольжения в расчетах устойчивости откосов / Д.О. Глухов, А.П. Кремнев, Т.М. Глухова // Вестник Полоцкого государственного университета. Фундаментальные науки. – №4. – Новополоцк: РИО ПГУ, 2011. – С.43-51.

2. Кремнев, А.П. Определение наиболее опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения / А.П. Кремнев, Д.О. Глухов, Н.Н. Вишняков // Вестник Полоцкого государственного университета серия Ф. Прикладные науки. Строительство. – Новополоцк: ПГУ, 2011, С.37-41.

3. Кремнев, А. П. Анизотропия прочностных свойств песчаных грунтов / А.П. Кремнев, Н.Н. Вишняков // Геотехника Беларуси: наука и практика. Сборник статей международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2008. – 19 с.

УДК 624-15

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ЦЕРКОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ XI-XIII ВЕКА ГОРОДА ЧЕРНИГОВА

**Скепская Е.Л.**

Научные руководители – **Завацкий С.В., Корзаченко Н.Н.**

Кафедра «Промышленного и гражданского строительства»  
Черниговский государственный институт экономики и управления

В статье рассматриваются конструкции и материал фундаментов церковных сооружений XI-XIII веков города Чернигова, которые сохранились до наших дней и фундаменты храмов, разрушенных во время татаро-монгольского нашествия и Великой Отечественной войны.

Сегодня в Чернигове сохранилось 5 храмов, построенных славянскими зодчими в период домонгольского нашествия в XI-XIII в., остальные церковные сооружения этого времени были сожжены во время татаро-монгольского ига и разрушены во время Второй Мировой войны. Но узнать про некоторые из исторических сооружений этого времени можно благодаря исследованиям Т. Кибальчича, Д. Самоквасова, М. Макаренко, Б. Рыбакова, В. Богусевич, М. Холостенко, А. Карнабеда, О. Шекун, В. Коваленко и многих других,

которые исследовали остатки фундаментов храмов и соборов города Чернигова [1, 2].

Церковь Святого Спаса заложена в начале 30-х годов XI в. черниговским князем Мстиславом. При строительстве храма использовалась каменная кладка со спрятанным рядом. Раствор имеет оранжевый цвет, который образуется при смешивании с цементовкой. Основным строительным материалом служит кирпич (плинфа). Размеры ее кардинально изменяются: толщина – 2,5-3,5 см, ширина – 22-28 см, длина – 34-38 см. При строительстве широко использовались и дикие камни (песчаники). Такая техника возведения имеет название смешанной. При возведении фундаментов этого храма использовались только камни на цементном растворе. Сами фундаменты имеют глубину больше 2 м.

Борисоглебский собор – творение другого черниговского князя – Давида Святославовича. Бытует мнение, что построил он его в 1123 году после смерти своего сына. Храм возведен из кирпича техникой равносложной кладки, которая имеет светло-желтый цвет. Толщина плинфы – 4-4,5 см, ширина – 18-26 см, длина – 27-36 см. Глубина фундаментов – около 2,4 м. Они состоят из известняковых плит, дикого камня и битого кирпича на цементном растворе. Под Борисоглебским собором существуют руины более давнего сооружения, стены которого выполнены техникой скрытого ряда. Кирпич светло-желтого цвета и имеет толщину – 2,5-3,5 см, ширину – 26-28 см, длину – 33-36 см.

Рядом с этими сооружениями найден старый фундамент неизвестного храма, стены которого были сложены из плинфы разного формата и толщины (от 2,5 до 5 см), и отличались по цвету: красный, оранжевый, желтый. Фундаменты сооружения заглублены до 1,2-1,5 м. Их ширина изменяется от 1,55 до 2,05 м. Сооружение разрушено во время татаро-монгольского нашествия.

Успенский монастырь основан в середине XI в. князем Святославом Ярославовичем. Архитектурный ансамбль Елецкого монастыря создавался постепенно на протяжении XI-XVIII веков. Главное его сооружение это Успенский собор XII в., Колокольня – высотой 36 м., сооруженная в 1675 г. Вокруг собора размещены низенькие одноэтажные корпуса келий: северные – к. XVI-XVII в., южно-западные – к. XVII в., восточные – вт. пол. XVII в. Рядом – Петро-

павловская церковь с трапезной XVII в., остатки дома настоятеля XVIII в. Территорию монастыря окружает кирпичная стена XVII в.

Успенский собор был возведен из кирпича, размерами 2,2-3,0х26-28х35-36 см, техникой – разнослоевой кладки, на растворе в который входит цементовка. Толщина швов раствора – 2,2-2,7 см. Фундаменты здания глубиной 1,6 м сложены с камня.

В данный момент ведется обследование фундамента дома игумена, производятся изыскательские работы, подготовка документации по восстановлению архитектурно-исторического сооружения.

### *Заключение*

В заключение можно сказать, что фундаменты церковных сооружений XI-XIII веков выполнялись из массивных камней, кирпича (плинфы) на улучшенном растворе, глубина фундаментов колебалась от 1 до 2,5 м. Конструкции, материал, качество выполнения работ были на высоком уровне. Основной причиной разрушения черниговских сооружений послужил человеческий фактор.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моця О., Казаков А. Давньоруський Чернігів. – К.: Стародавній Світ, 2011. – 316 с.
2. Леп'явко С. Чернігів. Історія міста – науково-популярне видання / С. Леп'явко – Киев: Темпора, 2012. – 432 с.

УДК 624

## МЕТОДЫ ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНОВ

**Станулевич Д.С.**

Научный руководитель – **Игнатов С.В.**

В статье представлены основные методы ограждения котлованов и их сравнительная характеристика.

Современные технологии предоставляют проектировщикам и строителям широкий выбор способов устройства ограждающих

конструкций котлованов. Каждый из них обладает своим рядом преимуществ и недостатков.

#### *Основная часть*

Строительство подземных сооружений открытым способом может осуществляться как в котлованах без крепления, борта которых сформированы под углом естественного откоса грунта, так и в котлованах, подкрепленных ограждающими конструкциями. Ограничением, в первую очередь, является требуемая глубина котлована. При увеличении глубины заложения следует делать более пологие откосы, занимаемая площадь и объемы вынутого из котлована грунта существенно возрастают. ТКП 45-1.03-44-2006 «Безопасность труда в строительстве. Строительное производство» устанавливает требования к крутизне откосов временных выемок, устраиваемых в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод (с учетом капиллярного поднятия воды) или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения. Это делает этот способ нецелесообразным или невозможным в силу ограниченности площадки. Существенно осложняют применение этого метода подземные воды, так как становится необходимым использование строительного водопонижения. Поэтому котлованы в откосах обычно устраиваются в условиях отсутствия застройки при глубоком залегании уровня подземных вод.

Ограждение котлована в идеальном случае должно сочетать в себе следующие основные функции:

- воспринимать боковое давление грунта,
- являться противофильтрационной завесой,
- воспринимать гидростатическое давление подземных вод,
- при необходимости воспринимать вертикальные нагрузки,
- минимизировать влияние котлована на окружающую застройку.

Проведем сравнительный анализ нескольких методов:

#### *1. Ограждение из металлических элементов с забиркой*

Наиболее простой в исполнении и, соответственно, экономичной является конструкция ограждения котлована, устраиваемая из вертикальных стальных элементов, погружаемых в грунт по контуру котлована. По мере разработки грунта в котловане между металлическими элементами устанавливается забирка из деревянных досок

или стального листа, препятствующая осыпанию грунта в котлован. В качестве несущих стальных элементов, как правило, используют трубы или двутавры, которые погружают в пробуренные лидерные скважины или задавливают. Данный тип ограждения не является водонепроницаемым, поэтому в случае его использования в водонасыщенных грунтах требуется водопонижение.

#### Шпунтовое ограждение

Стальные шпунтовые ограждения в определенных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях и при глубине котлована до 7 – 8 м по технико-экономическим показателям могут оказаться эффективнее других способов ограждения котлованов. Такие конструкции способны воспринимать не только давление грунта, но и гидростатическое давление, являясь одновременно противофильтрационной завесой. Шпунтовые стены, устроенные в замок, обладают достаточно высокой жесткостью и способны воспринимать большие изгибающие моменты. Ограничением для использования шпунта является сложность или невозможность его погружения в гравелистых, скальных и полускальных грунтах. Погружение шпунтовых элементов в грунт осуществляется обычно тремя способами: ударным, вибрационным и вдавливанием. Его недостатком является достаточно высокая стоимость. В условиях города при наличии застройки использование шпунта может быть рекомендовано только при отсутствии в геологическом разрезе прочных грунтов, так как в ином случае погружение шпунта может привести к развитию значительных осадок близ расположенных зданий, а также к дискомфорту из-за шума для их жителей.

#### 2. Метод «стена в грунте»

Ограждение котлованов способом «стена в грунте» является одним из наиболее прогрессивных и универсальных для устройства подземных сооружений, возводимых в открытых котлованах.

По назначению различают три типа стен: несущие, ограждающие и противофильтрационные; по типу - монолитные, сборные и сборно-монолитные стены.

Технология строительства состоит из пяти основных технологических этапов:

- разработка траншеи под защитой глинистого раствора;
- установка арматурного каркаса;
- заполнение траншеи монолитным или сборным железобетоном;

- разработка грунта в ядре сооружения с замоноличиванием стыков и устройством распорных конструкций;
- устройство днища внутренних конструкций.

#### Ограждение из свай

Если уровень подземных вод расположен ниже дна котлована или предполагается строительное водопонижение, ограждающая котлован конструкция может быть также выполнена из отдельно стоящих или касательных буровых свай. Для устройства тела свай применяются различные технологии, наиболее распространенной из которых является бурение грунта под защитой инвентарной обсадной трубы, бетонирование скважины с помощью поднимаемой бетонолитной трубы, погружение в несхватившийся бетон арматурного каркаса. Для устройства ограждений котлованов, как правило, применяют секущиеся сваи диаметром от 0,6 до 1,2 м, при отсутствии подземных вод применяют отдельные сваи меньших диаметров. Достаточно высокая прочность и жесткость свай позволяет разрабатывать под их защитой котлованы глубиной до 20-25 м. К недостаткам таких подпорных стен можно отнести худшую гидроизоляцию, чем у траншейных «стен в грунте», а также достаточно высокую стоимость. При некачественном выполнении свай в неустойчивых водонасыщенных грунтах следует опасаться возможных прорывов грунтовой массы в котлован через дефектные стыки.

Струйная цементация грунтов («jet grouting») – метод закрепления грунтов, основанный на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. В результате струйной цементации грунта в нем образуются цилиндрические колонны диаметром 600–2000 мм.

#### *Заключение*

Эффективность применения того или иного типа ограждения определяется грунтовыми и гидрогеологическими условиями, глубиной и размерами котлована, наличием окружающих зданий, сооружений и коммуникаций, а также финансовым ресурсом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-1.03-44-2006 «Безопасность труда в строительстве. Строительное производство»



2. Верстов, В.В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работы / В. В. Верстов // Лань, 2012 – 288 с.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1985 -478с .
4. Конюхов, Д.С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения / Д.С. Конюхов – М.: Архитектура, 2005 – 298 с.
5. ТТК-100289293.80.15.05-2010 Типовая технологическая карта на струйную цементацию грунтов комплексом Jet-Grouting

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ  
НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Материалы 69-й студенческой  
научно-технической конференции

*25 апреля 2013 года*

В 2 частях

Часть 2

**СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ  
И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ**

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 16.12.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,64. Тираж 50. Заказ 990.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический  
университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.