

УДК 624.131

**ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ
АНИЗОТРОПНОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ
РАСПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

А.П. Кремнёв, Н.Н. Вишняков, В.В. Ермаченко

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: n.vishniakov@psu.by

В статье приведены результаты испытаний в лотке анизотропного грунтового основания, смоделированного мелким песком и бентонитовой глиной. Первый вариант моделирования основания осуществлялся с прослойками бентонитовой глины 2,5 см, во втором случае 0,5 см. Показана схема потери устойчивости основания, графики зависимости горизонтальных и вертикальных деформаций от нагрузки, а также аппроксимация поверхности скольжения, доказывающая возможность использования метода круглоцилиндрических поверхностей скольжения для анизотропных грунтовых оснований при расчёте фундаментов распорных сооружений.

Ключевые слова: анизотропия, грунт, устойчивость основания, круглоцилиндрическая поверхность скольжения, фундаменты распорных сооружений.

**STUDY OF THE SCHEME OF LOSS OF STABILITY
OF ANISOTROPIC GROUND BASIS OF FUNDAMENTALS
OF SPACING STRUCTURES**

A. Kremnev, N. Vishnyakov, V. Ermachenko

Polotsk state university, Republic of Belarus

Email: n.vishniakov@psu.by

The article presents the results of tests in a tray of an anisotropic soil base modeled with fine sand and bentonite clay. The first version of modeling the base was carried out with layers of bentonite clay 2.5 cm, in the second case 0.5 cm. A diagram of the loss of stability of the base, graphs of the dependence of horizontal and vertical deformations on load, as well as approximation of the sliding surface, proving the possibility of using the method of circular cylindrical sliding surfaces, are shown for anisotropic soil foundations when calculating the foundations of spacers.

Keywords: anisotropy, soil, stability of the base, circular cylindrical sliding surface, foundations of spacer structures.

Большинство используемых в настоящее время методов расчета несущей способности оснований сооружений предполагают, что основания фундаментов являются однородными и изотропными. Однако, на сегодняшний день достоверно известно, что большинство грунтов по своей природе неоднородны и, как правило, обладают анизотропией как прочностных, так и деформационных свойств.

Анизотропия механических свойств присуща практически всем грунтовым отложениям озерно-ледниковой формации. Кроме того, анизотропия может быть «наведенной» вследствие действия природных факторов (промерзание, затопление, подтопление и т.д.) [1], а также в результате армирования корневыми сваями и другими армирующими элементами. Актуальность вопроса о прогнозе несущей способности (прочности, устойчивости) анизотропного основания обуславливается также тем, что при определении прочностных свойств грунтов оснований анизотропия, как правило, не учитывается, что может привести к недостоверной оценке его несущей способности.

Наиболее универсальным методом определения устойчивости фундаментов является метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, сочетающим в себе относительно небольшую трудоёмкость расчётов и достаточную точность [2].

Основной задачей проводимых лотковых испытаний является исследование схемы потери устойчивости для анизотропных грунтов для определения возможности использования метода круглоцилиндрических поверхностей.

Методика проводимых испытаний, с описанием конструкции лотка.

Испытания проводились в лотке размером 1,5х1,0х0,35 м (рис. 1), сваренного из металлических уголков и труб, фронтальная сторона которого оснащена оргстеклом толщиной 12 мм, позволяющим наблюдать характер деформирования и образования поверхности скольжения в моделируемом грунтовом основании.

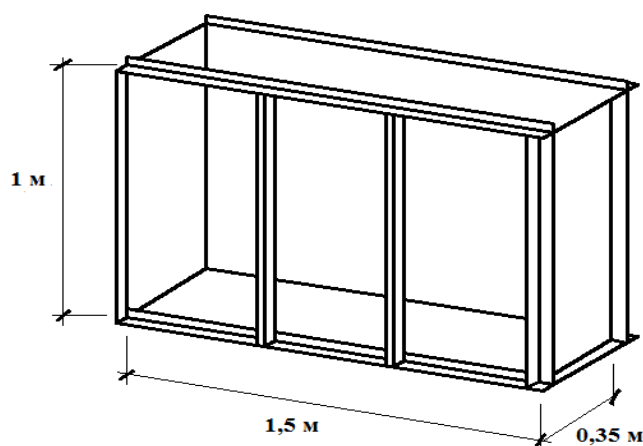


Рисунок 1. – Конструкция испытательного лотка

В качестве модели фундамента была взята металлическая пластина размером 30х30 см. Для приложения нагрузки под углом 20° использовался треугольный клин. На клин устанавливался гидравлический домкрат в сборе с маслостанцией. Маслостанция оборудована манометром, служащим для измерения давления. Фиксация величины горизонтальных и вертикальных перемещений осуществлялась при помощи прогибомеров БПАО. Схема испытательной установки показана на рисунке 2.

Нагрузка на штамп прикладывалась как равнодействующая из вертикальных и горизонтальных усилий. На первом этапе были проведены испытания для нагрузок, приложенных под следующими углами: 30° , 25° , 20° , 15° . Было установлено, что наиболее оптимальный угол приложения нагрузки составляет 20° . При данном угле наклона нагрузки и принятых размерах лотка схема потери устойчивости основания

в наибольшей степени соответствует классической схеме поверхностного выпора. Угол приложения нагрузки 20° был принят при испытании анизотропных грунтов на последующих этапах исследований.

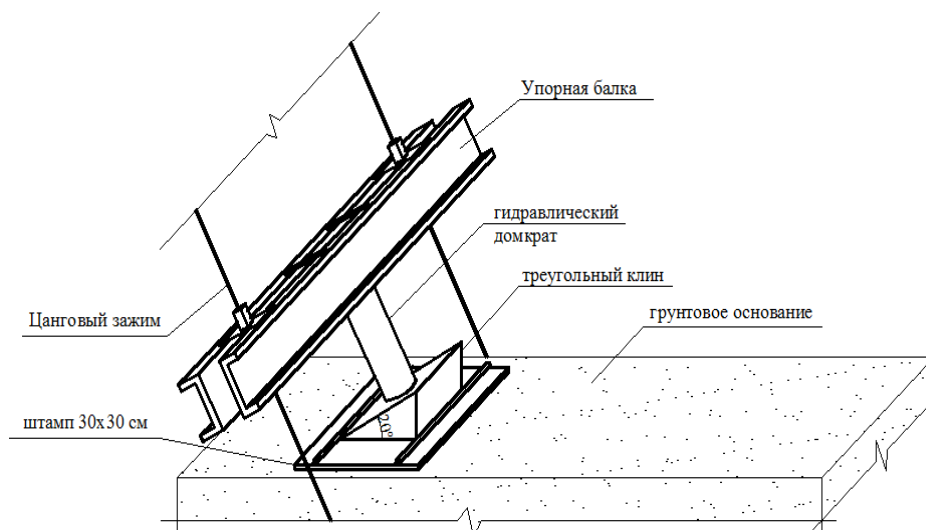


Рисунок 2. – Схема испытательной установки

Нагрузка на штамп передавалась ступенями с шагом 2,5 кН. Каждая ступень нагружения выдерживалось до наступления условной стабилизации. При этом фиксировались вертикальные и горизонтальные перемещения штампа.

Испытание продолжалось до полной потери устойчивости модели фундамента с образованием поверхности сдвига грунта и поверхностного выпора.

Испытания с анизотропным песчано-глинистым основанием. Модель анизотропного грунтового основания создавалась из двух материалов: средний песок и бентонитовая глина.

Используемая в работе бентонитовая глина представляет собой материал природного происхождения, основной составляющей которого является монтмориллонит, благодаря которому она приобретает свойства гидрофильности и разбухания. Данный материал имеет слоистую структуру и влага, попадая в неё, позволяет ему разбухать в несколько раз.

Первый вариант моделирования анизотропного песчано-глинистого основания с прослойками бентонитовой глины толщиной 2,5 см до деформирования показан на рисунке 3. Грунт уплотнялся вручную при помощи трамбовки.

Потеря устойчивости основания произошла при нагрузке на штамп – всего 2,5 кН, и сопровождалась сдвигом уплотнённого грунтового ядра под штампом по четко видимой поверхности скольжения близкой к круглоцилиндрической и поверхностным выпором грунта. При этом сдвиг произошёл по первой прослойке бентонитовой глины, как только нижняя граница уплотнённого ядра дошла до прослойки (рис. 4).

Повторив эксперимент с более тонкими прослойками глины (толщиной 0,5 см) наглядно видно, что характер потери устойчивости основания аналогичен сдвигу с более толстыми прослойками, однако сдвиг произошел на большей глубине (рис.5). Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

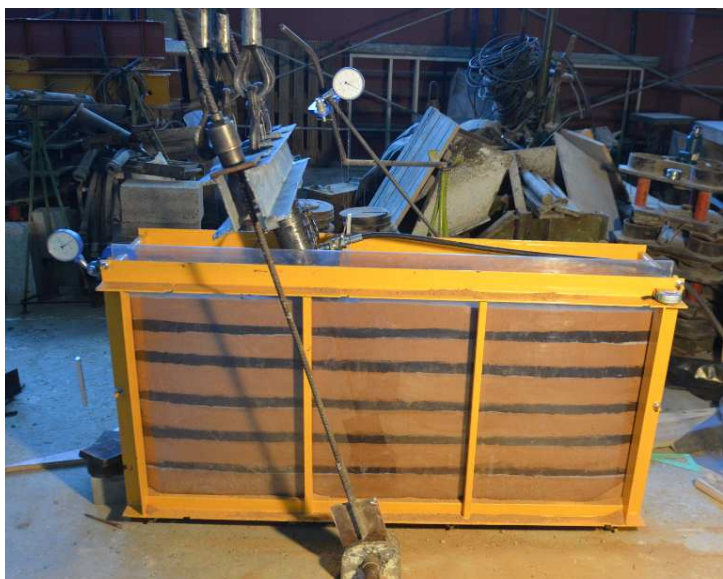


Рисунок 3. – Анизотропное песчано-глинистое основание до проведения испытания

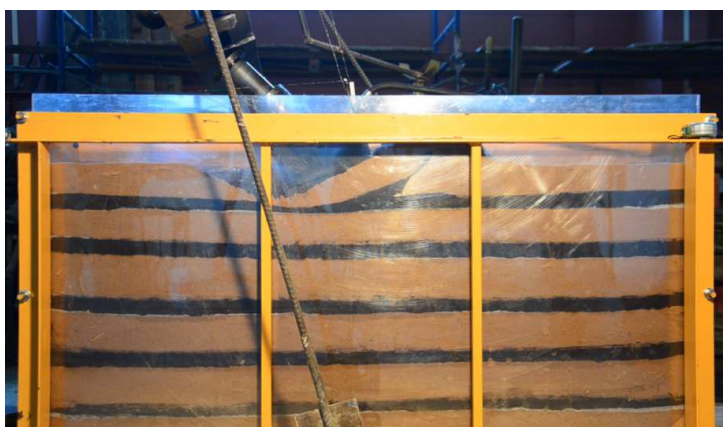


Рисунок 4. – Потеря устойчивости анизотропного песчано-глинистого основания с прослойками 2,5 см



Рисунок 5. – Потеря устойчивости песчано-глинистого основания с прослойками 0,5 см

Таблица 1 – Результаты испытаний песчано-глинистого основания

Нагрузка на штамп, кН	Горизонтальное перемещение, мм	Вертикальное перемещение, мм	Примечания
2,5	4,68	0,54	Уплотнение грунта под подошвой штампа
3,0	54,47	0,92	Значительные горизонтальные перемещения штампа
3,5	79,85	3,58	Потеря устойчивости грунтового основания

Исходя из полученных данных построены графики зависимости горизонтальных и вертикальных деформаций от нагрузки (рис. 6, 7).



Рисунок 6. – График деформации анизотропного песчано-глинистого основания в горизонтальном направлении

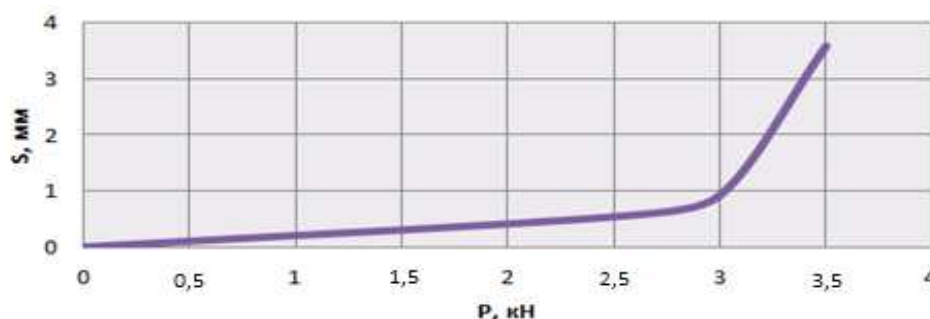


Рисунок 7. – График деформации анизотропного песчано-глинистого основания в вертикальном направлении

В ходе анализа очертания поверхностей скольжения установлено, что в целом сдвиг одной части грунта относительно другой произошел по поверхности, близкой к круглоцилиндрической (рис. 8).

Таким образом, лабораторные исследования моделей грунтового основания в лотковых условиях показали, что потеря устойчивости массива грунта с выраженной горизонтальной анизотропией при совместном действии вертикальных и горизонтальных нагрузок происходит по поверхности близкой к круглоцилиндрической.

При этом необходимо отметить, что поверхность скольжения в основании с выраженной анизотропией первоначально формируется по слабой прослойке.

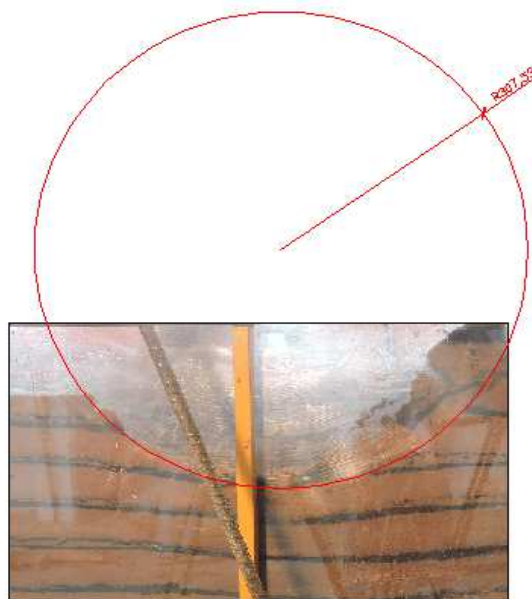


Рисунок 8. – Аппроксимация поверхности скольжения круглоцилиндрической поверхностью

В первом случае поверхность скольжения сформировалась в верхнем слабом слое, во втором случае во втором. По отношению к слабым прослойкам круглоцилиндрическая поверхность скольжения и в первом и во втором случае проходила по касательной.

Полученные результаты исследований доказывают возможность использования метода круглоцилиндрических поверхностей скольжения для анизотропных оснований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемёнок, В.В., Краснов, Д.А, Кремнёв, А.П., Вишняков, Н.Н. Влияние анизотропии на прочностные характеристики грунта при испытании в приборе одноплоскостного среза // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкий государственный университет. Сер. Прикладные науки. Строительство. – Выпуск 19 (89). – С. 172 – 174. – Электронный оптический диск – 1 диск.
2. Малышев, М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений / М.В. Малышев. – М.: Стройиздат, 1994. – 228 с.
3. Кремнёв, А.П., Вишняков, Н.Н. Учёт влияния анизотропии прочностных свойств грунтов на несущую способность фундаментов распорных сооружений / А.П.Кремнёв, Н.Н.Вишняков // Инженерно-геотехнические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений: Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции/ М-во образования и науки Рос. Федерации, С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т, Рос. о-во по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, Рос. акад. архитектуры и строит. наук. – СПб. : [б. и.], 2017. – С 130– 135.
4. Вишняков, Н. Н. Несущая способность фундаментов распорных сооружений с учетом анизотропии прочностных свойств грунтов / Н. Н. Вишняков, А. П. Кремнев // Геотехника Беларуси: наука и практика = Geotechnics in Belarus: science and practice : материалы Международной конференции, Минск, 23-26 октября 2018 г. / Белорусский национальный технический университет ; сост.: В. А. Сернов [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 91-96.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

Об издании – [1](#), [2](#)

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>