

УДК 624.131

**ВЛИЯНИЕ ОКАТАННОСТИ ЗЁРЕН ГРУНТА НА ЕГО ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА****А.П. Кремнёв, Н.Н. Вишняков, О.А. Дубовик, М.М. Парусова***Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь**e-mail: n.vishniakov@psu.by; 15pgs1.dubovik.v@pdu.by*

*В данной статье приведены результаты определения окатанности зёрен песка мелкого различной формации с помощью микроскопа Altami Met 5C и программного обеспечения Altami Studio. Далее с помощью прибора одноплоскостного среза испытательного комплекса АСИС определены прочностные характеристики каждого из рассматриваемых образцов, и установлено влияние окатанности на прочностные характеристики песка.*

**Ключевые слова:** *песчаный грунт, окатанность зёрен грунта, дилатансия, прочностные свойства грунта.*

**INFLUENCE OF ROUNDNESS OF PARTICLES SAND SOIL ON IT'S STRENGTH PROPERTIES****A. Kremnev, N. Vishnyakov, O. Dubovik, M. Parusava***Polotsk State University, Republic of Belarus**e-mail: n.vishniakov@psu.by; 15pgs1.dubovik.v@pdu.by*

*This article presents the results of determining the roundness of fine sand soil of various formations using an Altami Met 5C microscope and Altami Studio software. Further, using a single-plane cut-off device of the ASIS test complex, the strength characteristics of each of the considered samples were determined, and the influence of roundedness on the strength properties of sand was established.*

**Keywords:** *sand soil, roundness of particles, dilatancy, strength properties.*

Песчаные грунты широко распространены на территории Республики Беларусь и, как правило, служат хорошим основанием для фундаментов различных зданий и сооружений. Достаточно высокая несущая способность таких грунтов в первую очередь обуславливается их высокими прочностными свойствами. Как известно, прочностные свойства песчаных грунты в наибольшей степени определяются силами трения между минеральными частицами. Трение между частицами грунта зависит от различных факторов, среди наиболее существенных следует назвать: гранулометрический состав, плотность, влажность и окатанность зёрен грунта.

Влияние гранулометрического состава и характеристик физического состояния на прочностные характеристики грунтов достаточно хорошо изучено. Это позволило разработать зависимости (таблицы) для определения угла внутреннего трения и удельного сцепления грунтов по параметрам физического состояния [1].

В то же время, влияние окатанности зёрен песка на прочностные характеристики практически не изучено. Кроме того, в технической литературе практически полностью отсутствуют данные о влиянии окатанности зёрен песка на его способность к дилатансии.

Известно, что песчаные грунты, как и многие другие дисперсные тела, обладают свойством изменять объём при деформациях формоизменения. Явление увеличения объёма грунта называется дилатансией, уменьшение объёма - контракцией. Термин «дилатансия» впервые был введен Рейнольдсом в 1885г. В результате своих исследований Рейнольдс сделал вывод о том, что дилатансия есть «фундаментальное свойство зернистой среды, требующее специального учёта и описания». Сейчас термин дилатансия используется для обозначения любых изменений объёма при дистросии. Контракция при этом может быть определена как отрицательная дилатансия. [2]

Явление дилатансии можно наблюдать при проведении испытаний грунта на сдвиг в приборе одноплоскостного среза. При контролировании перемещений верхнего штампа прибора в плотных песках сначала происходит небольшое уплотнение (контракция) с последующей дилатансией грунта, сопровождающаяся поднятием штампа.

Исследования явления дилатансии позволили сделать вывод о существенном влиянии окатанности зёрен на изменение объёма при дилатансии [2]. Однако, количественная оценка такого влияния до настоящего времени сделана не была.

В данной работе представлены результаты начального этапа исследований по оценке влияния окатанности зёрен на прочностные свойства песков озёрно-ледникового происхождения. Работы выполнены в лаборатории «Механики грунтов» кафедры Строительных конструкций, Полоцкого государственного университета.

Известно, что окатанность несвязных грунтов – структурный признак, говорящий об условиях формирования грунта и определяется как соотношение наибольшего размера частицы к размерам вписанного в неё идеального шара.

$$\beta = \frac{F_z}{F_R} \quad (1)$$

где  $F_z$  - площадь проекции каждого зерна;

$F_R$  - площадь круга, описанного вокруг проекта зерна.

В наибольшей степени окатанностью обладают аллювиальные грунты, а в наименьшей – ледниковые и другие.

Для начального этапа исследований были отобраны два образца мелкого песка с одинаковой пористостью:

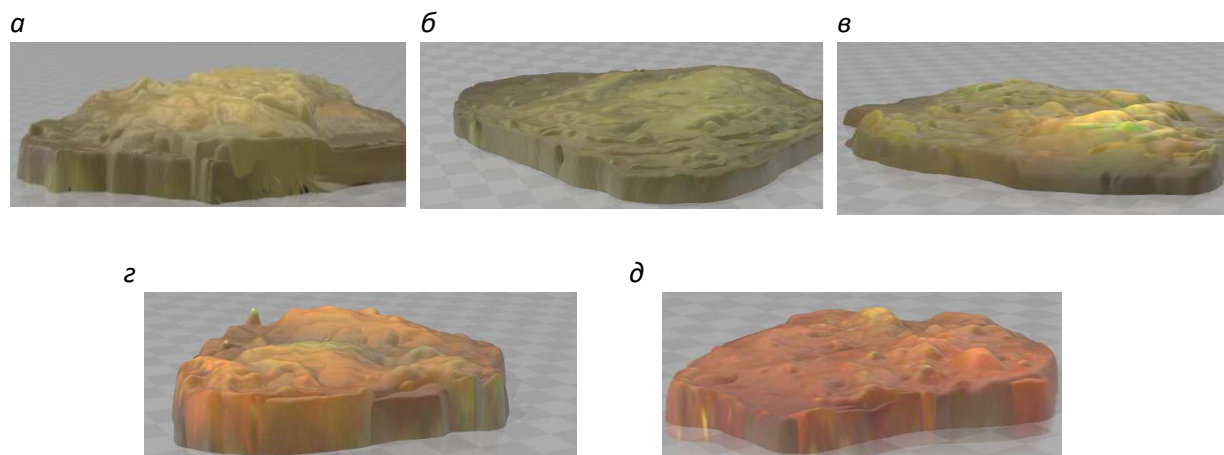
- Образец №1 - песок мелкий из карьера «Виторжье»;
- Образец №2 - песок мелкий, отобранный с площадки строительства МФК «Газпром» г. Минск, глубина залегания 24-25м.

Определение окатанности зёрен песчаного грунта проводилось с помощью микроскопа Altami Met 5C и программного обеспечения Altami Studio.

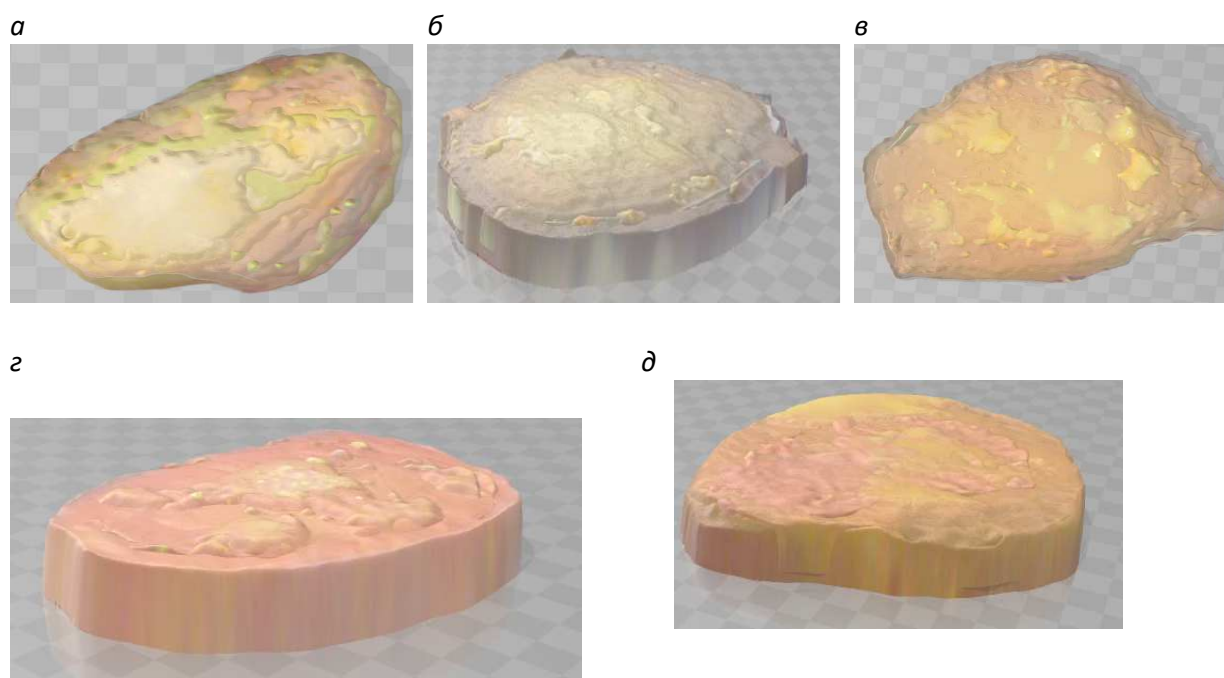
Микроскоп Altami Met 5C - микроскоп прямого типа для работы в отраженном свете по методам светлого поля и поляризации, а также для исследования прозрачных и полупрозрачных объектов в проходящем свете в светлом поле.

Altami Studio - программное обеспечение для управления цифровыми камерами, проведения измерений и автоматического анализа изображений.

Из каждого образца грунта было отобрано по 5 зёрен грунта, с помощью микроскопа Altami Met 5С и ПО Altami Studio были сделаны снимки зёрен и измерены размеры, построены 3D модели (рисунок 1 и рисунок 2).



**Рисунок 1. – 3D модели, построенные по отобранным частицам песка образца № 1**



**Рисунок 2. – 3D модели, построенные по отобранным частицам образца №2**

Чтобы определить коэффициент окатанности вписали идеальный шар поверх изображения зерна, привязав его к центру зерна (рисунок 3 и 4).

Коэффициент окатанности зёрен грунта нашли отношением наибольшей ширины зерна к диаметру вписанного идеального шара. Полученные результаты окатанности показаны в таблице 1.

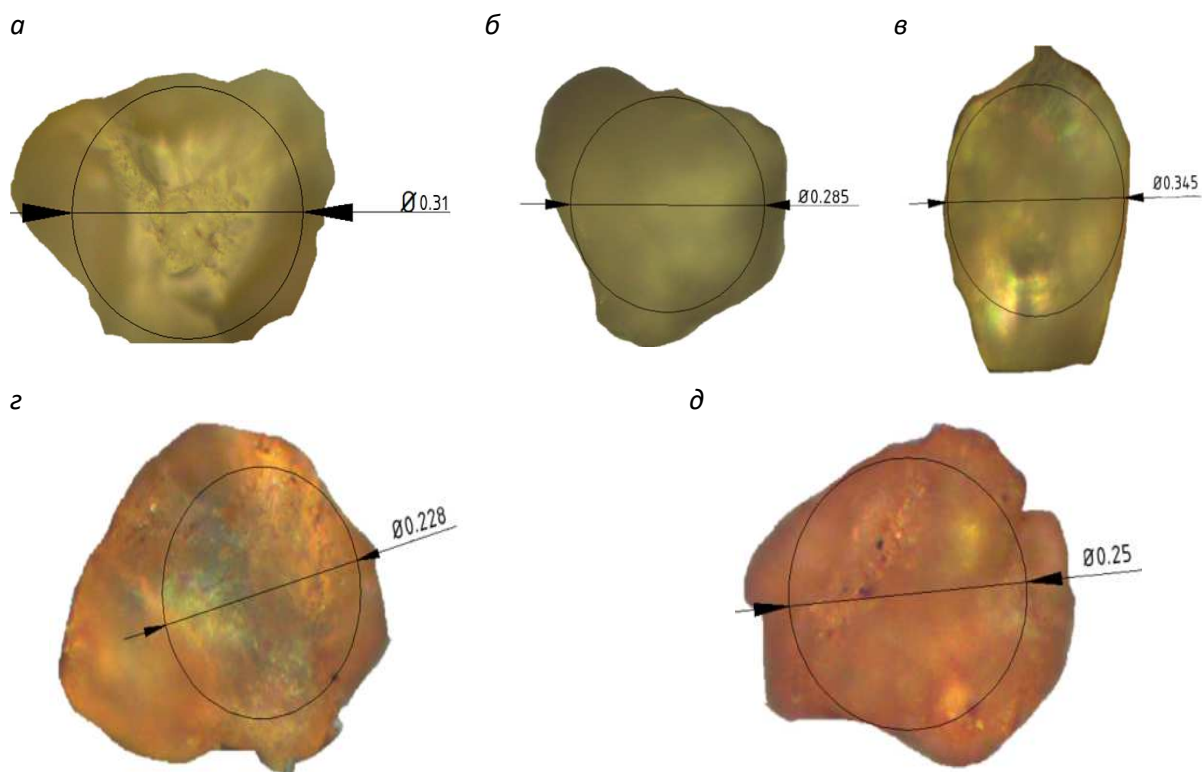


Рисунок 3. – Размеры вписанной окружности в частицы песка образца №1

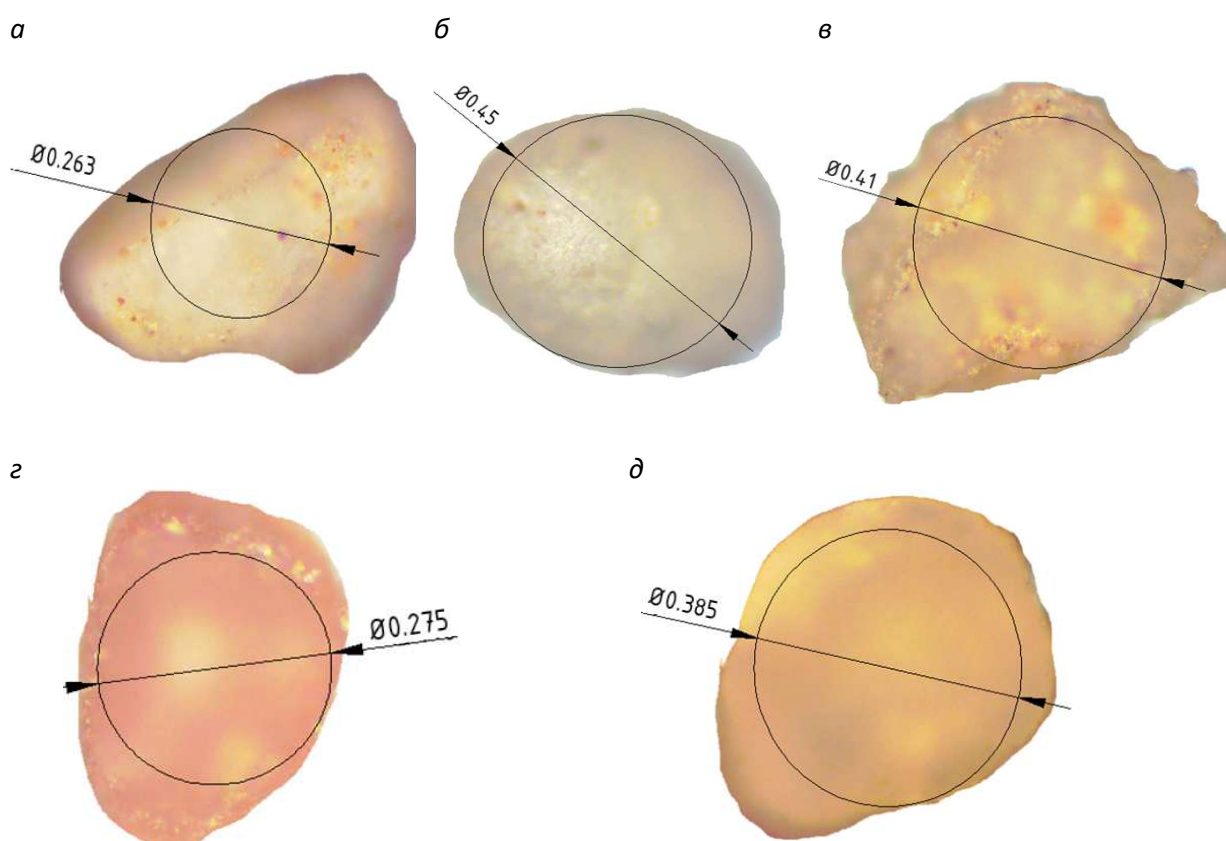


Рисунок 4. – Размеры вписанной окружности в частицы песка образца №2

Таблица 1. – Результаты измерений окатанности зёрен грунта

	Образец №1					Образец №2				
	Зерно грунта №1	Зерно грунта №2	Зерно грунта №3	Зерно грунта №4	Зерно грунта №5	Зерно грунта №1'	Зерно грунта №2'	Зерно грунта №3'	Зерно грунта №4'	Зерно грунта №5'
Наибольшая ширина зерна (мм)	0.41	0.310	0.503	0.306	0.35	0.524	0.559	0.641	0.42	0.486
Диаметр вписанного идеального шара (мм)	0.31	0.285	0.345	0.228	0.25	0.263	0.45	0.41	0.275	0.385
Коэффициент окатанности	1.32	1.09	1.46	1.34	1.40	2.00	1.24	1.56	1.53	1.26
Среднее значение коэффициента окатанности по образцу	1,32					1,52				

Определение прочностных характеристик производилось с помощью срезного механизма ГТ 2.2.3 ГТЯН.441178.018 испытательного комплекса АСИС.

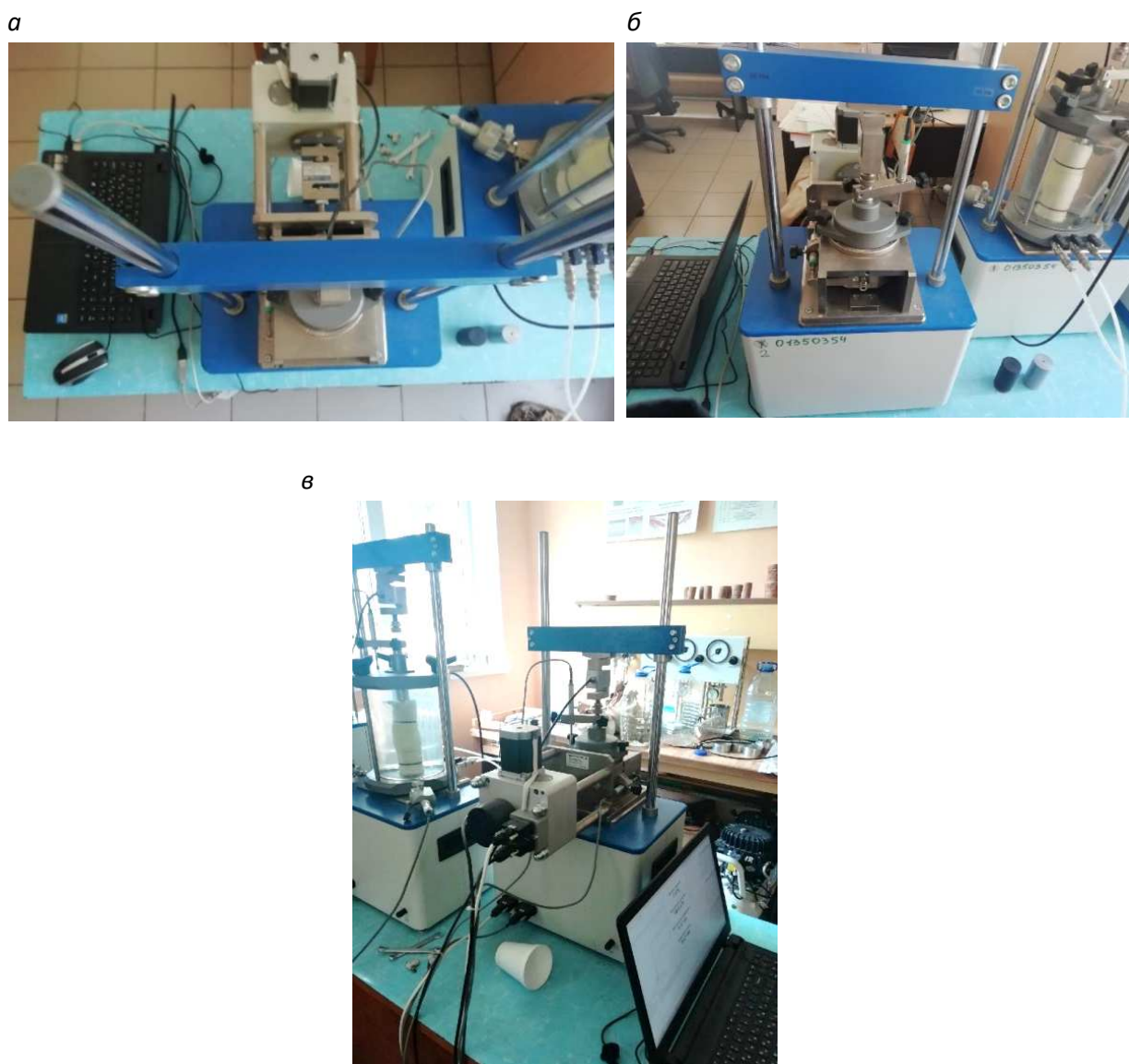


Рисунок 5. – Механизм срезной ГТ 2.2.3 ГТЯН.441178.018

Определение угла внутреннего трения и удельного сцепления проводилось методом одноплоскостного среза. Все испытания, отбор проб и обработка результатов были выполнены в соответствии с действующими нормативными документами.

Отбор образцов для испытания на одноплоскостной срез проводился в кольца диаметром 70 мм и высотой 35 мм из привезенных в лабораторию песчаных грунтов. Образцы подвергались предварительному уплотнению в компрессионном приборе с нормальными напряжениями в 0.1, 0.2 и 0.3 МПа.

Графики, построенные по результатам испытаний на одноплоскостной срез, показаны на рисунках 6 и 7.

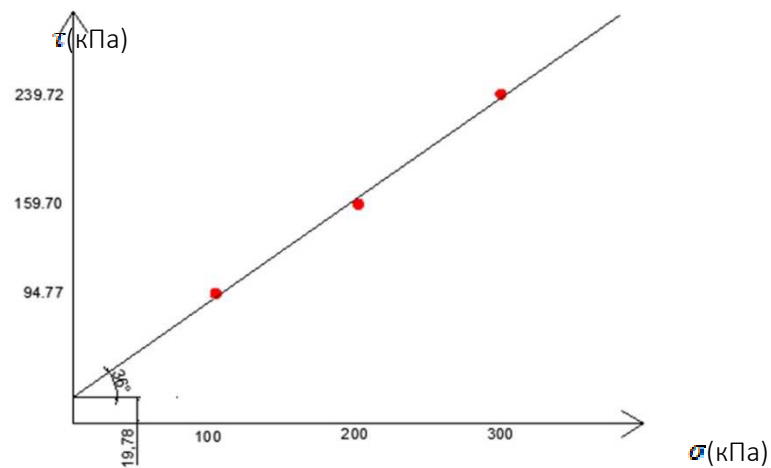


Рисунок 6. – График по образцу №1

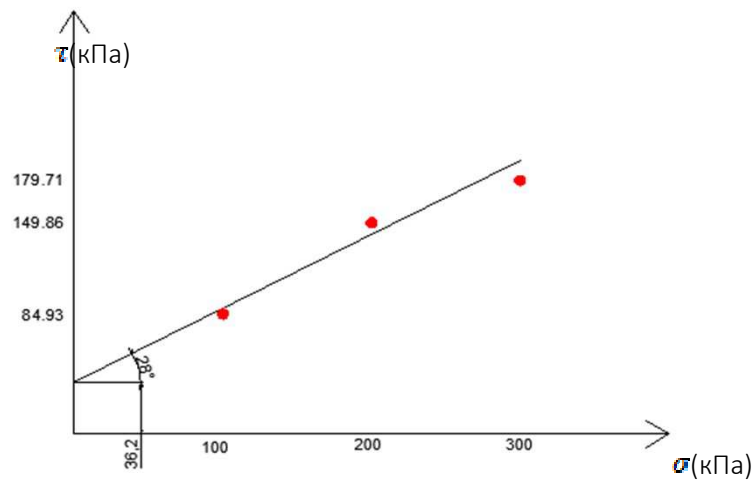


Рисунок 7. – График по образцу №2

Также по результатам испытаний были составлены графики дилатансии грунта, которые показаны на рисунках 8 и 9.

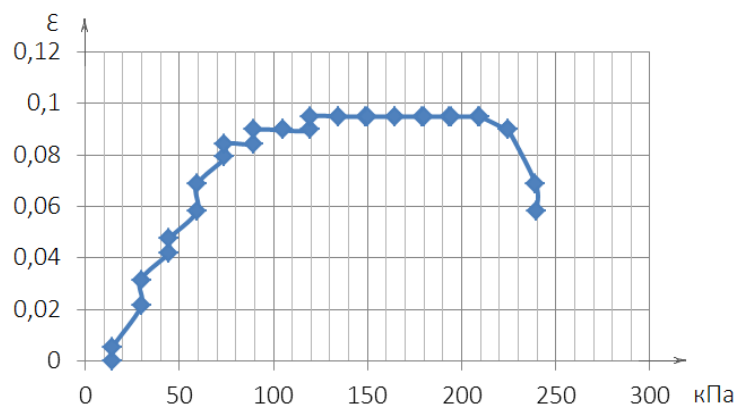


Рисунок 8. – График дилатансии для образца №1 при 300 кПа

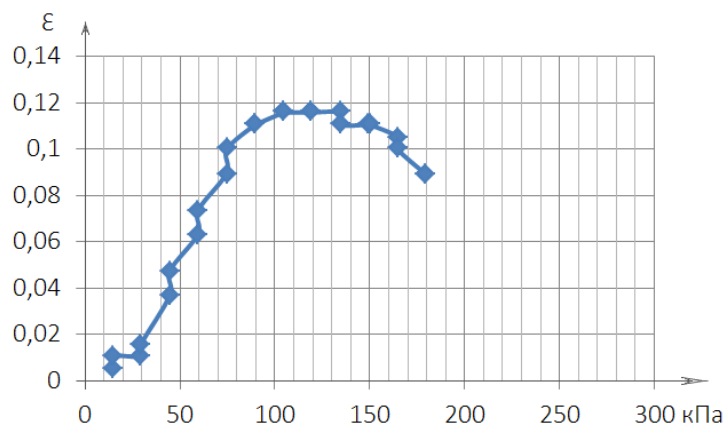


Рисунок 9. – График дилатансии для образца №2 при 300 кПа

После обработки полученных данных были получены следующие характеристики:

- образец №1: при коэффициенте окатанности 1.32 угол внутреннего трения составляет:  $\phi = 36^\circ$ ,  $c = 19.78$  кПа;
- образец №2: при коэффициенте окатанности 1.52 угол внутреннего трения составляет:  $\phi = 28^\circ$ ,  $c = 36.2$  кПа;

**Выводы:**

1. Пески мелкие озёрно-ледникового происхождения имеют коэффициент окатанности 1,32-1,52.
2. Окатанность зерен песков существенно влияет на прочностные параметры грунта. Так с увеличением окатанности частиц грунта на 13%, угол внутреннего трения увеличился на 23%, а удельное сцепление на 45%.
3. Дилатантные деформации песка увеличились с увеличением коэффициента окатанности на 20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.01-254-2012 (02250). – Введ. 01.07.12. – Минск: Минстройархитектуры строительства Республики Беларусь, 2012. – 102 с.
2. Соболевский, Д.Ю. Прочность и несущая способность дилатирующего грунта / Д.Ю. Соболевский. – Минск: Навука і тэхніка, 1994. – 232 с.



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>