

Благодарим за содействие и помощь в организации XV
Международного симпозиума по реологии грунтов партнеров мероприятия



XV Международный симпозиум по реологии грунтов посвященный 95-
летию КГАСУ и 60-летию кафедры «Основания, фундаменты, динамика
сооружений и инженерная геология»:

«ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ»

Сборник тезисов



4 -6 июня 2025
Казань

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Казанский государственный архитектурно-строительный
университет (КГАСУ)**

Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)

**Российское общество по механике грунтов, геотехнике и
фундаментостроению (РОМГТиФ)**

Академия наук Республики Татарстан

**Министерство строительства, архитектуры и жилищно-
коммунального хозяйства Республики Татарстан**

«ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

XV Международного симпозиума по реологии грунтов посвященного
95-летию КГАСУ и 60-летию кафедры
«Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология»

4 -6 июня 2025
Казань

УДК 624.1
ББК 38.78
С23

«Теория и практика фундаментостроения». Сборник тезисов докладов XV Международного симпозиума по реологии грунтов. – Казань: Издательство КазГАСУ, 2025 – 134 с.

ISBN 978-5-7829-0615-3

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В сборнике тезисов XV Международного симпозиума по реологии грунтов посвященному 95-летию КГАСУ и 60-летию кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология» «Теория и практика фундаментостроения» (4–6 июня 2025 г., Казань, Россия) представлены тезисы докладов участников симпозиума, одобренные научным комитетом. Тезисы опубликованы в авторской редакции. Опубликованы тезисы 90 научных докладов. Мероприятие проводило при поддержке Российской академии архитектуры и строительных наук, Российского общества по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан, Академии наук Республики Татарстан.

УДК 624.1
ББК 38.78

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет

© Российская Академия
архитектуры и строительных наук

© Авторы

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие участники XV Международного симпозиума по реологии грунтов,
уважаемые коллеги!

Благодарим Вас за интерес, проявленный к XV Международному симпозиуму по реологии грунтов посвященному 95-летию КГАСУ и 60-летию кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология» «Теория и практика фундаментостроения» и желание принять в них активное участие.

За свою историю Международные симпозиумы по реологии грунтов рассматривали актуальные проблемы инженерной геологии, механики грунтов и фундаментостроения. На сегодняшний день на первый план выходят вопросы реологии грунтов, которые рассматривает XV Международный симпозиум по реологии грунтов, который в 2025 году проводится в Казани.

Особенностью XV Международного симпозиума по реологии грунтов является сближение интересов теоретических и прикладных исследований, появление новой направленности разработок в области реологии грунтов и геоматериалов - создание расчетных моделей и методов оценки несущей способности и прогноза осадок оснований фундаментов.

Представленный Вашему вниманию сборник тезисов докладов «Теория и практика фундаментостроения» содержит материалы XV Международного симпозиума по реологии грунтов и подготовлен учеными, занимающимися вопросами исследования, расчета, проектирования и усиления оснований фундаментов с учетом изменения реологических свойств грунтов.

Сборник включает 90 тезисов докладов, авторы которых представляют различные страны, регионы, научные школы, проектные и производственные организации. По традиции на страницах сборника представлены работы как молодых, так и хорошо известных ученых, работающих в области расчетов, проектирования и усиления оснований фундаментов с учетом изменения реологических свойств грунтов.

В данном сборнике представлены наиболее значимые фундаментальные и прикладные работы по вышеназванным направлениям, проводимые как в Российской Федерации, так и в странах ближнего зарубежья.

Мы надеемся, что каждый найдет для себя на страницах сборника что-то важное и интересное, ибо для научных исследований нет государственных границ, а есть интересные мысли и идеи, близкие по духу коллеги и работа.

Оргкомитет
XV Международного симпозиума по реологии грунтов

СОДЕРЖАНИЕ	Стр.
<u>Пленарные доклады</u>	
Расчет свайных фундаментов с учетом реологических свойств основания <i>Мирсаянов И. Т., Шарафутдинов Р. Ф.</i>	11
Методики расчета осадки круглого фундамента с учетом пластических и реологических свойств основания <i>Тер-Мартirosян А. З., Филиппов К. А.</i>	12
The Experience of Geotechnical Constructions and Testing of Piling Foundations of Megastructures on Problematical Soil Ground of Kazakhstan <i>Zhussupbekov A.</i>	13
Establishing impact of carbon negative material on compressibility and water retention characteristics of Fujian sand <i>Garg A., Liu W., Zhussupbekov A.</i>	14
Feasibility Study of Deep Tunnel Construction Work in The CITY O CIEL <i>Eun Chul Shin, Jung Gu Kang, Jae Sung Yoo, Seok Yong Ha</i>	15
Overview of constitutive models for simulating the rheological behavior of saturated cohesive soils <i>Kaliakin V. N.</i>	16
К вопросу о влиянии прочностных характеристик грунта на осадку фундаментов <i>Шулятьев О. А.</i>	17
Особенности численного моделирования и анализа фундаментов из свай с одно и множественными уширениями на статические и динамические воздействия <i>Федоров В. С., Купчикова Н. В.</i>	18
Вязкоупругая модель грунта с учетом остаточного порового давления <i>Мальцева Т. В.</i>	19
Численный прогноз осадок фундаментов зданий и сооружений на деградирующих многолетнемерзлых грунтах с учетом ползучести и разрушения <i>Кудрявцев С. А., Бакенов Х. З.</i>	21
Прогноз несущей способности грунтов оснований с учетом изменения климата и реологических свойств грунтов <i>Котов П. И.</i>	24
<u>Секция «Экспериментально-теоретические исследования фундаментов с учетом реологических свойств грунтов»</u>	
Метод конечных элементов при решении задач ползучести грунтов <i>Парамонов В.Н.</i>	27
Influence of Sawdust Addition on Behavior of Gypseous Soil <i>Lamyaa N. S., Mohammed K. Al-Dory, Zhussupbekov A.</i>	28
Оценка эффективного тензора жесткости структурно неоднородных сред <i>Семенов М. А., Власов А. Н.</i>	29

Расчет осадки оснований фундаментов на глинистых грунтах при режимном циклическом нагружении <i>Мирсаянов И. Т., Шараф Х. М. А.</i>	30
Анализ изменения механических свойств при изменении влажности грунтов <i>Волошин А. А., Осипова О. Н., Царитова Н. Г.</i>	31
Определение прочностных и реологических параметров глубоководного илистого основания агрегата сбора железомарганцевых конкреций <i>Ананьев А. А.</i>	33
Метод сплайн-интерполяции для анализа осадок оснований зданий <i>Никифорова Н. С., Пирогов Д. Д., Разводовский Д. Е.</i>	34
Нелинейное деформирование глин при режимном трехосном нагружении <i>Королева И. В.</i>	35
Исследование способов стабилизации длительной осадки торфа <i>Ивахнова Г. Ю., Невзоров А. Л., Тутьгин А. С.</i>	36
<u>Секция «Экспериментальные исследования физико-механических и реологических свойств грунтов»</u>	
Экспериментальный и численный анализ деформирования слабых глинистых грунтов в условиях простого сдвига <i>Мангушев Р. А., Паскачева Д. А.</i>	37
Исследование влияния положительной температуры на деформационные характеристики грунтов <i>Шарафутдинов Р. Ф., Шулятьев О. А., Басакин Е. Б.</i>	40
Микроструктурный механизм ползучести глинистого грунта <i>Мариничев М. Б., Ляшенко П. А., Денисенко В. В.</i>	41
Методы испытаний и обработки данных <i>Иванов А. В., Болдырев Г. Г.</i>	43
Исследования численными методами применения методики определения коэффициента перебора несвязных грунтов $V_{L,LSR}$ при щитовой проходке <i>Тер-Мартirosян А. З., Тихонюк И. А.</i>	44
Учет влияния загрязнения песчаных грунтов нефтепродуктами на напряженно-деформированное состояние оснований сооружений <i>Мангушев Р. А., Квашук А. В.</i>	46
Исследование виброползучести песчаных грунтов при низкочастотных вибрационных воздействиях в приборе динамического трехосного сжатия <i>Вагурина А. В., Мchedлизе К. В., Мальцева К. А., Заводчикова М. Б.</i>	47
Оценка коэффициента вторичной консолидации ила по данным лабораторных испытаний и натурных наблюдений <i>Патракеева Ю. М., Невзоров А. Л.</i>	50
Применение прибора кольцевого среза в оценке прочностных свойств грунтов <i>Ремизова Н. В.</i>	51

Оценка качества и достоверности механических характеристик лабораторных образцов при инженерно-геологических изысканиях на юге Тюменской области <i>Мельников Р. В.</i>	52
Методика определения прочностных параметров грунтов по результатам штамповых испытаний <i>Тер-Мартirosян А. З., Филиппов К. А.</i>	54
Характеристика реологического поведения урбанозёмов городов Сыктывкар, Москва, Краснодар, Сочи (онлайн) <i>Аракелова Л. И., Умарова А. Б.</i>	55
Деформирование глин в условиях трехосного режимного нагружения <i>И.В. Королева, Г.Г. Хусаенова</i>	56
<u>Секция «Экспериментально-теоретические исследования мерзлых и оттаивающих грунтов»</u>	
Определение прочностных свойств мерзлых грунтов методом трехосного сжатия <i>Шарафутдинов Р. Ф., Алексеев А. Г., Гречищева Э. С., Махота Р. В.</i>	57
Экспериментальные исследования деформаций оттаивания в условиях компрессионного сжатия <i>Пономарев А. Б., Кораблев Д. С.</i>	59
Деформации грунтов при температурной стабилизации основания <i>Краев Андрей Н.</i>	62
Численное моделирование армированных глинистых оснований дорог на воздействие морозного пучения <i>Пономарев А. Б., Клевко В. И., Обшарова А. В.</i>	63
Изменение механических свойств суглинков при циклическом промораживании-оттаивании <i>Брагарь Е. П.</i>	65
Одиночная свая в термостабилизируемом грунтовом основании на площадках с заглубленным положением кровли многолетнемерзлых грунтов <i>Жайсамбаев Е.А., Краев А.Н., Синицкий А.И., Громадский А.Н.</i>	66
Разработка основ термо-гидравлической модели пучинистого грунта <i>Коришунов А. А.</i>	68
Исследование взаимодействия буроинъекционных свай с песчаным многолетнемерзлым оттаявшим основанием <i>Муслова Д. Д., Пронозин Я. А.</i>	69
Лабораторные исследования изменения напряженно-деформированного состояния песчанного основания при оттаивании <i>Сальный И. С., Пронозин Я. А.</i>	70
Конструктивно-технологическое мероприятие, направленное на сохранение многолетнемерзлых грунтов в основании автомобильной дороги <i>Краев А. Н., Шанхоев З. Ш., Синицкий А.И., Громадский А.Н.</i>	71

Определение вязкости оттаивающих грунтов	
Царапов М. Н.	73
Секция «Экспериментально-теоретические исследования свай и свайных фундаментов»	
Экспериментальные исследования работы буронабивных свай-стоек по боковой поверхности	
Шарафутдинов Р. Ф., Ботанин Д. П.	76
Экспериментальное исследование формирования зон уплотнения и сдвигов в песчаном основании при взаимодействии с модельной сваей	
Пронозин Я. А., Левченко В. М.	77
К расчету горизонтально нагруженных пирамидальных свай	
Готман А. Л., Крутяев С. А.	78
Разработка номограммы для определения несущей способности свайных фундаментов с учетом замачивания просадочного основания и сейсмоактивности	
Нямдорж С., Уранчимэг Д., Сух-Эрдэнэ Х.	79
Расчёт осадки плитно-свайных фундаментов на глинистых основаниях при циклическом нагружении	
Мирсаяпов И. Т., Шакиров М. И.	80
Особенности расчета и проектирования усиления основания зданий окружающей застройки с использованием Jet свай	
Готман Н. З., Туманов Н. В., Гудков А. Л.	81
Исследование влияния глубины котлована на несущую способность сваи-барреты	
Готман Н. З., Ле Чунг Хиеу	82
Повышение несущей способности железобетонных свай с пазами в глинистых грунтах	
Полищук А. И., Демченко В. А.	83
Обоснование конструктивных решений свайных фундаментов для высотного здания апарт-отеля в глинистых грунтах	
Полищук А. И., Березуцкая Е. В.	85
Планирование эксперимента при оценке эффективности параметров свайных фундаментов на стадии проектирования	
Скибин Г. М., Чутченко С. Г., Дереховский В. М.	86
Моделирование работы буроинъекционных свай в глинистых грунтах для обоснования выбора модели грунта при проведении численных исследований	
Полищук А. И., Солонов Г. Г.	87
Определение несущей способности пневмопогружаемых стальных свай по результатам динамических испытаний	
Мирсаяпов И. Т., Шакиров И. Ф.	89

Секция «Исследование, проектирование, технология производства работ по устройству и улучшению оснований и фундаментов»

Результаты исследований по устройству уширения нижнего конца буровой сваи из грунтополимера

Мальцев А. В., Карпов А. А. 90

Исследование изменения напряженного состояния грунта при цементации в процессе проведения противоаварийных работ на объекте культурного наследия

Степанов М. А., Рачков Д. В., Пронозин Я. А. 91

Расчет и проектирование геотехнических мероприятий противокарстовой защиты высотного здания

Готман Н. З., Евдокимов А. Г., Горбачев А. А. 92

Устройство противоаварийных буроинъекционных свай усиления в условиях геотехнической неопределенности

Наумкина Ю. В., Епифанцева Л. Р., Кайгородов М. Д., Пронозин Я. А. 93

Влияние формы гидравлического разрыва на НДС грунта при цементации оснований горизонтальной проходкой

Сугоняев И. В., Пронозин Я. А. 94

Методы проверки качества усиления инъектированием основания, сложенного скальными и насыпными грунтами

Нуждин М. Л., Нуждин Л. В. 95

Использование инъекционных технологий в качестве защитных мероприятий при устройстве котлованов в исторической части Санкт-Петербурга

Айдамирова Е. В., Осокин А. И., Черемхина А. П., Мальцева К. А. 96

Применение грунтоармированных и грунтонаполняемых конструкций для берегоукрепительных и противооползневых мероприятий

Кашарин Д. В. 98

Перспективные задачи исследования уплотнения слабых водонасыщенных грунтов вакуумированием с учетом мирового опыта

Зехниев Ф. Ф., Внуков Д. А., Николаев А. Н., Сазонова А. В. 99

Характеристики взаимодействия геосинтетического материала с песчаным грунтом при испытании на вытягивание

Казаков М. С., Офрихтер В. Г. 101

Численное моделирование грунтовых массивов, армированных вертикальными элементами

Тронда Т. В. 102

Секция «Экспериментально-теоретические исследования оснований и фундаментов зданий»

Предельные состояния подпорных сооружений из заполненных грунтом блоков

Кузоваткин И. В., Цимбельман Н. Я., Чернова Т. И., Бабкин В. Н., Селиванова М. А., Аветян Л. В. 104

Численный расчет уплотненных массивов из песчано-гравийных смесей (пгс) в просадочных грунтах II типа с учетом фактора времени <i>Попсуенко И. К., Рытов С. А., Малеева А. Н.</i>	106
Методы прогнозирования изменения уровня грунтовых вод города Астаны в условиях интенсивного строительства (онлайн) <i>Алибекова Н. Т., Аманжолова Ш. Ф.</i>	107
Влияние типа фундамента на динамическую реакцию системы «грунт – фундамент – высотное здание» при сейсмических нагрузках <i>Аланок Ч. С. А., Осокин А. И., Кондратьева Л. Н.</i>	108
Учет резонансных эффектов при расчете колебаний большеразмерного свайного фундамента <i>Нуждин Л. В., Михайлов В. С.</i>	110
Слабые глинистые грунты как основания фундаментов гражданских зданий на территории г. Томска <i>Полищук А. И., Петухов А. А., Столярова Н. Ю.</i>	111
Обоснование устройства компенсирующего слоя в фундаментах резервуаров <i>Киселев Н. Ю., Пронозин Я. А.</i>	112
Напряженно-деформированное состояние многослойного основания плитного фундамента <i>Сиразиев Л. Ф.</i>	113
Особенности деформирования слоистого грунтового основания <i>И.В. Королева, М.А. Загидуллин</i>	114
Исследования поведения слоистых образцов грунтов в лабораторных условиях <i>И.В. Королева, Ф.Н. Волков</i>	116
<u>Секция «Особенности проектирования и строительства в условиях стесненной городской застройки»</u>	
Особенности проектирования и устройства фундаментов зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки на слабых грунтах <i>Осокин А. И., Серебрякова А. Б., Денисова О. О., Башмаков И. Б.</i>	117
Влажность как фактор влияния на устойчивость склонов и откосов, сложенных песчаными грунтами <i>Попов Д. В.</i>	119
Численное моделирование устойчивости природного склона в г. Тобольске в условиях техногенных рисков <i>Епифанцева Л. Р., Кайгородов М. Д., Киселев Н. Ю., Пронозин Я. А.</i>	120
Потеря устойчивости откоса при изменении влажности грунтов <i>Шувалова Р. А., Хритин И. В., Туников М. М.</i>	122
Категории сложности инженерно-геологических условий и их развитие для гражданского строительства и реконструкции зданий <i>Полищук А. И., Мариничев М. Б., Бушуева В. О.</i>	124
Влияние совместной работы наземных конструкций и свайного основания на усилия в элементах каркаса промышленного здания <i>Скибин Г.М., Скибин Е. Г., Заморов А. А.</i>	126

О распределении напряжений в грунтовом массиве при перемещении участка его границы <i>Ушаков А. Н.</i>	127
Численное моделирование комплексности динамических воздействий от наземного и подземного транспорта <i>Лазуткин Ю. В., Купчикова Н. В., Еремеев А. А.</i>	128
Экспериментальные исследования колебания грунта и подземного сооружения при сейсмозрывных воздействиях (онлайн) <i>Сафаров И. И., Рахмонов Б. С.</i>	129
Исследование конструкции фундамента и грунтового основания здания, проектируемого в зоне действующего метрополитена <i>Мирсаяпов И. Т., Хасанов Р. Р., Сафин Д. Р., Нуриева Д. М.</i>	131
Исследование поведения грунтового основания вблизи глубокого котлована <i>Мирсаяпов И. Т., Айсин Н. Н.</i>	132
Прогнозирование вертикальных деформаций оснований фундаментов зданий окружающей застройки при устройстве глубокого котлована <i>И.Т. Мирсаяпов, Я.М. Наклеевский</i>	133
Исследование деформирования грунтов вблизи глубоких котлованов <i>М.А. Тюлькина, Н. Н. Айсин</i>	134

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 692.1

РАСЧЕТ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВАНИЯ

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

ШАРАФУТДИНОВ Рафаэль Фаритович

к.т.н., НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия, linegeo@mail.ru

PILE FOUNDATION CALCULATION TAKING INTO ACCOUNT THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS

MIRSAYAPOV Ilizar T.

Doctor of Engineering, professor, head of department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

SHARAFUTDINOV Rafael F.

Ph.D., Director, Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures JSC Research center of Construction, Moscow, Russia, linegeo@mail.ru

При строительстве высотных, промышленных и гидротехнических сооружений широко применяются свайные фундаменты глубокого заложения, взаимодействующие с глинистыми грунтами. В условиях больших нагрузок дополнительное давление на основание сопоставимо и даже превышает давление исторического уплотнения грунта. В таком случае более активно начинают проявляться реологические процессы в грунтах, а значительная часть осадки основания связана с эффектами ползучести.

Осадка основания фундамента условно может быть разделена на три составляющих: осадки условного фундамента, осадки продавливания свай в уровне подошвы условного фундамента и осадки за счет сжатия ствола свай. Реологическая составляющая осадки будет определяться совместным влиянием объемной и сдвиговой ползучести. Длительные осадки за счет сжатия ствола свай определяются за счет реологического взаимодействия вязкоупругой железобетонной сваи в вязкоупругопластической грунтовой среде.

В докладе приведена методика прогноза осадок свайных фундаментов с учетом объемной и сдвиговой ползучести основания и вязкоупругих свойств материала свай.

УДК 624.131.3; 624.131.5; 624.15; 624.131.524.3; 624.131.526

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСАДКИ КРУГЛОГО ФУНДАМЕНТА С УЧЕТОМ ПЛАСТИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВАНИЯ

ТЕР-МАРТИРОСЯН Армен Завенович

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), Москва, Россия, gic-mgsu@mail.ru

ФИЛИПPOB Кирилл Александрович

аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), Москва, Россия, 4155599@gmail.com

METHODS FOR CALCULATING THE SETTLEMENT OF CIRCULAR FOUNDATIONS TAKING INTO ACCOUNT PLASTIC AND REOLOGICAL PROPERTIES OF THE SOIL

TER-MARTIROSYAN Armen Z.

Doctor of Sciences (Engineering), professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia, gic-mgsu@mail.ru

FILIPPOV Kirill A.

Post-Graduate student, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia, 4155599@gmail.com

В докладе представлены результаты исследований, целью которых являлось построение методик по расчету осадки круглого фундамента с учетом пластических и Реологических свойств основания. По результатам теоретической части работы получены численно-аналитические решения на основе системы физических уравнений Генки. Для упруго-пластической постановки были использованы модель С.С. Григоряна (для объемных деформаций) и модель сдвигового деформирования, основанная на модификациях моделей С.П. Тимошенко, М.В. Малышева и Н.Янбу. Для упруго-вязко-пластической постановки применялись модель Кельвина-Фойгта (для объемных деформаций) и модель А.З. Тер-Мартиросяна (для сдвиговых деформаций).

Решение для упругопластической постановки верифицировано экспериментальными исследованиями круглых штампов на песчаном основании в геотехническом лотке, выполненными в рамках данной работы в геотехнической лаборатории Тюменского Индустриального Университета (ТИУ).

УДК 624.131

**THE EXPERIENCE OF GEOTECHNICAL CONSTRUCTIONS AND
TESTING OF PILING FOUNDATIONS OF MEGASTRUCTURES ON
PROBLEMATICAL SOIL GROUND OF KAZAKHSTAN**

ZHUSSUPBEKOV Askar

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPBGASU), Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), (e-mail address: astana-geostroi@mail.ru)

This lecture presents of the results of the geotechnical construction and testing of piling foundations of the Megastructures on problematical soil ground of (Abu-Dhabi Plaza, Prorva Caspian Sea Port, Expo-2017, LRT, BAKAD, EGMK, International Hospitals in Petropavlovsk and Astana). A series of the static and dynamic piling tests, BDLT and PIT, Cross-hall investigations were carried out. The characteristics of difficulty soil mass associated with different layers were evaluated using numerical simulation as soil-structure interaction. The results show by graphically and also with analysis summarizing conclusions. This presentation will focus on the field applications of the megastructures on boring and driving piles on problematical soil ground of Kazakhstan. This lecture provides programs and results of piling tests with static and dynamic tests in different of the six construction sites under difficulty soil conditions. This lecture included also information about new smart foundations (conical foundations) in seismic and undermining soil ground (model, field tests and also numerical analysis) as well. These applications are important for understanding of interaction of piles with problematical soil ground of Megastructures and smart foundations on seismic regions of Kazakhstan.

УДК 624.131.3

**ESTABLISHING IMPACT OF CARBON NEGATIVE MATERIAL ON
COMPRESSIBILITY AND WATER RETENTION CHARACTERISTICS
OF FUJIAN SAND**

GARG Ankit

Department of Civil Construction Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, garg1988@gmail.com

LIU Wenliang

Department of Civil and Intelligent Construction Engineering, Shantou University, Shantou, 515063, Guangdong, China, 23wlliu@stu.edu.cn

ZHUSSUPBEKOV Askar

Department of Civil Construction Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, astana-geostroi@mail.ru

Biochar is a carbon-rich material that serves as a carbon sink, useful for enhancing soil water retention, carbon sequestration, and the sorption of contaminants. There is also growing interest in evaluating its feasibility for use in geotechnical engineering infrastructure, such as slopes and landfill covers, due to its multifunctional properties. However, few studies have investigated the impact of biochar on soil compressibility in conjunction with water retention capacity. This study explores the influence of biochar on the compressibility characteristics and unsaturated water retention properties of poorly graded sand. Poorly graded sand from Fujian Province, China, was selected for this investigation. Biochar derived from peach shells at 600°C was mixed with the sand at concentrations of 0%, 5%, and 10%. Compressibility tests were conducted using a modified oedometer. The results indicate that biochar reduced soil settlement by 17% and 21%, demonstrating improved soil stability and reduced compressibility. Compared to bare sand, the air-entry value of soil with 5% and 10% biochar content increased by 78% and 253%, respectively, which could significantly enhance shear strength under unsaturated conditions

Keywords: Biochar; Hygroscopicity; Compressibility; Biochar Unsaturated soil; Water retention

УДК 624.131.3

FEASIBILITY STUDY OF DEEP TUNNEL CONSTRUCTION WORK IN THE CITY O CIEL

EUN Chul Shin

Incheon National University

JUNG Gu Kang

KOREA Consultant, Korea,

JAE Sung Yoo

Hongik Economic Institute

SEOK Yong Ha

Hongik Economic Institute

The population of Incheon Metropolitan City is getting increased every year and now the 3rd largest city after Seoul and Busan in South Korea with the population of 3.021 million people. The high-tech industrial technology such as bio-medical Industry and semi-conductor industries are investing huge amount of capital in Incheon Industrial complex. The logistics hub via Incheon International Airport and Incheon harbors (6 EA) is very actively commercialized. The development of environmental friend residential area is prerequisite to cope with the demand of the Incheon Metropolitan City. In this paper, the feasibility study for conversion highway from bridge decked highway to deep underground tunnel is described in the one of land development projects called “CITY O CIEL”. The total area of this city is approximately 2,650,000 m² and it was reclaimed from the sea in 1965 and chemical factory was established to produce the Soda Ash (Na₂CO₃) in the same land since year 1968. The factory complex including 6 lime-sludge disposal ponds will be removed and redeveloped as a mini new city for family residential area. The new city called “CITY O CIEL” has a 9 Blocks with 13,000 apartment housings as shown in Figure 1. So far 600,000 m² (22%) has been completed and 1,720,000 m² is being under developing, and the lime sludge landfill site is almost completed for remaining area of 330,000 m². The sports complex will be constructed over the area of landfill site for civilian use. This project has been executed since year 2022 by the DCRE, sister company of OCI (Oriental Chemical Industry, LTD) in Seoul, Korea. The portion of residential area is about 35%, and 48% of total area is allocated as a park and greenery, road and infrastructures. Total 5 schools are situated such as 1 kindergarden, 2 elementary school, 1 middle school and 1 high school.

УДК 624.131.5

OVERVIEW OF CONSTITUTIVE MODELS FOR SIMULATING THE RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF SATURATED COHESIVE SOILS

KALIAKIN Victor N.

Professor, Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering,
University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A., kaliakin@udel.edu

The accurate simulation of the rheological behavior of geomaterials (i.e., soil and rock) requires the use of robust constitutive models. Such models must account for the time and rate-dependent behavior of the geomaterial. Although many models, possessing various degrees of sophistication, have been developed over the past 75 or so years, a comprehensive review of such models is lacking. This paper presents an overview of time and rate-dependent models that have been developed to simulate the rheological behavior of saturated cohesive soils.

УДК 624.131

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА НА ОСАДКУ ФУНДАМЕНТОВ

ШУЛЯТЬЕВ Олег Александрович

д.т.н., зам. директора НИИОСП им. Н.М.Герсевича АО «НИЦ
«Строительство», Москва, Russia, niiosp35@yandex.ru

ON THE ISSUE OF THE IMPACT OF SOIL STRENGTH ON FOUNDATIONS SETTLEMENT

SHULYATYEV Oleg A.

Deputy Director of the NIIOSP named after Gersevanov Reserch Center of
Construction, Moscow, Russia, niiosp35@yandex.ru

При расчете осадки фундаментов основное внимание уделяется деформационным характеристикам грунта. Вместе с тем известно, что прочностные характеристики грунта влияют на распределение напряжений и соответственно на осадки фундаментов. В докладе выполнена попытка оценить данное влияние при расчёте свай и плитных фундаментов.

В результате получено, что при изменении прочностных характеристик на 30% величина усилий в угловой свае возрастает до 50% по сравнению с центральной, что приводит к соответствующей неравномерной осадке ростверка.

В случае плитных фундаментов также прослеживается влияние прочностных характеристик на осадку фундаментов, особенно при приближении к предельной несущей способности основания.

Всё это указывает на необходимость при расчёте деформации основания учитывать влияние прочностных характеристик грунта. Особенно это важно при строительстве высотных зданий, где величины предельных осадок и их неравномерность очень низки.

В первом приближении данный учёт может быть выполнен путём введения коэффициентов надежности к прочностным характеристикам как в сторону увеличения, так и в сторону снижения. Для окончательного решения принимается наихудший вариант.

В дальнейшем при расчёте следует учитывать прочностную анизотропию массива грунта вследствие его генезиса, что дополнительно повысит точность геотехнических расчётов.

УДК 624.154.1

ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ФУНДАМЕНТОВ ИЗ СВАЙ С ОДНО И МНОГОМЕСТНЫМИ УШИРЕНИЯМИ НА СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

ФЕДОРОВ Виктор Сергеевич

Академик Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ МИИТ), Москва, Россия,

КУПЧИКОВА Наталья Викторовна

Доцент, к.т.н. ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ МИИТ), с.н.с. ГБУ НИИ «МосТрансПроект», Москва, Россия, kupchikova79@mail.ru

FEATURES OF NUMERICAL MODELING AND ANALYSIS OF PILE FOUNDATIONS WITH SINGLE AND MULTI-SITE EXTENSIONS FOR STATIC AND DYNAMIC IMPACTS

FEDOROV Viktor Sergeevich

Academician of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (RAASN), Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Structures, Buildings and Structures of the Russian University of Transport, Moscow, Russia,

KUPCHIKOVA Natalia Viktorovna

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russian University of Transport (RUT MIIT), Senior Researcher, GBU Research Institute "MosTransProekt", Moscow, Russia, kupchikova79@mail.ru

Применение верифицированных программных комплексов для решения сложных геотехнических задач способствует оперативному созданию различных вариантов проектируемого сооружения и повышению надёжности решений. Численное моделирование и анализ фундаментов из свай с одно и многоместными уширениями на статические и динамические воздействия выполнены с помощью специализированного ПК MIDAS GTS NX [1,2].

Список литературы / References

1. Купчикова, Н. В. Результаты численного анализа системы "здание - свайный фундамент - грунтовое основание" с помощью "MIDAS GTS NX" / Н. В. Купчикова, А. Н. Сычков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1(35). – С. 19-24.
2. Федоров, В. С. Численные исследования работы свай с концевым сферическим уширением в составе группы свай / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, М. Д. Гавриков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 3(29). – С. 100-107.

УДК 624.1

ВЯЗКОУПРУГАЯ МОДЕЛЬ ГРУНТА С УЧЕТОМ ОСТАТОЧНОГО ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ

МАЛЫЦЕВА Татьяна Владимировна

д. ф.-м. н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, maltv2020@mail.ru

VISCOELASTIC SOIL MODEL TAKING INTO ACCOUNT RESIDUAL PORE PRESSURE

MALTSEVA Tatyana

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, maltv2020@mail.ru

При проектировании эксплуатации зданий и сооружений на грунтовом основании в реальных условиях необходимо совершенствовать расчетные модели грунтового основания, то есть учитывать его реологические свойства. В механике грунтов рассматриваются реологические модели грунтов, в которых уравнения состояния в виде закона Больцмана-Вольтерра содержат функции влияния, которые описывают скорость ползучести грунта при постоянном напряжении. Затухающую ползучесть глинистых грунтов представляют в виде экспоненциального ядра ползучести с тремя параметрами, определяемыми из эксперимента с однофазным образцом [1]. Под однофазным лабораторным образцом понимается образец не выше 40 см (в одометре 2,5 см), в котором отсутствует влияние поровой воды на скелет грунта. Высота образца (более 1 м) указывает на наличие порового давления по окончании процесса фильтрационной консолидации. Натурные эксперименты Абелева М.Ю., Амаряна Л.С., Бугрова А.К., Голли А.В., Кагана А.А. и др. [2-5] показывают, что избыточное поровое давление не рассеивается при стабилизированном состоянии грунтового основания.

Предложена вязкоупругая модель грунта с учетом остаточного порового давления. На основании линейной теории вязкоупругости решение задачи в вязкоупругой постановке разбивается на два этапа. Первый этап решения вязкоупругой задачи совпадает с решением ее в упругой постановке. Решение на втором этапе разворачивается во времени по методу ломаных, согласно которому составляется система линейных алгебраических уравнений для определения параметров искомого

оригинала. Проведен расчет вязкоупругого двухфазного основания и сопоставление с экспериментальными данными.

Список литературы / References

1. Зарецкий Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. 1988. 352 с.
2. Абелев М. Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. 1983, 248 с.
3. Амарян Л. С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения. 1990. 220 с.
4. Бай В.Ф. Экспериментальная установка для проведения испытания образца обводненного грунта. Известия вузов. Нефть и газ, 3. 2001. 58-62
5. Бугров А.К., Голли А.В., Каган А.А., Кураев С.Н., Пирогов И.А., Шашкин А.Г. Натурные исследования напряженно-деформированного состояния и консолидации оснований сооружений комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений. Основания, фундаменты и механика грунтов. 1. 1999. 2-9.

УДК 624.131.5

О ПРОГНОЗЕ ОСАДОК ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ И РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ

БАКЕНОВ Халель Закарьевич

заместитель генерального секретаря Совета МПА СНГ

КУДРЯВЦЕВ Сергей Анатольевич

Доктор технических наук, Профессор, Член-корреспондент РААСН,
заведующий кафедрой «Мосты, тоннели и подземные сооружения»
Дальневосточного государственного университета путей сообщения

ON THE FORECAST OF SETTLEMENTS OF STRIP FOUNDATIONS TAKING INTO ACCOUNT CREEP AND DEGRADATION OF SOIL FOUNDATIONS

BAKENOV Khaleel Zakarievich

Deputy General Secretary of the Interparliamentary Assembly of the Commonwealth of Independent States

KUDRYAVTSEV Sergey Anatolyevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Head of Department "Bridges, Tunnels and Underground Structures" at Far Eastern State University of Transport Communications

Для анализа НДС МКЭ с учетом реологических свойств грунтов нами принята модель Бингама-Шведова. Реакция среды на объемные деформации упругая, с постоянным модулем объемного сжатия, реакция среды на сдвиг упруго-вязкопластическая, подчиняющаяся закону пластического течения, с критерием прочности Кулона, вязкое сдвиговое течение принимается равнообъемным. Скорость сдвиговой деформации ползучести пропорциональна разности между действующими предельным напряжениями. За время Δt прирост сдвиговой деформации составит: $\Delta \gamma = \frac{1}{\eta} \cdot \tau^{\text{п}} \cdot \Delta t$. Чтобы обеспечить такую деформацию элемента при неизменной его МЖС к нему необходимо приложить дополнительное касательное напряжение: $\Delta \tau = \frac{1}{T_p} \Delta \tau_i \tau^{\text{п}}$. Здесь T_p - время релаксации; $T_p = \eta/G$; G – модуль сдвига.

Направление $\Delta \tau$ может совпадать с направлением максимального касательного напряжения в элементе. Главные добавочные напряжения пересчитываются в осевые добавочные $\{\Delta \sigma\}$, далее по вектору $\{\Delta F\}$ вычисляются добавочные узловые силы. Следующее решение задачи с

прежней МЖС, по новым значениям вектора сил дает ответ о состоянии области на момент времени $t_{i-1} + \Delta t_i$ т.д.

Процедура получения УВП решения оказывается подобной получению УП методом «начальных напряжений, с той лишь разницей, здесь на очередном временном интервале фигурирует набор добавочных напряжений

$$\{\Delta\sigma_{1,3}\} = \{\{\xi\tau^n, -\xi\tau^n, \alpha\}^T, \text{ где } \xi \leq \frac{G\Delta t_i}{\eta}.$$

Дальнейшее использование $\{\Delta\sigma_{1,3}\}$ одинаково. Таким образом, УВП решение может быть получено с помощью УП процедур. Решение будет устойчивым. при $\Delta t \leq T_p$. Процедура предполагает постоянство напряженного состояния в течении интервала времени Δt . Нами принят возрастающий цикл за циклом шаг по времени. Полученное УВП решение основано на многократном повторении упругих с изменяемыми величинами узловых сил шагом по времени матрица жесткости системы (МЖС) остается при этом постоянной, Рассмотренная процедура УВП реализована нами совместно с А.Б.Фадеевым в программе «Геомеханика GREEP».

Определение реологических параметров и констант проводилось нами на приборах чистого сдвига (Бакенов Х.З., Гораздовский Т.Я., 1974), для исследования прочностных и реологических свойств широкого класса грунтов от полутвердой до текучей консистенции при однородных полях напряжений и деформаций, и неограниченности деформаций сдвига.

По кривым кинетики развития относительных деформаций ленточной и кембрийской глин нарушенной и кембрийской глины ненарушенной \ структуры при однородных полях напряжений и еформаций в условиях чистого сдвига при постоянном уровне касательных напряжений $\tau_i = const$, были рассчитаны относительные скорости установившегося течения $\dot{\gamma}$, определены предельные напряжения,сдвига. характеризующие прочность при дефомировании и разрушении, время до разрушения и коэффициенты вязкости. Для выбранной модели грунта подсчитывается изменение плотности энтропии ΔS_i и критическая плотность энтропии ΔS^* .Подсчитывается коэффициент накопления поврежденности «характерного» объема грунта $\rho = \Delta S_i / \Delta S^*$ При $0 < \rho < 1$ состояние устойчивое; при $\rho \rightarrow 1$ и $t_i \rightarrow t^*$ происходит накопления поврежденности и разрушение образца.

Прочностные и реологические параметры, определенные по вышеизложенной методике использованны в качестве исходной информации для прогноза осадок зданий с учетом ползучести грунтов основания МКЭ, а применение энтропийного критерия разрушения грунтов

позволяет по данным кратковременных испытаний производить оценку несущей способности и устойчивости сооружений на длительный период.

Для повышения достоверности прогноза осадок зданий нами разработана методика, позволяющая по данным натурных наблюдений и численного моделирования НДС основания определять реологические параметры грунтов и производить прогноз осадок зданий и сооружений. Для апробации методики использованы данные натурных наблюдений за осадками и послойными перемещениями грунтов основания жилых зданий на естественном основании (С.Н.Сотников, 1986).

Как показал численный эксперимент с использованием данных натурных наблюдений, коэффициент вязкости η для грунтов на порядок выше определённых при лабораторных испытаниях. На наш взгляд это вполне объяснимо, т.к. здесь рассмотрены: работа массива в природном сложении и данные наблюдения.

В заключении необходимо отметить, что в настоящее время остается актуальным вопрос о разработке критерия вязкого и хрупкого разрушения и длительной прочности грунтов. Существующие методы были разработаны для описания разрушения металлов, композитных материалов и полимеров, которые нашли успешное применение в геомеханике. На наш взгляд, для механики грунтов лед представляет интерес, как модельный материал с регулируемой структурой и различными свойствами, которые изменяются в зависимости температуры, состава воды и условий нагружения. При изменении этих параметров лед может иметь либо упругие, либо упруго-вязкопластические свойства. К числу наиболее важных проблем механики и физики льда относится изучение его физико-механических свойств и разработки моделей разрушения и деформации льда. Здесь возможно применима аналогии между плавлением и разрушением льда, для описания энтропийного критерия разрушения, так как удельная теплота плавления льда выше стали и железа.

УДК 551.345

ПРОГНОЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

КОТОВ Павел Игоревич

к.г.-м.н., директор научно-исследовательского центра Заполярного государственного университета имени Н.М. Федоровского, Норильск, Россия, kotovpi@norvuz.ru

PREDICTION OF THE BEARING CAPACITY OF FROZEN SOILS TAKING INTO ACCOUNT CLIMATE CHANGE AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS

KOTOV Pavel I.

PhD of Geology, director of research center, Polar State University named after N.M. Fedorovskiy, Norilsk, Russia, kotovpi@norvuz.ru

Анализ климатических данных, проведенных на территории северного полушария, показал, что эти области нагревались со скоростью на 70% выше, чем глобальный средний показатель для суши [1]. Один из самых высоких локальных темпов потепления ($\sim 1,7^{\circ}\text{C}$, 1997–2020) наблюдался над Таймыром [2], поэтому и в будущем можно прогнозировать в этом регионе высокие тренды роста температуры воздуха. Рост температур воздуха приводит к деградации вечной мерзлоты [3], что напрямую угрожает устойчивости зданий и инженерных сооружений [4]. Например, в центре г. Норильске за 65 лет (1959–2024 гг.) температура грунта на глубине 10 метров выросла на $4,3^{\circ}\text{C}$ [5]. В таких условиях проектирование, эксплуатация и реконструкция арктической инфраструктуры требуют обязательного учета климатических изменений. Кроме этого, в нормативных документах не учитывается реологические свойства грунтов [6], которые меняются с течением времени и в зависимости от температуры грунтов [7]. Возможные отклонения связанные с изменением температуры грунта и реологии учитываются введением специальных коэффициентов (температурный, условий работы, надежности).

Цель данной работы провести расчеты несущей способности грунтов оснований в центре города Норильск согласно нормативным документам и с учетом изменения климата и реологических свойств грунтов.

Для расчетов температурного режима грунтов использовался программный комплекс Борей 3D, который реализует математический аппарат численного моделирования распространения температурных полей

в грунтовом массиве с учетом фазового перехода незамерзшей воды в спектре отрицательных температур. Физические и теплофизические, механические свойства мерзлых грунтов для моделирования были определены экспериментально в лаборатории.

Для моделирования использовались следующие данные:

1. Климатические характеристики района – данные метеостанции г. Норильск. При этом загружались средние значения температуры воздуха до 1960 года, а в дальнейшем фактические среднemesячные значения каждого года с 1960 по 2024 год. С 2025 задавался сценарий изменения климата SSP 5-8.5. для Красноярского края (тренд $0,05^{\circ}\text{C}/\text{год}$), разработанный климатическим центром Росгидромета.

2. Геологическое строение и свойства грунтов определены по результатам инженерно-геологических изысканий.

В геолого-литологическом строении принимают участие (сверху-вниз): насыпной грунт (tQIV), отложения аяклинского лимния (III-Hak).

Техногенные грунты (tQIV) представлены крупнообломочным материалом с глинистым заполнителем, песками различных фракций в мерзлом и талом состоянии. Мощность до 2 метров.

Аяклинский лимний (III-Hak) представлен суглинком легким песчаным льдистым. Мощность 12 метров.

Механические свойств для мерзлого суглинка определялись методом шарикового штампа и среза по поверхности смерзания с бетоном при трех отрицательных температурах (-5°C , $-2,5^{\circ}\text{C}$, $0,5^{\circ}\text{C}$). Данные испытаний были обработаны с использованием логарифмического уравнения для прогноза длительной прочности грунтов, предложенное Вяловым С.С.[7]. Используя это уравнение проведен расчет длительной прочности на 50 лет.

3. Использование данных фактических измерений температуры грунта проведена калибровки математической модели и выполнен прогноз температурного режима на 50 лет.

4. Расчет несущей способности грунтов оснований через 50 лет.

В результате получено, что несущая способность грунтов оснований, рассчитанная с учетом изменения климата и реологических свойств грунтов, меньше на 40% по сравнению с расчетами по СП 25.13330.2020 [6]. Это говорит о необходимости проведения моделирования для объектов в криолитозоне и учета изменения климата и реологии грунтов оснований в прогнозах несущей способности.

Список литературы / References

1. Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvarinen, O., Ruosteenoja, K., et al. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Nature Communications Earth & Environment*, 3(1), 2022, 168. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>

2. Watts, J. D., Potter, S., Rogers, B. M., Virkkala, A.-M., Fiske, G., Arndt, K. A., et al. Regional hotspots of change in northern high latitudes informed by observations from space. *Geophysical Research Letters*, 2025, 52, e2023GL108081. <https://doi.org/10.1029/2023GL108081>
3. Biskaborn, B. K., Smith, S. L., Noetzel, J., Matthes, H., Vieira, G., Streletskiy, D. A., et al. Permafrost is warming at a global scale. *Nature Communications*, 10(1), 2019, 264. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08240-4>
4. Hjort J, Streletskiy D, Dore G, et al. Impacts of permafrost degradation on infrastructure // *Nature Reviews Earth & Environment*, 2022, vol. 3, no. 1, p. 24-38
5. Котов П.И., Прямицкий А.В., Кунчулия Г.М. Динамика температурного режима многолетнемерзлых грунтов в глубоких скважинах центральной части города Норильска // *Криосфера Земли*, 2025, т. XXIX, № 1, с. 3–13.
6. СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах.
7. Вялов С. С. Реология мерзлых грунтов. М.: Стройиздат, 2000. 464 с.

**СЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ»**

УДК 624.1

**МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
ПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТОВ**

ПАРАМОНОВ Владимир Николаевич

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» ФГБОУ
ВО ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия, parvn@georec.spb.ru

**THE FINITE ELEMENT METHOD IN SOLVING SOIL CREEP
PROBLEMS**

PARAMONOV Vladimir N.

D.Sc., Associate Professor, Head of the Department «Bases and Foundations» of
Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint Petersburg,
Russia, parvn@georec.spb.ru

Предложен в общем виде принцип построения системы конечноэлементных уравнений для решения реологических задач геомеханики. В качестве примера приведен частный случай вывода уравнений для среды, реакция которой на девиаторное и гидростатическое нагружение описывается стандартной (нормальной) реологической моделью. Приведены примеры решения реологических задач и сравнение с результатами лабораторных и натурных исследований.

УДК 624.1

INFLUENCE OF SAWDUST ADDITION ON BEHAVIOR OF GYPSEOUS SOIL

SNODI Lamyaa Najah

Civil Engineering Department, College Of Engineering, University of Tikrit,
IRAQ, e-mail: dr.lamyaaanajah@tu.edu.iq

MOHAMMED K. Al-Dory

Civil Engineering Department, College Of Engineering, University of Tikrit,
IRAQ

ZHUSSUPBEKOV A.

Department of Civil Construction Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National
University, Astana, Kazakhstan, astana-geostroi@mail.ru

The importance behavior of gypseous soils that subject to water flow for geotechnical engineers need a thorough evaluation of gypsum soil performance under wet conditions. Improving gypsum soils with additives is one of the most commonly used strategies. This paper deals with the effect of stabilization of the gypseous soil by use sawdust ash as additive. Different percentages of sawdust ash (1%, 3%, 5% and 7%) were mixed with a gypseous soil which have 67% gypsum content. The testing conducted on mixture (gypseous soil-sawdust ash) as compaction test, shear Strength Test. The results indicate an increase values of cohesion and internal angle friction of soil with adding sawdust ash. While observed falling in the value of Dry unit weight with increased in the optimum moisture content.

УДК 539.32: 517.9

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕНЗОРА ЖЕСТКОСТИ
СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД**

СЕМЕНОВ Максим Александрович

аспирант ИПРИМ РАН, Москва, Россия, zaqikm16@gmail.com

ВЛАСОВ Александр Николаевич

д.т.н., директор ИПРИМ РАН, Москва, Россия, bah1955@yandex.ru

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVE STIFFNESS TENSOR OF
STRUCTURALLY HETEROGENEOUS MEDIA**

SEMENOV Maksim Aleksandrovich

Postgraduate student, IPRIM RAS, Moscow, Russia, zaqikm16@gmail.com

VLASOV Aleksandr Nikolaevich

Doctor of Engineering, Director, IPRIM RAS, Moscow, Russia, bah1955@yandex.ru

Решение задач геомеханики это в первую очередь определение механических характеристик структурно неоднородных материалов, представленные грунтами.

Механических характеристик структурно неоднородных материалов (композитов) определяется с помощью проведения полевых и лабораторных испытаний образцов. В случае скальных, мерзлых грунтов испытания образцов, представительный объём которых может быть очень большим, крайне сложные и дорогостоящие, в некоторых случаях и нереализуемым, а опыт таких испытаний крайне мал для создания статистики. В случае же мерзлых грунтов крайне важна температура, так как даже при изменении на пару градусов механические характеристики могут значительно измениться. Как результат определение свойств мерзлых грунтов трудоёмко и требует очень длительного времени.

Решение этих задач возможно с помощью аналитико-численных методов. Аналитические подходы к определению механических характеристик композитов описаны в книгах Кристенсена, Фойгта, Рейсса, Хашина, Бахвалова и др. [1]. С помощью аналитико-численных методов будет разработан метод и алгоритм решения поставленной задачи с выбором представительного объема на основе параметрического метода асимптотического усреднения [2].

Список литературы / References

1. Привалко В.П., Новиков В.В., Яновский Ю.Г. Основы тепло-физики и рео-физики полимерных материалов. Наук. думка. 1991г. 232с.
2. Власов А.Н., Саваторова В.Л., Таланов А.В. Описание физических процессов в структурно неоднородных средах. Учебное пособие. РУДН. 2009 г. 258с.

УДК 624.152

РАСЧЕТ ОСАДКИ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ НА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПРИ РЕЖИМНОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

ШАРАФ Хани Мохаммед Абдо

к.т.н. старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, sharafhani03@gmail.com

CALCULATION OF FOUNDATION SETTLEMENT ON CLAYEY SOILS UNDER REGIM CYCLIC LOADING

MIRSAYAPOV Ilizar T.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

SHARAF Hani M. A.

PhD Senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, sharafhani03@gmail.com

В работе рассматривается метод расчета осадки оснований фундаментов на глинистых грунтах при режимном циклическом нагружении, характерном для строительства и эксплуатации зданий и сооружений. В ходе исследования выполнены экспериментальные и теоретические анализы, что позволило разработать инженерный метод основан на принципе послойного суммирования и учитывает одновременное изменение пространственного напряженно-деформированного состояния и механических характеристик глинистых грунтов. разработанный метод позволяет более точно оценивать поведение глинистых грунтов при проектировании фундаментов, подверженных режимных циклическим нагружениям, что повышает надежность и эффективность строительных решений.

Список литературы / References

1. Мирсаяпов И.Т., Шараф Х. М. Осадка оснований фундаментов глинистых грунтов при блочных циклических нагружениях // Известия КГАСУ, 2023, № 3(65), с. 18-25, DOI: 10.52409/20731523_2023_3_18, EDN: BOODTM.
2. Mirsayapov I.T., Sharaf H. Bearing capacity and settlement of clay foundations under block cyclic loading. Vestnik MGSU. 2024;19(5):789-799. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2024.5.789-799>.

УДК 624.131.43

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ВЛАЖНОСТИ

ОСИПОВА Оксана Николаевна

Заведующий кафедрой «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений», к.т.н., доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ), г. Новочеркасск, Россия, Oksana.osipova9@mail.ru.

ЦАРИТОВА Надежда Геннадьевна к.т.н., доцент кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ), г. Новочеркасск, Россия, ncaritova@yandex.ru.

ВОЛОШИН Алексей Александрович, аспирант кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ), г. Новочеркасск, Россия, alexej.voloshin20015@yandex.ru.

ANALYSIS OF CHANGES IN PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOILS WITH INCREASED HUMIDITY

OSIPOVA Oksana Nikolaevna,

Head of the Department of "Urban Planning, Design of Buildings and Structures", PhD in Engineering, Associate Professor of the South-Russian State Polytechnical University (NPI), Novocherkassk, Russia, Oksana.osipova9@mail.ru.

TSARITOVA Nadezhda Gennadyevna PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of "Urban Planning, Design of Buildings and Structures" of the South-Russian State Polytechnical University (NPI), Novocherkassk, Russia, ncaritova@yandex.ru.

VOLOSHIN Aleksey Aleksandrovich, postgraduate student of the Department of Urban Planning, Design of Buildings and Structures, South-Russian State Polytechnical University (NPI), Novocherkassk, Russia, alexej.voloshin20015@yandex.ru.

Многие значительные деформации зданий и сооружений объясняются уменьшением прочности замоченных грунтов, особенно, если уровень грунтовых вод непрерывно повышается. В то же время просадочные явления затухают и в грунтах могут происходить только длительные осадки. По результатам проведенных лабораторных испытаний [1] сделаны выводы об изменении режима влажности в глинистых грунтах характерных для города Новочеркаска, происходящим от замачивания поверхностными водами или от подъема грунтовых вод, которое влияет на характеристики грунтов: величина расчетного сопротивления грунта, при

увеличении влажности уменьшается до величин, меньших, чем среднее давление от нагрузок, модуль деформации уменьшается почти равномерно и нелинейно, изменения угла внутреннего трения и сцепления также носят нелинейный характер. Потеря некоторых свойств грунтов при замачивании неблагоприятно сказывается на строительных свойствах этих грунтов.

Список литературы / References

1. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания.

УДК 624.131.43

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКОВОДНОГО ИЛИСТОГО ОСНОВАНИЯ
АГРЕГАТА СБОРА ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ
АНАНЬЕВ Андрей Александрович**

к.т.н., доцент Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия, andrej.3@mail.ru

**DETERMINATION OF STRENGTH AND RHEOLOGICAL
PARAMETERS OF DEEP-WATER SILTY BASE OF THE
FERROMANGANESE NODULER COLLECTION UNIT**

ANANYEV Andrey A.

PhD (Technics); Associate Professor in the Department of Geotechnics, Faculty of Industrial and Civil Engineering, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; Saint Petersburg, Russia, andrej.3@mail.ru

Прогноз сопротивления основания океанского дна в районе Кларион-Клиппертон Тихого океана является одной из актуальных задач обеспечения бесперебойной работы агрегата сбора железомарганцевых конкреций [1]. Тяговый расчет прототипа агрегата сбора предлагается выполнять с использованием регрессионных уравнений упруго-вязкого тела [2]. Для определения прочностных и реологических параметров, входящих в уравнения, используется метод вращательного среза. Образцы океанических илов испытываются в приборе вращательного среза, позволяющим моделировать напряженно-деформированного состояния основания агрегата сбора [3]. Представлены результаты определения удельного сцепления, угла внутреннего трения и коэффициента вязкости покровного слоя донного осадка при тиксотропном упрочнении.

Список литературы / References

1. Deep-seabed mining robot Patania II successfully reconnected – mission continues. URL: <https://www.deme-group.com/news/deep-seabed-mining-robot-patania-ii-successfully-reconnected-mission-continues> (дата обращения: 26.02.2025)
2. Бронин В.Н., Ананьев А.А., 2004. Моделирование взаимодействия естественного грунтового основания дна океана с подвижными механизмами сбора конкреций. Инженерная геология рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане, Труды ВНИИОкеангеологии Минприроды РФ и РАН, Том 197, с. 45-50.
3. А. с. 1481683 СССР, Прибор для определения реологических свойств грунтов /Бронин В.Н., Неизвестнов Я.В., Ананьев А.А. Ленинградский инж.- строит. ин-т и Всесоюз. Науч.- исслед. ин-т геолог. и минер. ресурсов Мирового Океана. - №42430536: Заявлено 13.05.87г.

УДК 624.159.2

МЕТОД СПЛАЙН-ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ОСАДОК ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ

НИКИФОРОВА Надежда Сергеевна

докт. техн. наук, профессор Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, n-nikiforova@yandex.ru

ПИРОГОВ Даниил Дмитриевич

аспирант Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, daniel2000mail@mail.ru

РАЗВОДОВСКИЙ Дмитрий Евгеньевич

канд. техн. наук, Заместитель директора НИИОСП им. Н.М. Герсевича по научной работе, Москва, Россия, 79165206707@yandex.ru

SPLINE INTERPOLATION METHOD FOR ANALYZING BUILDING FOUNDATION SETTLEMENT

NIKIFOROVA Nadezhda S.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, n-nikiforova@yandex.ru

PIROGOV Daniil D.

Postgraduate Student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, daniel2000mail@mail.ru

RAZVODOVSKY Dmitry E.

PhD in Engineering, Deputy Director for Research, N.M. Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures, Moscow, Russia, 79165206707@yandex.ru

Анализ осадок оснований зданий в настоящее время выполняется на основе дискретных измерений, что затрудняет восстановление профиля деформации и учёт изменений между точками наблюдений. В данной работе предложен метод сплайн-интерполяции для построения непрерывного профиля осадок на основе полиномов третьей степени.

Метод обеспечивает непрерывность первой и второй производной, позволяя анализировать углы наклона и кривизну подошвы фундаментов, выявляя зоны концентрации напряжений и потенциальные деформации.

В работе рассмотрен пример реконструкции здания Средних торговых рядов в Москве, где анализ осадок с помощью сплайн-интерполяции позволил выявить критические зоны осадок. Разработанная методика повышает точность оценки осадок и выявления зон риска повреждений конструкции.

УДК 624.152

НЕЛИНЕЙНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ГЛИН ПРИ РЕЖИМНОМ ТРЕХОСНОМ НАГРУЖЕНИИ

КОРОЛЕВА Ирина Владимировна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

NONLINEAR DEFORMATION OF CLAYS UNDER REGIMED TRIAXIAL LOADING

KOROLEVA Irina Vladimirovna

Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

При проектировании оснований фундаментов возникает вопрос о механических характеристиках грунтов, используемых в расчетах по предельным состояниям, особенно, если в качестве внешнего воздействия рассматривается циклическое нагружение. При этом не учитывается фактор «время», что сооружение возводится и эксплуатируется длительный период. Одним из путей решения данного вопроса может быть изучение изменения свойств грунтов во времени [1, 2]. Основной целью данного исследования является выявление особенностей изменения прочности образцов глинистого грунта в условиях трехосного циклического нагружения при разных значениях времени выдержки в эксикаторе до и в процессе нагружения. Задачи исследования – выявление графических зависимостей и закономерностей изменения прочности грунта во времени и обоснование полученных результатов. Результаты. Экспериментальные исследования выполнены на образцах цилиндрической формы, изготовленных из грунта нарушенной структуры. Основными результатами выполненных исследований являются новые данные об изменении прочности образцов в условиях трехосного нагружения зависимости от режима нагружения с учетом времени «выдержки до испытания» и «отдыха в процессе испытания». Выполнен анализ результатов исследований и установлены некоторые закономерности поведения глинистых грунтов при режимных трехосных нагружениях. Выводы. Установление влияния времени на изменение значений предельных вертикальных напряжений в образце глинистого грунта нарушенной структуры в условиях трехосного сжатия является важной задачей для строительной отрасли.

Список литературы / References

1. Королева И.В. Исследование влияния фактора времени на прочность глин // Известия КГАСУ, 2023, № 4(66), с. 53-60, DOI: 10.52409/20731523_2023_4_53, EDN: EPCSQR
2. Mirsayapov, I., Aysin, N. Clay Soil Deformations Under Regime Long-Term Triaxial Compression Taking into Account Initial Defects // Lecture Notes in Civil Engineering. 2023. V. 291. P. 99–108.

УДК 624.154.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ОСАДКИ ТОРФА

ИВАХНОВА Галина Юрьевна

аспирант Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, g.zinovjeva@narfu.ru

НЕВЗОРОВ Александр Леонидович

д.т.н., профессор Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, a.l.nevzorov@yandex.ru

ТУТЫГИН Александр Сергеевич

к.т.н., доцент Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, a.tutygin@narfu.ru

STUDY OF METHODS FOR STABILIZING LONG-TERM PEAT SETTLEMENT

IVAKHNOVA Galina Yu.

Postgraduate Student, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NARFU), Arkhangelsk, Russia, g.zinovjeva@narfu.ru

NEVZOROV Alexander L.

Doctor of Engineering, professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NARFU), Arkhangelsk, Russia, a.l.nevzorov@yandex.ru

TUTYGIN Alexander S.

PhD in technical science, associate professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NARFU), Arkhangelsk, Russia, a.tutygin@narfu.ru

Представлены результаты лабораторных исследований способов стабилизации длительной осадки торфа в основании насыпи, обусловленной вторичной консолидацией. Исследуемый процесс обусловлен удалением связной влаги из микропор растительных остатков, поэтому в качестве веществ-стабилизаторов использовали набухающие высокодисперсные глины и их смеси с вяжущими. Опыты проводились в специально сконструированном компрессионном приборе, в котором при внедрении указанных веществ не допускается разуплотнение образца.

Список литературы / References

1. Tyurin D.A., Nevzorov A.L. Numerical simulation of long-term peat settlement under the sand embankment / 1st International conference on the material point method. Procedia engineering. 2017. Vol.175. Pp.51-56
2. Ивахнова Г.Ю., Невзоров А.Л. Воздействие на ход вторичной консолидации торфа путем его дегидратации с помощью высокодисперсной глины // Издательство МИСИ-МГСУ «Вестник МГСУ» 2023. Том 18, выпуск 2. С. 218-229. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.2.218-229>

СЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ»

УДК 624.131.37, 624.131.439

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛАБЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ В
УСЛОВИЯХ ПРОСТОГО СДВИГА**

МАНГУШЕВ Рашид Александрович

д.т.н., член-корр. РААСН, проф. Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета, Санкт-Петербург, Россия;
гл. науч. сотр. Научно-Исследовательского Института Строительной Физики Российской Академии Архитектурно-Строительных Наук, Москва, Россия,
ramangushev@yandex.ru

ПАСКАЧЕВА Дарья Алексеевна

Аспирант, ассистент Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета, Санкт-Петербург, Россия,
dashaP17012000@yandex.ru

**EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF DEFORMATION
OF SOFT CLAY SOILS UNDER DIRECT SIMPLE SHEAR
CONDITIONS**

MANGUSHEV Rashid A.

Doctor of Engineering, Corresponding Member of the RAASN, Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia;
Chief Research Officer, Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia, ramangushev@yandex.ru

PASKACHEVA Daria A.

Postgraduate student, Assistant, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, dashaP17012000@yandex.ru

Исследование посвящено вопросам изучения деформирования слабых глинистых грунтов Санкт-Петербурга в лабораторных условиях с использованием прибора простого сдвига. Актуальность рассматриваемой темы обусловлена требованиями к повышению точности расчетов грунтов основания в условиях городской застройки. Для достоверной оценки напряженно-деформированного состояния грунтового основания критически важно анализировать особые свойства слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Изучение их специфических свойств удобно проводить в приборах, реализующих напряженно-деформированное состояние основание наиболее близкое к предельному, а

также позволяющих обеспечить многократную повторяемость эксперимента.

Проанализированы основные варианты конструкций приборов простого сдвига. Представлено описание исследуемых грунтов и используемого лабораторного оборудования. Представлены графические результаты проведенных лабораторных испытаний слабых водонасыщенных глинистых грунтов.

Проведено моделирование испытаний в виртуальной лаборатории Soil Test с различными моделями грунтов и интерпретированы основные результаты лабораторных и виртуальных испытаний. Проанализированы возможности различных математических моделей, позволяющие учесть особенности деформирования слабых водонасыщенных грунтов при простом сдвиге.

На основании исследования сделаны выводы о преимуществах испытаний грунтов в условиях простого сдвига. Даны рекомендации по учету исследованных особенностей деформирования образцов грунта в разрабатываемой предложенной математической модели слабого глинистого грунта.

Список литературы / References

1. Andresen, L., Jostad, H.P., 1999. Application of an anisotropic hardening model for undrained response of saturated clay. Presented at the In Proc. NUMOG VII, Graz, Austria, pp. 581–585.
2. Länsivaara, T., 1999. A study of the mechanical behavior of soft clay. Norwegian University of Science and Technology. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2842.0641>
3. Liu, X., Xu, X., Huang, L., Wei, X., Lan, H., 2024. On characteristics of K_0 value and shear behaviour of loess using triaxial test | Scientific Reports. Scientific Reports 12384. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42248-1>
4. Mayne, P.W., 1985. A Review of Undrained Strength in Direct Simple Shear. Soils and Foundations 25, 64–72. https://doi.org/10.3208/sandf1972.25.3_64
5. Polunin, V.M., Kolyukayev, I.S., Gorkina, M.R., 2023. Analytical and numerical methods for determining the stress-strain state of a soil massif for solving a planar problem, in: Smart Geotechnics for Smart Societies. CRC Press, pp. 1991–1998.
6. Wang, Q., Qiu, S., Zheng, H., Zhang, R., 2024. Undrained shear strength prediction of clays using liquidity index. Acta Geotechnica 19, 4325–4342. <https://doi.org/10.1007/s11440-023-02107-9>

7. Васенин, В.А., 2018. Оценка закономерностей изменения физических свойств глинистых отложений на территории Санкт-Петербурга и их связь с механизмами переуплотнения. Геотехника X.
8. Дашко, Р.Э., Александрова, О.Ю., Котюков, П.В., Шидловская, А.В., 2011. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга. Развитие городов и геотехническое строительство 1, 1–47.
9. Мангушев, Р.А., Башмаков, И.Б., Паскачева, Д.А., 2024. Численное моделирование разработки котлована с учетом региональных особенностей механического поведения грунтов основания. Construction and Geotechnics 15, 56–67. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2024.3.05>
10. Федоровский, В.Г., 1985. Современные методы описания механических свойств грунтов, Строительство и архитектура. ВНИИИС, М.

УДК 624.131.436.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ**

ШАРАФУТДИНОВ Рафаэль Фаритович

к.т.н., директор НИИОСП им. Н.М. Герсеевского, Москва, Россия,
linegeo@mail.ru

ШУЛЯТЬЕВ Олег Александрович

д.т.н., заведующий лабораторией освоения подземного пространства городов №35,
niiosp35@yandex.ru

БАСАКИН Егор Борисович

Инженер сектора геотехники линейных подземных сооружений лаборатории освоения подземного пространства городов №35, НИИОСП им. Н.М. Герсеевского, Москва, Россия, EGOR-3002@mail.ru

**STRENGTH PROPERTIES DETERMINATION OF FROZEN SOILS
USING TRIAXIAL TEST**

SHARAFUTDINOV Rafael F.

Candidate of Technical Sciences, Director of Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures (NIIOSP), Moscow, Russia, linegeo@mail.ru

SHULYATYEV Oleg A.

Doctor of Engineering, Head of Laboratory for Urban Underground Space Development No. 35, niiosp35@yandex.ru

BASAKIN Egor B.

Engineer, Geotechnics Sector for Linear Underground Structures, Laboratory for Urban Underground Space Development No. 35, Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures, Moscow, Russia, EGOR-3002@mail.ru

Развитие энергоэффективных технологий в геотехнике является актуальной задачей современной строительной отрасли. Широко применяемые в Китае, Сингапуре, Канаде и Европе системы геотермального отопления и охлаждения сооружения и энергосберегающие фундаменты позволяют снизить энергопотребление зданий и сооружений, но при этом оказывают влияние на тепловой режим грунтов основания. Изменение температуры грунта, вызванные работой энергоэффективных геотехнических конструкций может существенно влиять несущую способность и деформируемость грунта.

В докладе представлены результаты исследования влияния температуры на деформационные характеристики грунтов в условиях трехосного сжатия. Установленные зависимости позволяют оценить изменение модуля деформации грунта при эксплуатации энергосберегающих фундаментов и позволяют учитывать температурные факторы при проектировании оснований сооружений.

УДК 624.131.37

МИКРОСТРУКТУРНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОЛЗУЧЕСТИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

МАРИНИЧЕВ Максим Борисович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета
им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия, marinichev@list.ru

ЛЯШЕНКО Павел Алексеевич

к.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета
им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия, lyseich1@yandex.ru

ДЕНИСЕНКО Виктор Викторович

к.т.н., доцент Кубанского государственного технологического
университета, Краснодар, Россия, denvivi@yandex.ru

MICROSTRUCTURAL MECHANISM OF CLAY SOIL CREEP

MARINICHEV Maxim B.

Doctor of Technical Sciences, professor, Kuban State Agrarian University
named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia, marinichev@list.ru

LYASHENKO Pavel A.

Candidate of Technical Sciences, professor, Kuban State Agrarian University
named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia, lyseich1@yandex.ru

DENISENKO Viktor V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State
Technological University, Krasnodar, Russia, denvivi@yandex.ru

Наблюдение за ползучестью оснований фундаментов является важной частью мониторинга зданий и сооружений. В процессе сдвиговых деформаций отдельные элементы и их группы могут совершать как поступательное, так и вращательное движение [1]. В многофазном глинистом грунте происходят два взаимно компенсирующих явления: упрочнение и разупрочнение. Моменты скачков скорости ползучести и соответствующие деформации определяются экспериментально при непрерывном наблюдении за деформацией грунтового тела. Рассмотрена ползучесть образца полутвёрдого суглинка ненарушенной структуры. Её механизм представлен двухпараметрической микроструктурной моделью. Деформации грунтового тела являются следствием перемещений микроагрегатов по поверхностям скольжения под действием разности максимальных касательных напряжений и вязкого трения в микропорах. Преодоление сопротивления крупных включений перемещению вызывает

отклонение физической поверхности скольжения от поверхности максимальных касательных напряжений и сопровождается скачком скорости ползучести [2, 3]. Одновременное образование скачков на многих поверхностях скольжения может вызвать заметное приращение осадки основания сооружения [4]. Построена микроструктурная модель процесса ползучести глинистого грунта, основанная на представлении: компрессионного сжатия как разрушения грунта сдвигами по поверхностям скольжения; сдвига как перемещения микроагрегатов по поверхности скольжения с преодолением наиболее крупных зёрен на ней, отклоняющих физическую поверхность скольжения от поверхности максимальных касательных напряжений; ползучести при постоянной внешней нагрузке как проявления сдвигов при неуравновешенности максимальных касательных напряжений вязким трением в микропорах. При этом скорость ползучести увеличивается скачком в момент преодоления микроагрегатами наиболее крупных зёрен. Деформация ползучести описывается S-образной функцией времени, отражающей увеличение плотности поверхностей скольжения в образце грунта. Спонтанное увеличение скорости ползучести на поверхностях скольжения может вызвать повышение их плотности в основании фундамента и, как следствие, приращение его осадки.

Список литературы / References

1. Тер-Степанян Г. И., Месчан С. Р., Галстян Р. Р. Исследование ползучести глинистых грунтов при сдвиге // Труды международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению. М. : Изд-во Стройиздат, 1973. С. 51–63.;
2. Ляшенко П. А. Сопротивление и деформации глинистого грунта : монография. Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2014. 161 с.;
3. Ляшенко П. А., Денисенко В. В. Исследование грунтов методом постоянно возрастающей нагрузки : монография. Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2018. 189 с.;
4. Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М. : Изд-во МГУ, 1979. 235 с.

УДК 691.175.743

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

ИВАНОВ Антон Владимирович

инженер-исследователь ООО «НПП Геотек», Пенза, Россия,
a.79631052167@yandex.ru

БОЛДЫРЕВ Геннадий Григорьевич

д.т.н., профессор Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, g-
boldyrev@geotek.ru

METHODS OF TESTING AND DATA PROCESSING

IVANOV Anton V.

Research engineer, NPP Geotek LLC, Penza, Russia,
a.79631052167@yandex.ru

BOLDYREV Gennadii G.

Doctor of Engineering, professor, Saint Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering, Sankt Petersburg, Russia, g-
boldyrev@geotek.ru

Испытания дисперсных и скальных грунтов, мерзлых грунтов проводят различными методами с использованием соответствующих приборов и устройств. Эти испытания проводят как в лабораторных, так и полевых условиях. В статье приведена классификация методов испытаний грунтов при статическом и динамическом нагружении. Рассмотрены приборы и устройства необходимые для реализации методов испытаний.

Приведены методы статистической обработки данных испытаний и их использование при построении цифровых моделей.

УДК 624.195

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕБОРА
НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ $V_{L,LSR}$ ПРИ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКЕ**

ТЕР-МАРТИРОСЯН Армен Завенович

доктор технических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия, gic-mgsu@mail.ru

ТИХОНИЮК Иван Александрович

аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия, i@tikhoniuk.ru

**NUMERICAL METHODS FOR THE APPLICATION OF THE
METHODOLOGY FOR VOLUME LOSS OF DISJOINT SOILS $V_{L,LSR}$
DURING SHIELD TUNNELING**

TER-MARTIROSYAN Armen Z.

doctor of technical sciences, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russia, gic-mgsu@mail.ru

TIKHONIUK Ivan A.

postgraduate student of Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia, i@tikhoniuk.ru

Разработанная методика определения коэффициента перебора несвязных (сыпучих) грунтов $V_{L,LSR}$, основанная на взаимосвязи технологических параметров проходки и механических характеристиках грунтов методом прямой валидации при расчетах эмпирическими методами и численном моделировании для вычисления дополнительных осадок сооружений при тоннелепроходческих работах для строительства тоннелей мелкого заложения в дисперсных грунтах для сравнения различных объектов с известными результатами полевых измерений (мониторинга).

Список литературы / References

1. Тихонюк И.А., Филатов Ю.В., 2022. Определение комплексного коэффициента перебора грунта при щитовой проходке метрополитена. Геотехника. Том XIV, №1/2022, с. 30-48. DOI: <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2022-14-1-30-48>.
2. Протождяконов М. Давление горных пород на рудничную крепь // Горный журнал. – 1909. – Кн. 7.
3. Bieniawski Z.T., 1989. Engineering rock massive classifications. Wiley, New York, USA.

4. Тер-Мартirosян А.З., Исаев И.О., Алмакаева А.С., 2020b. Определение фактического коэффициента перебора (участок «Стахановская улица» – «Нижегородская улица»). Вестник МГСУ, Том 15, № 12, -с. 1644–1653. DOI: <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.12.1644-1653>.
5. Peck R.B., 1969. Deep excavation and tunnelling in soft ground. State of the art report //Proc 7th Int Conf SMFE. - Mexico City, -pp.147-150.
6. Lee C.J., Wu, B.R., Chiou, S.Y., 1999. Soil movements around a tunnel in soft soils. Proc. Nat. Sci. Council, Part A: Phys. Sci. Eng. 23 (2). -pp.235–247.
7. O'Reilly M.P. and New B.M., 1982. Settlements above tunnels in the United Kingdom – Their magnitude and prediction, Tunnelling '82, -pp.173-181.
8. Тупиков М.М., 2010. Особенности деформирования грунтового массива и сооружений при строительстве мелкозаглубленных коммуникационных тоннелей в городских условиях / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. ГОУ ВПО РУТ «МИИТ», Москва. -с.184.
9. Chakeri H. and Ünver B., 2014. A new equation for estimating the maximum surface settlement above tunnels excavated in soft ground. Environmental Earth Sciences, 71(7), -pp.3195-3210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2707-2>.
10. Wang F., Miao L., Yang X., Du Y.J. & Liang F.Y. (2016). The volume of settlement trough change with depth caused by tunnelling in sands. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(7), -pp.2719-2724. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0250-x>.
11. Рекомендации «Оценка влияния проходки коллекторов на осадки окружающих зданий и подземных сооружений». М., АНО АНТЦ РААСН, 2007 г., -с.195.

УДК 624.13

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ

МАНГУШЕВ Рашид Александрович

д.т.н., член-корр. РААСН, проф. Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета, Санкт-Петербург, Россия;
гл. науч. сотр. Научно-Исследовательского Института Строительной Физики Российской Академии Архитектурно-Строительных Наук, Москва, Россия,
ramangushev@yandex.ru

КВАШУК Алина Витальевна

Старший преподаватель Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета, Санкт-Петербург, Россия

CONSIDERATION OF THE INFLUENCE OF OIL PRODUCT CONTAMINATION ON SANDY SOILS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF BUILDING FOUNDATIONS

MANGUSHEV Rashid A.

Doctor of Engineering, Corresponding Member of the RAASN, Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia;
Chief Research Officer, Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia, ramangushev@yandex.ru

KVASHUK Alina V.

Senior lecturer, Assistant, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, dashaP17012000@yandex.ru

Представлены результаты лабораторных исследований изменения физико-механических характеристик песчаных грунтов разной крупности при взаимодействии с нефтепродуктами. Разработано обоснование изменения параметров напряженно-деформированного состояния песчаных оснований в случае их загрязнения нефтепродуктами, а также увеличения времени стабилизации осадок фундаментов на песчаном основании с учетом изменения коэффициента фильтрации и коэффициента относительной сжимаемости грунта. Выполнен сравнительный анализ результатов определения конечной осадки аналитическим методом механики грунтов и численным методом с использованием ПК Plaxis.

УДК 624.131.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОПОЛЗУЧЕСТИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ
ПРИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В
ПРИБОРЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ**

ВАГУРИНА Александра Викторовна

инженер, старший лаборант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, alexandra.vagurina@yandex.ru

МЧЕДЛИДZE Константин Вахтангович

магистрант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, costya.mchedlidze@yandex.ru

МАЛЫЦЕВА Ксения Андреевна

аспирант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, ksenia2300@mail.ru

ЗАВОДЧИКОВА Мария Борисовна

к.т.н., доцент Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, zvmaria@mail.ru

**RESEARCH OF VIBROCREEP OF SANDY SOILS UNDER LOW-
FREQUENCY VIBRATION EFFECTS IN A DEVICE OF DYNAMIC
TRIAXIAL COMPRESSION**

VAGURINA Alexandra Viktorovna

Engineer, Laboratory Assistant, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, alexandra.vagurina@yandex.ru

Mchedlidze Konstantin Vakhtangovich

Master's Degree Student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, costya.mchedlidze@yandex.ru

MALTSEVA, Ksenia Andreevna

Postgraduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, ksenia2300@mail.ru

ZAVODCHIKOVA Maria Borisovna

Ph.D., Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, zvmaria@mail.ru

Динамическое воздействие на грунты основания оказывают многочисленные источники вибрации – транспорт, строительная техника, технологическое оборудование, землетрясения и т.д. [7]. Динамические воздействия приводят к образованию дополнительных деформаций, вызванных явлением виброползучести [1]. По мере уплотнения грунтов

происходит перераспределение поровых давлений, что может привести грунт в состояние тяжелой жидкости.

Исследованию виброползучести и динамической разжижаемости песчаных грунтов посвящены работы многих отечественных ученых – Вознесенского Е.А., Мирсаяпова И.Т., Королевой И.В., Тер-Мартirosяна А.З., Полунина В.М. [1-7]. Разжижение водонасыщенного песчаного грунта связано с быстрым нарастанием порового давления на фоне уплотнения грунта вплоть до исчезновения эффективных напряжений. Динамическая нагрузка разрушает структурные связи грунта, вследствие чего он теряет прочность и переходит в текучее состояние [7].

В рамках данной работы было проведено лабораторное исследование динамических характеристик песчаных грунтов средней и мелкой фракции в приборе динамического трехосного сжатия. Исследуемые частоты динамического воздействия и количество циклов колебаний варьировались в диапазоне 1 - 3 Гц и 1000 – 10000 циклов соответственно. Испытания завершались при условии достижения максимального количества циклов $N = 10000$, либо при разжижении песчаного образца.

Эксперимент показал, что по мере увеличения количества пройденных циклов, наблюдается прирост относительных деформаций по линейному закону (рис.1).

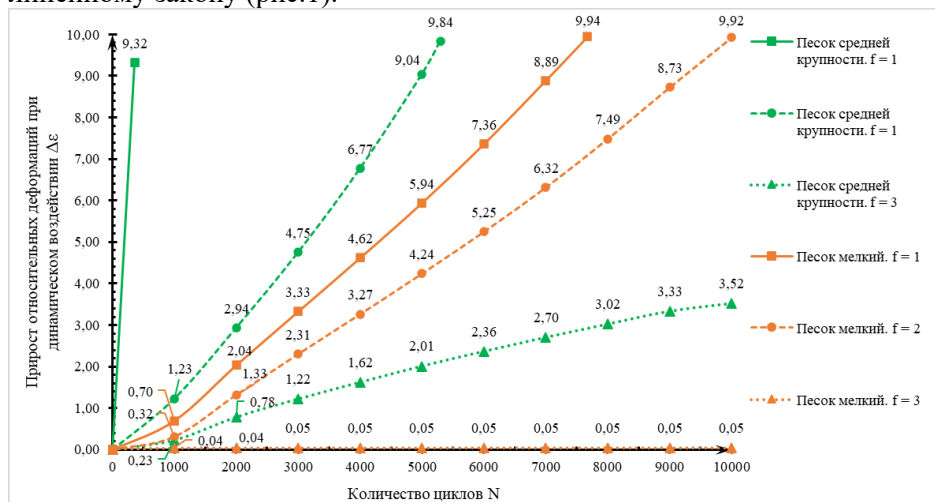


Рис. 1. Прирост относительных деформаций песчаных образцов после приложении динамической нагрузки

Пески средней крупности более подвержены динамическому воздействию, чем мелкие в диапазоне исследуемых частот (1 – 3 Гц). Частота динамического воздействия влияет на интенсивность развития деформаций виброползучести и на степень риска динамической

разжижаемости. По мере снижения частоты динамического воздействия наблюдается рост риска разжижения образца. Интенсивность развития деформаций виброползучести возрастает со снижением частоты колебаний. Величина относительных деформаций прямо пропорциональна количеству циклов нагружений.

Полученные в рамках работы результаты соотносятся с результатами отечественных исследователей. В рамках дальнейших исследований рассматривается проведение испытаний при больших частотах.

Список литературы / References

1. Полунин, В. М. Прогноз дополнительных деформаций зданий и сооружений в процессе высокочастотного вибрирования шпунтовых свай / В. М. Полунин // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 2(91). – С. 74-82. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82. – EDN EAVFFL
2. Мангушев, Р. А. Оценка динамического воздействия от вибропогружения шпунтовых свай на здания окружающей застройки в условиях слабых водонасыщенных грунтов / Р. А. Мангушев, А. В. Гурский, В. М. Полунин // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 102-116. – DOI 10.15593/2224-9826/2020.3.09. – EDN XNHSXQ.
3. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В., Сабирзянов Д.Д. Деформации глинистых грунтов при режимном циклическом и длительном статическом нагружениях / И.Т. Мирсаяпов, И.В. Королева, Д.Д. Сабирзянов // Геотехника. Теория и практика. Общероссийская конференция молодых ученых, научных работников и специалистов: межвузовский тематический сборник трудов; СПбГАСУ. - 239 с.
4. Тер-Мартirosян Армен Завенович, Соболев Евгений Станиславович Безопасность эксплуатации оснований зданий и сооружений при динамическом воздействии // Вестник МГСУ. 2017. №5 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-ekspluatatsii-osnovaniy-zdaniy-i-sooruzheniy-pri-dinamicheskom-vozdeystvii> (дата обращения: 14.01.2025).
5. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Соболев Е.С. Ползучесть и виброползучесть песчаных грунтов. «Инженерные изыскания», №5-6/2014, С. 24-28
6. Вознесенский Е.А. Динамические испытания грунтов. Состояние вопроса и стандартизация. «Инженерные изыскания», №5/2013, С. 20-27
7. Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках. Учебное пособие. – М.: Изд-ва МГУ. 1997 – 288 с.

УДК 624.154.1

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ВТОРИЧНОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ИЛА ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

ПАТРАКЕЕВА Юлия Михайловна

Старший преподаватель Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, glebovaulia@yandex.ru

НЕВЗОРОВ Александр Леонидович

Доктор технических наук, профессор Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, a.l.nevzorov@yandex.ru

EVALUATION OF THE CLAY SECONDARY COMPRESSION INDEX BASED ON LABORATORY TESTS AND FIELD MONITORING DATA PATRAKEEVA Yuliya M.

Senior lecturer, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia, glebovaulia@yandex.ru

NEVZOROV Alexandr L.

DSc, Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia, a.l.nevzorov@yandex.ru

Представлены данные натурных наблюдений за осадкой жилых домов в г. Северодвинске. Особенностью территории является присутствие в основании многометровых толщ переслаивающихся илов. Коэффициенты вторичной консолидации указанных грунтов получены методом решения обратной задачи с помощью численного моделирования оснований зданий. Полученные значения коэффициентов сопоставляются с данными статистической обработки длительных лабораторных испытаний илов. Сделан вывод о необходимости корректировки параметров вторичной консолидации.

Список литературы / References

1. Васенин В.А., Шашкин А.Г. Осадки зданий на слабых глинистых грунтах (на примере застройки Санкт-Петербурга) // Геотехника. – 2018. – Том X. – № 4. – с. 32–44.
2. Глебова Ю.М., Невзоров А.Л. Регрессионный анализ индекса компрессии отложений ила на побережье Белого моря // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 18–33. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.2.02.
3. Глебова Ю.М., Невзоров А.Л., Никитин А.В. Вторичная консолидация илов беломорского побережья Архангельской области // Известия вузов. Строительство. – 2023 – №7. С.15-27. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-775-7-15-27.

УДК 624.13

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБОРА КОЛЬЦЕВОГО СРЕЗА В ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

РЕМИЗОВА Надежда Вячеславовна

ассистент Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, nadevya@yandex.ru

APPLICATION OF THE RING CUT DEVICE IN ASSESSING THE STRENGTH PROPERTIES OF SOILS

REMIZOVA N. V.

Assistant, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia, nadevya@yandex.ru

Метод кольцевого среза используется для оценки пространственной изменчивости прочностных характеристик грунта [1-4]. В ходе исследования установлена зависимость параметра Лоде от касательных напряжений, вертикальных перемещений и угла закручивания, а также связь с углом дилатансии.

Сравнение с трехосными испытаниями песчаных образцов выявило существенные расхождения, включая разницу в удельном сцеплении до 100%. Применённая методика соответствует подходу Зарецкого Ю. К. и подтверждает её пригодность для анализа сложных напряжённых состояний [5].

Список литературы / References

1. Рубцова М. В., Клевеко В.И. Анализ возможности использования приборов трехосного сжатия для изучения прочностных и деформационных характеристик армированных грунтов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 4. – С. 143–150. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.14
2. Wang G., Wang Z., Ye Q., Zha J. Particle breakage evolution of coral sand using triaxial compression tests // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2021. Vol. 13. Issue 2. Pp. 321–334. DOI: 10.1016/j.jrmge.2020.06.010
3. Мамаева А.А., Клевеко В.И. Исследование характеристик кинетического песка с помощью установки трехосного сжатия // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2021. Т. 2. С. 48–54. EDN DZBZQE.
4. Шулятьев О.А., Исаев О. Н., Шарафутдинов Р.Ф., Морозов В. С., Закатов Д.С. Лабораторные исследования влияния напряженного состояния на деформационные характеристики песчаных грунтов // Вестник НИЦ «Строительство». 2019. № 20 (1). С. 140–154. EDN YVTYXZ.
5. Мирный, А. Ю. Описание и параметры моделей А.И. Боткина и Ю.К. Зарецкого / А. Ю. Мирный, А. С. Мосина // Геоинфо. – 2024. – Т. 6, № 9. – С. 26–30. – DOI 10.58339/2949-0677-2024-6-9-26-30. – EDN BLQPBI.

УДК 624.131.3

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ДОСТОВЕРНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА ЮГЕ
ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

МЕЛЬНИКОВ Роман Викторович

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
melnikovrv@tyuiu.ru

**ASSESSMENT OF THE QUALITY AND RELIABILITY OF
MECHANICAL CHARACTERISTICS OF LABORATORY SAMPLES
DURING ENGINEERING AND GEOLOGICAL SURVEYS IN THE
SOUTH OF TYUMEN REGION**

MELNIKOV Roman V.

Associate Professor at Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia,
melnikovrv@tyuiu.ru

Одной из основ надежности и долговечности объектов капитального строительства является качество проектирования, которое в свою очередь опирается на результаты инженерно-геологических изысканий. На достоверность результатов существенно влияет качество образцов грунта, поступающих в лабораторию. Проводилась оценка качества лабораторных образцов грунта по методике Терцаги для повышения надежности результатов лабораторного определения механических характеристик. Исследовались 2005 паспортов лабораторных испытаний образцов грунтов в 44 отчетах по инженерно-геологическим изысканиям, выполненных 27 изыскательскими организациями с 2012 по 2024 годы.

Установлено, что вне зависимости от вида глинистого грунта на его качество влияет консистенция. Глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции лучше, чем грунты с более высокими показателями текучести сохраняли природную структуру. Влияние повышения консистенции на снижение качества образцов грунта наиболее выражено для глин, чем для суглинков. С увеличением глубины отбора происходит ухудшение качества. До 75% образцов хорошего качества находятся на глубине до 9,0м и только для них можно надежно определять механические характеристики.

В паспортах грунтов одометрический модуль деформации

определялся в диапазоне давлений 100-200 кПа от начала испытания, а не после реконсолидации. Для каждого образца определялось бытовое давление и затем вычиталось из максимального давления компрессионного сжатия. В отчетах по ИГИ, независимо от глубины отбора образца грунта и достижения стадии реконсолидации были определены одометрические модули деформации E_{oed} в диапазоне давлений 100-200 кПа. Установлено, что вне зависимости от вида грунта и его консистенции с увеличением глубины отбора образца не происходит изменение одометрического модуля деформации. Сжимаемость грунтов оказывается практически одинаковой как для образцов глинистых грунтов, отобранных в приповерхностных слоях (до 3,0 м), так и для образцов с глубинных слоев (от 20,0 м). Значение одометрических модулей деформации глинистых грунтов находились в диапазоне 3,0-6,0 МПа и не зависели от консистенции и начального коэффициента пористости.

Таким образом, изменение модуля деформации E для глинистых грунтов в отчетах ИГИ, в большей степени зависело от повышающего коэффициента m_{oed} , чем от результатов компрессионных испытаний.

УДК 624.131.524.3: 624.131.526: 624.131.383

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ГРУНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ШТАМПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ**

ТЕР-МАРТИРОСЯН Армен Завенович

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), Москва, Россия, gic-mgsu@mail.ru

ФИЛИПPOB Кирилл Александрович

аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), Москва, Россия, 4155599@gmail.com

**METHOD OF DETERMINING OF STRENGTH PARAMETERS OF
SOILS BASED ON THE RESULTS OF PLATE LOAD TESTS**
TER-MARTIROSYAN Armen Z.

Doctor of Sciences, professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia, gic-mgsu@mail.ru

FILIPPOV Kirill A.

Post-Graduate student, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia, 4155599@gmail.com

Для определения механических параметров грунтов основания современная изыскательская практика насчитывает множество полевых и лабораторных методов. Методы развиваются вместе с техническими возможностями и теоретической базой в области механики грунтов. Один из методов, имеющих перспективы изучения и развития - штамповые испытания.

В докладе представлены результаты исследования, посвященного разработке методики, позволяющей определить прочностные параметры грунта по результатам штамповых испытаний. Методика включает рекомендации по проведению испытаний и по обработке результатов для получения прочностных параметров, которые могут быть использованы в различных диапазонах средних напряжений за счет корректировки, вводимой для учета масштабного эффекта (нелинейности графика прочности). На основании представленной методики разработана программа, позволяющая в автоматическом режиме выполнять подбор прочностных параметров и скорректировать их в зависимости от введенного пользователем значения средних напряжений, для которого необходимо получить данные. Представлены результаты работы программы на примере проведённых модельных испытаний штампов, их описание и сравнение с результатами лабораторных испытаний грунта.

УДК 631.43

**ХАРАКТЕРИСТИКА РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ
УРБАНОЗЁМОВ ГОРОДОВ СЫКТЫВКАР, МОСКВА,
КРАСНОДАР, СОЧИ**

АРАКЕЛОВА Лариса Игоревна

Техник кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, arakelovali@my.msu.ru

УМАРОВА Аминат Батальбиевна

Докт. биол. наук, профессор, зав. кафедрой физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, a.b.umarova@gmail.com

**CHARACTERISTICS OF RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF URBAN
SOILS IN SYKTYVKAR, MOSCOW, KRASNODAR, SOCHI**

ARAKELOVA Larisa I.

Technician, Department of Physics and Soil Reclamation, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, arakelovali@my.msu.ru

UMAROVA Aminat B.

Doct. Biol. sciences, Professor, Head of the Department of Physics and Soil Reclamation, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, a.b.umarova@gmail.com

Почвы в городе выполняют множество важных функций. Реологический метод исследования почвы дает информацию о ее прочностных свойствах на уровне микроструктуры, что дает возможность оценить ее устойчивость к механической нагрузке, распространенной в городских условиях в связи с большой численностью населения. Исследованы свойства почв урбаноземов городов Сыктывкар, Москва, Краснодар, Сочи. Верхние горизонты почвенных профилей имеют повышенные содержания углерода и песчаных фракций по сравнению с фоновыми. Выявлены различия в реологических характеристиках городских почв. Профиль краснодарского урбощернозема показал длительное сохранение вязкоупругого состояния к внешней нагрузке по сравнению с остальными исследованными почвами. Высокие значения Crossover урбостратозема г. Сочи свидетельствуют об устойчивости структурных связей, отмечаемые по всему профилю. Снижение значений модуля упругости и диапазона линейной вязкоупругой деформации с глубиной наблюдается в урбаноземах г. Москва и Сочи.

УДК 624.131

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ГЛИН В УСЛОВИЯХ ТРЕХОСНОГО РЕЖИМНОГО НАГРУЖЕНИЯ

ХУСАЕНОВА Гульназ Григорьевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khusaenova.g@bk.ru

КОРОЛЕВА Ирина Владимировна

к.т.н., доцент, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ofdsiig.koroleva@bk.ru

DEFORMATION OF CLAY IN THE CONDITIONS OF THE TRIAXIAL REGIME LOADING

KHUSAENOVA Gulnaz G.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khusaenova.g@bk.ru

KOROLEVA Irina V.

Candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ofdsiig.koroleva@bk.ru

Данных об испытании грунта при повторном нагружении в научной литературе нет, поэтому эта работа актуальна в плане разработки схемы поведения грунта при вторичной нагрузке (эксплуатации здания, снос старого объекта, реконструкций и так далее), что даст возможность предугадать характер разрушения основания и предпринять необходимые меры по его предотвращению при проектировании зданий.

На кафедре ОФДСиИГ КазГАСУ были проведены испытания образцов нарушенной структуры с первой стадией нагружения и без нее. Благодаря проведенным испытаниям были получены значения вертикальной и радиальной деформаций образцов грунта нарушенной структуры, зависимость вертикальных деформаций от величины девиаторных нагрузок, установлена форма разрушения образцов.

**СЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ МЕРЗЛЫХ И ОТТАИВАЮЩИХ ГРУНТОВ»**

УДК 624.131.3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МЕРЗЛЫХ
ГРУНТОВ МЕТОДОМ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ**

ШАРАФУТДИНОВ Рафаэль Фаритович

к.т.н., директор НИИОСП им. Н.М. Герсевича, Москва, Россия,
linegeo@mail.ru

АЛЕКСЕЕВ Андрей Григорьевич

д.т.н., начальник Центра геокриологических и геотехнических исследований,
adr-alekseev@yandex.ru

ГРЕЧИЩЕВА Эрика Станиславовна

заведующий Сектором лабораторных исследований мерзлых грунтов,
cryoerika@mail.ru

МАХОТА Роман Владимирович

старший инженер-геолог Сектора лабораторных исследований мерзлых
грунтов, makhota_roman@outlook.com

**STRENGTH PROPERTIES DETERMINATION OF FROZEN SOILS
USING TRIAXIAL TEST**

SHARAFUTDINOV Rafael F.

Candidate of Technical Sciences, Director of Gersevanov Research Institute of
Bases and Underground Structures (NIIOSP), Moscow, Russia, linegeo@mail.ru

ALEKSEEV Andrey G.

D. Sc., Head of the Centre for Geocryological and Geotechnical Surveys, adr-
alekseev@yandex.ru

GRECHISCHEVA Erika S.

Head of the Laboratory of frozen soils researches, cryoerika@mail.ru

MAKHOTA Roman V.

Senior engineer-geologist, Laboratory of frozen soils researches,
makhota_roman@outlook.com

Длительная прочность грунтов является одной из главных проблем при строительстве на многолетнемерзлых грунтах. Традиционно, она определяется на основе одноосного сжатия и включает модифицированный прочностной параметр по теории прочности Мизеса или Треска, зависящий от времени, но не зависящий от напряжённого состояния. Подобных теорий достаточно для легких сооружений, которые активно строятся в зоне распространения мерзлых грунтов. Однако, для сложных сооружений с

высокими нагрузками требуется использование более комплексного критерия прочности, зависящего от напряжённого состояния и времени действия нагрузки. Параметры теорий прочности, учитывающих зависимость от напряженного состояния (например, Мора-Кулона, Мизеса-Боткина или Друкера-Прагера) определяются на основе осесимметрического трехосного сжатия.

Испытание мерзлых грунтов в условиях трехосного сжатия может выполняться в ступенчатом и кинематическом режиме. Однако, для мерзлых грунтов при ступенчатом нагружении прочность зависит от времени выдержки ступени, что говорит о том, что этот тип нагружения не обладает необходимой инвариантностью результатов испытаний. Подобного недостатка лишён метод в проведения испытаний в кинематическом режиме.

В докладе приведены результаты исследований прочности методом трехосного сжатия мерзлых грунтов. Исследование включало испытания ряда грунтов как в статическом, так и в кинематическом режимах. Особое внимание уделено проведению испытаний и алгоритмам обработки результатов при кинематическом режиме.

Испытания проведены на модельных грунтах: песке средней крупности, пылеватом песке, суглинке легком. Влажность и плотность образцов задавалась таким образом, чтобы степень водонасыщения составляла не менее 0,8 д.е. Для всех испытаний выбраны идентичные условия: боковое давление составило 0,1, 0,3 и 0,5 МПа, скорость деформирования образца – 0,1 мм/мин, 0,01 мм/мин и 0,001 мм/мин. Критерием завершения испытания являлось значение 20% относительной вертикальной деформации. Всего проведено свыше 100 испытаний длительностью от 20 минут до 13 суток в кинематическом режиме и от 10 до 21 суток в статическом режиме.

Результаты лабораторных исследований обобщены зависимости прочности образца от времени до его разрушения. Предложена методика определения длительной прочности мерзлых грунтов на основе серии краткосрочных испытаний.

УДК 624.131.7, УДК 624.139.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ОТТАИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ

ПОНОМАРЕВ Андрей Будимирович

д.т.н., проф. Санкт-Петербургского горного университета, Санкт-Петербург, Россия; andreyrab@mail.ru

КОРАБЛЕВ Денис Сергеевич

Аспирант, ассистент Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета, Санкт-Петербург, Россия, , d.korablv@yandex.ru

EXPERIMENTAL STUDIES OF THAWING DEFORMATIONS IN COMPRESSION TESTS

PONOMAREV Andrey B.

Doctor of Engineering, Professor, Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia; andreyrab@mail.ru

KORABLEV Denis S.

Postgraduate student, Assistant, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, d.korablv@yandex.ru

Практически две трети территорий Российской Федерации расположены на территориях, сложенных многолетнемерзлыми грунтами. Строительство зданий и сооружений в криолитозоне предполагает учет дополнительных факторов риска, связанных со структурной неустойчивостью многолетнемерзлых грунтов при оттаивании. В настоящее время возведение значительной части зданий сооружений в условиях многолетней мерзлоты производится с сохранением мерзлого состояния грунтового массива в течение всего срока строительства и эксплуатации объектов строительства. Сложность прогнозирования деформаций оттаивания грунтового массива, невозможность оценки рисков при развитии осадок оттаивания предопределяет разработку сложных и дорогостоящих технических решений для сооружений в криолитозоне, а также не позволяет оценить возможность развития аварийных ситуаций во времени.

В настоящей работе рассматриваются механические принципы поведения многолетнемерзлых грунтов при изменении их температурного режима. Представлено описание исследуемых грунтов и используемого лабораторного оборудования. Приведены результаты выполненных лабораторных исследований деформаций оттаивающих грунтов. Приведены результаты численных экспериментов определения осадки оттаивания. Даны рекомендации об учете исследованных особенностей деформирования образцов оттаивающего грунта в разрабатываемой

математической модели оттаивающего грунта.

Список литературы / References

1. Kotov P. I. Building stability on permafrost in Vorkuta, Russia / P. I. Kotov, V. Z. Khilimonyuk // *Geography, Environment, Sustainability*. – 2021. – Т. 14. – № 4. – С. 67-74.
2. Сахаров И. И. Пространственные и деформационные расчеты при усилении оснований объектов криолитозоны / И. И. Сахаров. – Текст : электронный // *Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике*. – 2021. – С. 370-373.
3. Цытович Н. А. Основания механики мерзлых грунтов / Н. А. Цытович, М. И. Сумгин. – АН СССР. – Москва, 1937. – 432 с.
4. Kotov P. I. The influence of thawing and consolidation conditions on the deformation properties of thawing soils / P. I. Kotov, L. T. Roman, M. N. Tsarapov // *Moscow University Geology Bulletin*. – 2017. – Vol. 72. – № 2. – P. 153-158.
5. Qi J. State-of-the-art of influence of freeze-thaw on engineering properties of soils / J. Qi, G. Cheng, P. A. Vermeer // *Advances in Earth Science*. – 2005. – Т. 20. – С. 887-894.
6. Котов П. И. Влияние условий оттаивания и уплотнения на деформационные характеристики оттаивающих грунтов / П. И. Котов, Л. Т. Роман, М. Н. Царапов // *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*. – 2017. – № 1. – С. 58-63.
7. Использование метода конечных элементов в решении задач геотехники / С. А. Кудрявцев, В. Н. Парамонов, И. И. Сахаров, А. Г. Шашкин. – Хабаровск : Издательство ДВГУПС, 2014. – 162 с.
8. Цытович Н. А. К расчету осадок фундаментов на оттаивающих грунтах / Н. А. Цытович // *Тр. ЛИСИ*. – 1941. – № 3. – С. 15-21.
9. Гольдштейн М. Н. Деформации земляного полотна и оснований сооружений при промерзании и оттаивании / М. Н. Гольдштейн // М.: Трансжелдориздат. – 1948.
10. Пчелинцев А. М. Прогноз осадки при оттаивании вечномерзлых грунтов / А. М. Пчелинцев // *Труды Игарской мерзлотной станции*. М.: Изд-во АН СССР. – 1954. – С. 7-21.
11. Бакулин Ф. Г. Деформации мерзлых дисперсных грунтов при оттаивании / Ф. Г. Бакулин, В. Ф. Жуков // *Изв. АН СССР. ОТК*. – 1955. – № 7. – С. 132-136.
12. Бакулин Ф. Г. Физические явления и процессы в оттаивающих грунтах / Ф. Г. Бакулин, Б. А. Савельев, В. Ф. Жуков // *Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов*. – М.: М.: Изд-во АН СССР. - 1957, . – С. 72-83.
13. Жуков В. Ф. Расчет осадки протаивающего слоя горной породы с учетом нагрузки / В. Ф. Жуков // *Сборник статей по инженерному мерзлотоведению*. М.: Изд-во АН СССР. – 1954. – С. 60-63.
14. Киселев М. Ф. Теория сжимаемости оттаивающих грунтов под давлением / М. Ф. Киселев // Л.: Стройиздат. – 1978.
15. Crory F. E. Settlement associated with the thawing of permafrost / F. E. Crory. – 1973.
16. Speer T. L. Effects of ground-ice variability and resulting thaw settlements on buried warm-oil pipelines / T. L. Speer, G. H. Watson, R. K. Rowley. – 1973.

17. Andersland O. B. Frozen ground engineering / O. B. Andersland, B. Ladanyi. – John Wiley & Sons, 2003.
18. Watson G. H. Determination of Some Frozen and Thawed Properties of Permafrost Soils / G. H. Watson, W. A. Slusarchuk, R. K. Rowley // Canadian Geotechnical Journal. – 1973. – Vol. 10. – № 4. – P. 592-606.
19. Федосеев Ю. Г. Экспериментальные исследования осадки оттаивающих грунтов / Ю. Г. Федосеев // Оттаивающие грунты как основание сооружений М.: Наука. – 1981. – С. 60-68.
20. Цытович Н. А. Исследования консолидации оттаивающих льдонасыщенных грунтов / Н. А. Цытович, В. Г. Григорьева, Ю. К. Зарецкий // Труды ВНИИОСП. – 1966. – № 56. – С. 34-52.
21. Сахаров И. И. Физикомеханика криопроцессов в грунтах и ее приложения при оценке деформаций зданий и сооружений : специальность 05.23.02. «Основания и фундаменты»: дис. доктора технических наук / И. И. Сахаров. – Санкт-Петербург, 1995. – 372 с.
22. Новиков П. А. Оценка результатов прогнозирования ореола оттаивания вокруг трубопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами / П. А. Новиков, А. А. Александров, В. И. Ларионов // Вестник Московского государственного технического университета им. НЭ Баумана. Серия «Естественные науки». – 2013. – № 1 (48). – С. 73-81.
23. Гишкелюк И. А. Прогнозирование оттаивания многолетнемерзлых грунтов вокруг подземного трубопровода большой протяженности / И. А. Гишкелюк, Ю. В. Станиловская, Д. В. Евланов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – Т. 1. – № 17. – С. 20.
24. Сахаров И. И. Промерзающие, мерзлые и оттаивающие грунты как основания зданий и сооружений / И. И. Сахаров, С. А. Кудрявцев, В. Н. Парамонов. – Москва : АСВ, 2021. – 364 с.
25. Кудрявцев С. А. Промерзание и оттаивание грунтов (практические примеры и конечноэлементные расчеты) / С. А. Кудрявцев, И. И. Сахаров, В. Н. Парамонов. – СПб : Группа компаний «Геореконструкция, 2014. – 248 с.
26. Constitutive model for rate-independent behavior of saturated frozen soils / S. A. Ghoreishian Amiri, G. Grimstad, M. Kadivar, S. Nordal // Canadian Geotechnical Journal. – 2016. – Vol. 53. – № 10. – P. 1646-1657.

УДК 624

ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОСНОВАНИЯ

КРАЕВ Андрей Николаевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
kraev-an@mail.ru

DEFORMATION OF SOILS DURING TEMPERATURE STABILIZATION OF THE FOUNDATION

KRAEV Andrey N.

Candidate of Technical Sciences, Tyumen Industrial University, Kazan, Tyumen,
kraev-an@mail.ru

Наблюдаемое в последние 60 лет потепление климата осложняет процесс строительства в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов. Повышение температуры приповерхностного воздуха приводит к увеличению мощности талой прослойки грунта при мерзлоте неслювающего типа, в которой происходит дополнительное влагонакопление со значительным тепловым влиянием на нижележащие мерзлые слои грунта, которые при оттаивании дают большие приращения осадки фундаментов.

Одним из способов, исключающих развитие негативных процессов, связанных с оттаиванием грунтов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений является температурная стабилизация основания.

Наибольшее распространение в настоящее время получило решение в виде групповой установки отдельностоящих термостабилизаторов (СОУ) с применением проветриваемого подполья. Данное решение позволяет эффективно промораживать талые слои грунтов достаточно большой мощности и поддерживать мерзлое состояние с учетом фиксируемого потепления климата

Однако при промораживании системами термостабилизации талых слоёв грунтового основания, проявляются деформации морозного пучения, причем вертикальные деформации не всегда являются преобладающими и по абсолютной величине уступают горизонтальным деформациям морозного пучения.

В настоящее время данный фактор практически не учитывается при проектировании фундаментов зданий и сооружений с системами термостабилизации на многолетнемерзлых грунтах.

УДК 624.131

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АРМИРОВАННЫХ ГЛИНИСТЫХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ

ОБШАРОВА Александра Витальевна

Старший преподаватель Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, lybra013@yandex.ru

ПОНОМАРЕВ Андрей Будимирович

д.т.н., профессор Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия, andreypab@mail.ru

КЛЕВЕКО Владимир Иванович

к.т.н., доцент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, vlivkl@mail.ru

NUMERICAL MODELING OF REINFORCED CLAY ROAD BASES FOR FROST HEAVING

OBSHAROVA Alexandra V.

Senior Lecturer, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, lybra013@yandex.ru

PONOMAREV Andrey B.

Doctor of Engineering, professor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia, andreypab@mail.ru

KLEVEKO Vladimir I.

PhD, associate professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, vlivkl@mail.ru

На данный момент в дорожном строительстве активно используются геосинтетические материалы. Благодаря использованию этих материалов повышается несущая способность грунтов, предотвращается появление пробоин и ям на дорогах. Однако влияние армирования грунтов на морозное пучение изучено недостаточно. Для исследования влияния армирования на величину морозного пучения автомобильных дорог были выполнены лабораторные исследования и численное моделирование в программном комплексе *PLAXIS 2D* на примере конструкции дорожной одежды переходного типа. Воздействие сил морозного пучения моделировалось приложением начальных перемещений. В качестве армирующей прослойки был использован геосинтетический материал Геоспан ТН-50 с продольной жесткостью на растяжении 500 кН/м.

Анализ результатов численного моделирования показал существенное снижение деформаций морозного пучения поверхности дорожной одежды при использовании геосинтетического материала. Для конкретных рассмотренных условий уменьшение величины морозного пучения составило 20,36%. Растягивающие напряжения в армирующей геосинтетической прослойке достигают величины 18,52 кН/м, что значительно меньше прочности геосинтетического материала Геоспан ТН 50, которое составляет 50 кН/м.

Использование прослоек из армирующих геосинтетических материалов в глинистых основаниях автомобильных дорог позволяют существенно уменьшить величину вертикальных деформаций морозного пучения и тем самым повысить надежность их эксплуатации.

УДК 624.131.43

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУГЛИНКОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОМОРАЖИВАНИИ-ОТТАИВАНИИ

БРАГАРЬ Елена Петровна

PhD, ассистент кафедры «Строительное производство и геотехника»,
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
bragarep@tyuiu.ru

CHANGES IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF LOAM UNDER CYCLIC FREEZING-THAWING

BRAGAR Elena P.

PhD, Assistant at the Department of Construction Production and Geotechnics,
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, bragarep@tyuiu.ru

Исследование посвящено изменению физико-механических свойств суглинков при циклическом промораживании-оттаивании, что имеет важное значение для проектирования и эксплуатации сооружений в холодных регионах. В работе разработаны математические модели, описывающие изменение прочностных (угол внутреннего трения, удельное сцепление) и деформационных (модуль общей деформации) характеристик грунтов в зависимости от коэффициента пористости, влажности и количества циклов промораживания-оттаивания. Экспериментальные исследования, включая компрессионные испытания и испытания на срез, позволили получить достоверные данные и выявить закономерности изменения свойств грунта, что подтверждает научную новизну и практическую значимость работы.

Результаты исследования могут быть использованы в инженерной практике для проектирования фундаментов, дорог, трубопроводов и других сооружений в условиях холодного климата. Предложенный алгоритм учета изменения свойств грунта позволяет повысить точность прогнозирования осадок и деформаций, что способствует повышению надежности и долговечности инфраструктуры.

УДК 624.139

**ОДИНОЧНАЯ СВАЯ В ТЕРМОСТАБИЛИЗИРУЕМОМ
ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ НА ПЛОЩАДКАХ С
ЗАГЛУБЛЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ КРОВЛИ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

ЖАЙСАМБАЕВ Еркн Аскерович

старший преподаватель Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, zhaysambaeverkn@mail.ru

КРАЕВ Алексей Николаевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, kraev_aln@mail.ru

СИНИЦКИЙ Антон Иванович

к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник Научного центра изучения Арктики, Салехард, Россия, AISinitskii@yanao.ru

ГРОМАДСКИЙ Артём Николаевич

Директор Научного центра изучения Арктики, Салехард, Россия, ANGromadskii@yanao.ru

**SINGLE PILE IN A THERMOSTABILIZED SOIL FOUNDATION ON
SITES WITH A DEEP ROOF POSITION OF PERMAFROST SOILS**

ZHAYSAMBAEV Erkn A.

Senior Lecturer at Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, zhaysambaeverkn@mail.ru

KRAEV Aleksey N.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, kraev-an@mail.ru

SINITSKII Anton I.

Candidate of geological and mineralogical sciences, leading researcher arctic research center, Salekhard, Russia, AISinitskii@yanao.ru

GROMADSKY Artyom N.

Director of the Arctic Research Center, Salekhard, Russia, ANGromadskii@yanao.ru

В настоящий период времени в северных регионах Российской Федерации идёт активное строительство промышленных и гражданских объектов. В таких городах как Новый Уренгой, Салехард, Норильск, Талнах и других при строительстве, эксплуатации зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах (далее – ММГ) по I принципу встречаются площадки, представленные оттаявшими ММГ, образованными вследствие различных явлений, процессов и факторов. Данный факт значительно затрудняет и осложняет производство работ нулевого цикла. Для

восстановления несущей способности свайных фундаментов и температурного режима грунтового основания возможно использование сезонно-действующих охлаждающих устройств. Для оценки безопасности эксплуатации зданий и сооружений на площадках с неравномерным (пониженным) распределением кровли ММГ необходимо решать задачу прогноза напряженно-деформированного состояния грунтового основания с учетом изменения температурного режима грунтов основания во времени.

Таким образом, восстановление и повышение несущей способности свайных фундаментов в условиях Крайнего Севера является актуальной задачей, которая поможет достичь топливно-энергетическому комплексу нашей страны высокой эффективности.

УДК 691.175.743

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕРМО-ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПУЧИНИСТОГО ГРУНТА

КОРШУНОВ Алексей Анатольевич

к.т.н., заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия, a.a.korshunov@yandex.ru

DEVELOPMENT OF THERMO-HYDRAULIC MODEL OF FROST- SUSCEPTIBLE SOIL

KORSHUNOV Alexey A.

PhD in Technical Sciences, Head of Geotechnical Department, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia, a.a.korshunov@yandex.ru

Для прогноза поведения пучинистых грунтов используют 2 вида математических моделей, первая – учитывает только первичное пучение грунтов, когда деформации возникают только за счет замерзания поровой влаги, первоначально содержащейся в грунте. Вторая модель учитывает первичное и вторичное пучение, обусловленное интенсивностью миграции влаги из талой зоны в мерзлую и скоростью промерзания. Во второй модели рассматривается тепломассоперенос в области интенсивных фазовых превращений, когда в переходной области миграция влаги и кристаллизация происходят одновременно. Используя известное решение уравнения теплопроводности для сплошной среды с учетом фазовых превращений воды и решение уравнения, описывающего массоперенос влаги в глинистых грунтах на основе установленных зависимостей криогенного потенциала всасывания от температуры, разработана математическая (численная) модель, позволяющая описать процессы промерзания-оттаивания и миграции влаги. Численная модель реализована на языке Python и может быть использована для выполнения конечно-элементного анализа пучинистых грунтов.

УДК 624.154

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ
СВАЙ С ПЕСЧАНЫМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫМ ОТТАЯВШИМ
ОСНОВАНИЕМ**

МУСЛОВА Дарья Дмитриевна

аспирант Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
muslova99@yandex.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень,
Россия, geofond.tgasu@gmail.com

**INVESTIGATION OF THE INTERACTION OF DRILL-INJECTION
PILES WITH A SANDY PERMAFROST THAWED BASE**

MUSLOVA Darya D.

Graduate Student, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
muslova99@yandex.ru

PRONozIN Yakov A.

Doctor of Engineering, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen,
Russia, geofond.tgasu@gmail.com

Представлены результаты натурного эксперимента по изучению взаимодействия буройнъекционных свай с песчаным многолетнемерзлым оттаявшим грунтовым основанием, а именно: получены зависимости относительной деформации от напряжений в теле свай при статической вертикальной нагрузке, закономерность снижения модуля упругости материала свай с увеличением нагрузки, позволившие получить данные о распределении усилий в теле свай по длине для оценки ее работы по пяте и боковой поверхности.

УДК 624.139.6

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ОТТАИВАНИИ**

САЛЬНЫЙ Иван Сергеевич

канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, salnyy2493@mail.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры «Строительное производство и геотехника» Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, geofond.tgasu@gmail.com

**LABORATORY STUDIES OF CHANGES IN THE STRESS-STRAIN
STATE OF A SANDY BASES DURING THAWING**

SALNYY Ivan S.

Candidate of technical sciences, associate professor of the Department of construction production and geotechnics, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, salnyy2493@mail.ru

PRONozIN Yakov A.

Doctor of technical sciences, professor of the Department of construction production and geotechnics, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, geofond.tgasu@gmail.com

Представлены результаты лабораторных лотковых исследований по выявлению характера изменения напряженно-деформированного состояния песчаного основания при его оттаивании. Произведен анализ влияния основных факторов (льдистость песчаного грунта, глубина залегания оттаивающего слоя грунта и скорость его оттаивания) на величину развития дополнительных деформаций и напряжений, а также изменение физико-механических свойств оттаивающего песчаного грунта. Представлена зависимость характера изменения напряженно-деформированного состояния песчаных грунтов, полученная при различных скоростях оттаивания мерзлого грунта и его различной льдистости.

УДК 624.139.6

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МЕРОПРИЯТИЕ,
НАПРАВЛЕННОЕ НА СОХРАНЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ
ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

КРАЕВ Алексей Николаевич

к.т.н., доцент, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
kraevan@tyuiu.ru

ШАНХОЕВ Зураб Шабазгиреевич

старший преподаватель, Тюменский индустриальный университет,
Тюмень, Россия, shanhoevzs@tyuiu.ru

СИНИЦКИЙ Антон Иванович

к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, ГАУ ЯНАО «Научный центр
изучения Арктики», Салехард, Россия, AISinitskii@yanao.ru

ГРОМАДСКИЙ Артём Николаевич

Директор Научного центра изучения Арктики, Салехард, Россия,
ANGromadskii@yanao.ru

**CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL EVENT AIMED AT
PRESERVING THE PERMAFROST SOILS OF THE BASE OF THE
HIGHWAY**

KRAEV Alexey N.

PhD, Associate Professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
kraevan@tyuiu.ru

SHANKOEV Zurab Sh.

Senior Lecturer, Tyumen Industrial University, Tyumen, shanhoevzs@tyuiu.ru

SINITSKY Anton I.

PhD, Senior Researcher, GAU Yamalo-Nenets Autonomous District "Scientific
Center for Arctic Studies", Salekhard, Russia, AISinitskii@yanao.ru

GROMADSKY Artyom N.

Director of the Arctic Research Center, Salekhard, Russia,
ANGromadskii@yanao.ru

При проектировании автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах необходимо учитывать, что эксплуатационные характеристики сооружения должны сохраняться в течение всего срока службы и позволить обеспечить безопасное, круглогодичное движение автотранспорта с расчётными скоростями и нагрузками. На участках с опасными геокриологическими процессами, необходимо применять индивидуальные проектные решения, позволяющие стабилизировать температурный режим

многолетнемерзлых грунтов основания и обеспечить устойчивость автомобильной дороги. Эффективность предлагаемых конструктивных и технологических мероприятий должны подтверждаться прогнозными расчетами температурного режима тела земляного полотна и грунтов основания автомобильной дороги.

Для предотвращения оттаивания многолетнемерзлых грунтов основания автомобильной дороги предложено конструктивно-технологическое мероприятие, позволяющее влиять на температурный режим многолетнемерзлых грунтов основания за счет размещения в теле земляного полотна теплоизоляционного и геосинтетического материалов. Численным моделированием подобраны геометрические параметры конструктивно-технологического мероприятия, влияющие на изменение температуры многолетнемерзлых грунтов основания автомобильной дороги в течении расчетного срока эксплуатации. Определены зоны максимального оттаивания многолетнемерзлых грунтов основания под земляным полотном с различной высотой и крутизной откоса. С учетом теплофизических характеристик материалов предложены рациональные толщины и схемы расположения теплоизоляционных слоев в теле земляного полотна.

УДК 624.139.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ОТТАИВАЮЩИХ ГРУНТОВ

ЦАРАПОВ Михаил Николаевич

к.г.-м.н., с.н.с. кафедры геокриологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва Россия, tsarapov@geol.msu.ru

VISCOSITY OF THAWING SOILS: NEW ASPECTS

TSARAPOV Mikhail Nikolaevich

PhD, Senior Researcher, Department of Geocryology, Geological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, tsarapov@geol.msu.ru

Глобальное изменение климата в совокупности с повсеместными нарушениями правил эксплуатации зданий и сооружений, построенных по I принципу, приводят к оттаиванию мерзлых грунтов, что делает задачу поиска новых геотехнических решений для обеспечения или восстановления несущей способности зданий и сооружений наиболее актуальной. Для полноценной постановки расчетных задач и успешного их решения необходимо знание реологических свойств оттаивающих грунтов, таких как ползучесть, релаксация напряжений, снижение прочности во времени, которые тесно связаны с вязкостью.

Несмотря на большое количество исследований [1-5], посвященных изучению вязкости различных грунтов, в российской научной литературе за последнее десятилетие практически нет результатов полноценных исследований, в том числе данных по вязкости оттаивающих грунтов.

В работе отражены результаты научных поисков автора в данном направлении, особое внимание уделено изучению ползучести оттаивающих грунтов, которые имеют свои отличительные особенности от талых грунтов. Вязкость оттаивающих грунтов в значительной степени зависит от скорости изменения температуры, и также, по аналогии с талыми и мерзлыми грунтами, от времени и напряжено-деформированного состояния.

По сложившемуся в нашей стране подходу к определению вязкости ее значения можно установить различными методами испытаний грунтов, которые могут формировать зависимость скорости деформации от напряжения. В результате строится реологическая кривая, по которой, как для мерзлых и талых грунтов, можно выделить характерные участки [6]. Особое внимание уделяется участку, в пределах которого из-за оттаивания

резко изменится структура грунта, и скорость ползучести сильно возрастает даже при очень маленьком увеличении напряжения.

Предлагается методика определения коэффициента вязкости η , основанная на обработке результатов компрессионных испытаний мерзлого грунта при оттаивании. Значения коэффициента вязкости η вычисляются по полученным данным в ходе испытаний на определение коэффициента оттаивания (A_{th}) и коэффициента сжимаемости (m_{th}) по стандартизированному методу [7]. Так как стационарная зависимость между напряжением σ_t и деформацией ε_t является частным случаем состояния грунта, определяемым уравнениями ползучести, можно судить о виде этих уравнений, экстраполируя зависимости $\sigma_t - \varepsilon_t$ на нестационарное состояние, каким и является поведение мерзлого грунта при оттаивании. Общая форма такой нелинейной зависимости напряжения от деформации, изменяющейся во времени, очень сложна. Поэтому для оттаивающих грунтов предлагается следующий подход, основанный на аппроксимации искомой нелинейной зависимости кусочно-линейными отношениями, заданными в дифференциальной или интегральной форме. При этом обязательным условием является соблюдение неразрывности между деформацией и напряжением, а также скоростей их изменения во времени. В оттаивающем грунте в процессе консолидации происходит повышение плотности и увеличение структурной связности [8]. В результате процесса уплотнения грунта преобладающими становятся осадки, вызванные реологическими свойствами скелета грунта, а в математических моделях консолидации оттаивающего грунта большое значение играет коэффициент вязкости η .

В результате проведенных исследований консолидации оттаивающего грунта по кривым, построенным в координатах $S - \ln(t)$, выявлены 3 фазы процесса консолидации: первичная, вторичная и промежуточная.

По разработанной методике получены значения коэффициента вязкости η оттаивающего грунта для выделенных стадий консолидации.

Выполненные исследования позволяют определять значения коэффициента вязкости мерзлого грунта в процессе оттаивания, что может сыграть решающую роль в дальнейшей разработке практической модели ползучести оттаивающего грунта. Применение стандартизированного компрессионного метода изучения параметров осадки мерзлых грунтов при оттаивании может служить основой для широкого использования предложенного способа определения основного реологического параметра оттаивающего грунта – коэффициента вязкости.

Список литературы / References

1. Вялов С. С. Реология мерзлых грунтов. М.: Стройиздат, 2000. 464 с.
2. Зарецкий Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. М.: Стройиздат, 1988. 347 с.
3. Месчан С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов Изд.: Недра, Москва, 1985 г., 342 стр.
4. Роман Л.Т. Механика мерзлых грунтов. М.: МАИК, 2002. 426 с.
5. Тер-Мартirosян З.Г. – Механика грунтов. Изд. ABC., Москва 2005, 380 с.
6. Цытович Н.А., Тер-Мартirosян З.Г. – Основы прикладной геомеханики в строительстве. Изд. Высшая школа, М. 1980.
7. ГОСТ 12248.10-2020. ГРУНТЫ. Определение характеристик деформируемости мерзлых грунтов методом компрессионного сжатия.
Царапов М.Н. Закономерности формирования прочностных характеристик оттаивающих грунтов при сдвиге. М.: 2008. а /р. диссерт. на соиск. уч. степ. к. г-м. н. 21 с.
1. Vyalov S. S. Rheology of frozen soils. Moscow: Stroyizdat, 2000. 464 p.
2. Zaretsky Yu. K. Viscoplasticity of soils and calculations of structures. Moscow: Stroyizdat, 1988. 347 p.
3. Meschyan S. R. Experimental rheology of clayey soils Publ.: Nedra, Moscow, 1985, 342 p.
4. Roman L.T. Mechanics of frozen soils. Moscow: MAIK, 2002. 426 p
5. Ter-Martirosyan Z.G. – Soil mechanics. ABC Publ., Moscow 2005, 380 p
6. Tsytoovich N.A., Ter-Martirosyan Z.G. – Fundamentals of applied geomechanics in construction. Publ. Higher School, Moscow 1980.
7. GOST 12248.10-2020. SOILS. Determination of the characteristics of the deformability of frozen soils by the compression method
8. Tsarapov M.N. Regularities of the formation of the strength characteristics of thawing soils under shear. Moscow: 2008. а /r. dissertation for the dissertation of candidate of geology and mineralogy. 21 p.

**СЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАЙ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ»**

УДК 624.154.53

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ
БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ-СТОЕК ПО БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ШАРАФУТДИНОВ Рафаэль Фаритович**

к.т.н, директор НИИОСП им. Н.М. Герсееванова АО «НИЦ «Строительство»,
Москва, Россия, linegeo@mail.ru

БОТАНИН Дмитрий Петрович

старший преподаватель УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия, botanin-dp@mail.ru

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SIDE RESISTANCE IN
BORED PILES EMBEDDED IN ROCK**

SHARAFUTDINOV Rafael F.

PhD, Director Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures
(NIIOSP named after N. M. Gersevanov), Research Centre of Construction JSC,
Moscow, Russia, linegeo@mail.ru

BOTANIN Dmitrii P.

senior lecturer Eltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, botanin-
dp@mail.ru

Мировой опыт применения буронабивных свай в скальных грунтах показывает, что, как правило, данные сваи работают при нагрузках, которые не позволяют «сорвать» сваю, следовательно, в работу включается только боковая поверхность. Даже при контрольных натурных испытаниях возникает сложность достичь чрезмерных осадок, при которых включилась бы в работу пятая свая [1]. Таким образом, большинство свай, заглубленных в скальный грунт, работают по боковой поверхности в «недогруженном» состоянии, в следствии чего не удастся определить фактическую несущую способность свай. Для полноценного анализа работы свай по боковой поверхности были проведены испытания фрагментов свай в лабораторных условиях, что позволило определить сопротивление по боковой поверхности свай с учетом бокового расширения бетона ствола при вертикальных нагрузках с заданной шероховатостью стенок скважины, а также с учетом дилатансии породы.

Список литературы / References

1. Шарафутдинов Р.Ф., Ботанин Д.П., Исследование сопротивления свай по боковой поверхности в скальных грунтах // «ОФМГ». 2024. - №4, С. 9-16

УДК 624.151.6

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ
ЗОН УПЛОТНЕНИЯ И СДВИГОВ В ПЕСЧАНОМ ОСНОВАНИИ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С МОДЕЛЬНОЙ СВАЕЙ**

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень,
Россия, geofond.tgasu@gmail.com

ЛЕВЧЕНКО Виталий Максимович

Магистрант Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
vitaly_p88@mail.ru

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE FORMATION OF COMPACTION
AND SHEAR ZONES IN A SAND FOUNDATION DURING
INTERACTION WITH A MODEL PILE**

PRONOZIN Yakov Alexandrovich

Doctor of Engineering, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen,
Russia, geofond.tgasu@gmail.com

LEVCHENKO Vitaly Maksimovich

Master's Student of the Department of Construction Production and Geotechnics,
Construction Institute, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
vitaly_p88@mail.ru

Характером и особенностями взаимодействия грунтового массива с пятой сваи занимались как отечественные, так и зарубежные ученые [1-3]. Разработка теоретической модели, описывающей работу нижнего конца сваи и согласующейся с экспериментальными данными, представляет научный и практический интерес. В данной работе были проведены испытания модельной сваи, для уточнения поведения грунта под ее нижним концом в песчаном основании при действии статической вертикальной вдавливающей нагрузки.

Список литературы / References

1. Гревцев, А. А. Теория расширения полости и предельное сопротивление грунта под нижним концом забивных свай в песчаных грунтах / А. А. Гревцев, В. Г. Федоровский // Жилищное строительство. – 2012. – № 9. – С. 2-5.
2. Randolph M.F., Dolwin J., Beck R. Design of driven piles in sand // Geotechnique. 1994. 44(3). Pp. 427–448.
3. Королев, К. В. О проблеме определения лобового сопротивления песчаных грунтов под нижним концом буровых свай фундаментов опор мостов / К. В. Королев, В. В. Бессонов // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 92-95.

УДК 624.154.9

К РАСЧЕТУ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ

ГОТМАН Альфред Леонидович

Д.т.н., профессор, главный специалист Научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсевича, Москва, Россия, gotmans@mail.ru

КРУТЯЕВ Сергей Алексеевич

Ведущий инженер, ООО «ПОДЗЕМПРОЕКТ», Москва, Россия, sergkrut22@gmail.com

TO CALCULATE HORIZONTALLY LOADED PYRAMID PILES

GOTMAN Alfred L.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Specialist of the Research, Design and Survey and Design and Technological Institute of Foundations and Underground Structures named after N.M. Gersevanov, Moscow, Russia, gotmans@mail.ru

KRUTYAEV Sergey A.

Lead Engineer, LLC «ПОДЗЕМПРОЕКТ», Moscow, Russia, sergkrut22@gmail.com

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований особенностей работы набивной пирамидальной сваи на горизонтальную нагрузку в глинистых грунтах. На 2-х опытных площадках, сложенных глинистыми грунтами, были изготовлены опытные пирамидальные набивные сваи и выполнены статические испытания на горизонтальную нагрузку. В процессе испытания свай на каждой ступени горизонтальной нагрузки измерялись горизонтальные перемещения в уровне приложения нагрузки и на высоте один метр от верхнего обреза свай. Получены зависимости “горизонтальная нагрузка-перемещение головы свай”. Установлено, что поворот свай в грунте происходит без изгиба, т.е. по жесткой схеме. На основании анализа результатов статических испытаний свай построена расчетная схема, в которой свая рассматривается в виде жесткого стержня, заглубленного в многослойное линейно-деформируемое основание. В соответствии с расчетной схемой разработан аналитический метод расчета пирамидальной сваи на горизонтальную нагрузку и изгибающий момент. Метод расчета позволяет определять горизонтальное перемещение головы свай в любом сечении по глубине, угол поворота свай, изгибающий момент и поперечную силу по длине свай.

УДК 624.154

**РАЗРАБОТКА НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ
СПОСОБНОСТИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ
ЗАМАЧИВАНИЯ ПРОСАДОЧНОГО ОСНОВАНИЯ И
СЕЙСМОАКТИВНОСТИ**

НЯМДОРЖ Сетев

д.т.н, профессор Технико-технологийского университета. Улан-Батор. Монголия

УРАНЧИМЭГ Даваасурен

к.т.н, доцент Технико-технологийского университета. Улан-Батор. Монголия

СУХ-ЭРДЭНЭ Хурэлцоож

магистр, старший преподаватель Технико-технологийского университета. Улан-Батор. Монголия

**DEVELOPMENT OF A NOMOGRAM FOR DETERMINING THE
BEARING CAPACITY OF PILE FOUNDATIONS TAKING INTO
ACCOUNT THE SOAKING OF THE SUBSIDENCE BASE AND
SEISMIC ACTIVITIES**

NYAMDORJ Setev

doctor (Sc.D), Professor at the University of Technical and Technology. Ulaanbaatar. Mongolia

URANCHIMEG Davaasuren

doctor (Ph.D), Associate Professor at the University of Technical and Technology. Ulaanbaatar. Mongolia

SUKH-ERDENE Khurelcooj

magister, Senior lecturer at the University of Technical and Technology. Ulaanbaatar. Mongolia

Определение численного значения снижения несущей способности при повышении влажности просадочного грунта и воздействии сейсмической нагрузки требует проведения сложного расчета по нормам проектирования свайных фундаментов. С целью упрощения данного расчета нами были проведены исследования по составлению расчётной номограммы для определения несущей способности свайного фундамента при замачивании грунта основания и сейсмичности 6, 7, 8 и 9 баллов. По разработанной нами номограмме установлено, что несущая способность свайного фундамента при сейсмичности 7 баллов уменьшается в 1,14 раза, при 8 баллах в 1,64 раза и при 9 баллах в 2,59 раза по отношению к значениям при 6 баллам, за счет уменьшения площадей условных фундаментов в результате уменьшения значения угла внутреннего трения грунта основания. Полученные ответы хорошо согласуются с решениями по нормам.

УДК 624.152

РАСЧЁТ ОСАДКИ ПЛИТНО-СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГЛИНИСТЫХ ОСНОВАНИЯХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

ШАКИРОВ Марат Илдусович

к.т.н. старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

SETTLEMENT CALCULATION OF RAFT-PILE FOUNDATIONS ON CLAYEY SOILS UNDER CYCLIC LOADING

MIRSAYAPOV Ilizar T.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

SHAKIROV Varat I..

PhD Senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

В современных условиях при строительстве зданий и сооружений одной из наиболее важных задач при проектировании зданий и сооружений, в процессе эксплуатации, которых необходимо учитывать влияние циклических нагрузок, является прогноз осадок оснований плитно-свайных фундаментов с учетом изменения прочностных и деформационных характеристик [1]. Целью исследования является - на основании экспериментальных исследований установить закономерности развития деформаций оснований плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении. В статье установлены основные закономерности изменения деформаций грунтовых оснований плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении, являющиеся экспериментальной базой для создания новых методов расчета оснований плитно-свайных фундаментов. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что они позволяют более точно и достоверно оценивать осадку плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении, повысить эксплуатационную надежность, экономичность и разработать адекватные проектные решения таких фундаментов

Список литературы / References

1. М.И. Шакиров. Деформации грунтовых оснований плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении//Известия КГАСУ 2022 № 1(59). С19-28. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_19

УДК 624.154.51

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕТ СВАЙ

ГОТМАН Наталья Залмановна

Д.т.н., заместитель начальника экспертно-аналитического отдела ООО
«Подземпроект» natalya.gotman@marksgroup.ru

ТУМАНОВ Никита Васильевич

Руководитель проектной группы экспертно-аналитического отдела ООО
«Подземпроект» Россия, n.tumanov@marksgroup.ru

ГУДКОВ Алексей Леонидович

Инженер 1 категории, экспертно-аналитического отдела ООО
«Подземпроект» Россия, gudkov@marksgroup.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF EXCAVATION DEPTH ON THE BEARING CAPACITY OF BARRETT PILES

GOTMAN Natalia Z.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Highways, Airfields,
«Podzemproekt» Moscow, Russia, natalya.gotman@marksgroup.ru

TUMANOZ Nikita V.

Project team leader of the expert and analytical department of LLC «Podzemproekt»
Russia, n.tumanov@marksgroup.ru

GUDKOV Aleksey L.

Engineer of the 1st category of the expert and analytical department of LLC
«Podzemproekt» Russia, gudkov@marksgroup.ru

Рассматривается вопрос проектирования усиления оснований зданий при устройстве глубоких котлованов вблизи них. Анализируется расчетный и проектный опыт усиления оснований с использованием грунтоцементных свай при проектировании объекта: «Многофункциональный комплекс с квартирами, коммерческими площадями и подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Никольская ул., д. 10/2». Представлены результаты испытания натурных грунтоцементных свай усиления, анализируются результаты мониторинга осадок зданий (после пересадки на грунтоцементные сваи) в процессе выполнения строительно-монтажных работ нового строительства. Анализируются результаты аналитических и численных расчётов несущей способности грунтоцементных свай усиления, а также динамика развития осадок здания на основании, усиленном грунтоцементными сваями, в процессе выполнения строительно-монтажных работ нового строительства. Даны предложения по расчету и проектированию усиления основания зданий окружающей застройки для снижения дополнительных деформаций, вызванных устройством котлована, с использованием натурных испытаний свай и численных расчетов.

УДК 624.154.51

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ КОТЛОВАНА НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СВАИ-БАРРЕТЫ

ГОТМАН Наталья Залмановна

доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» Российского университета транспорта РУТ(МИИТ), Москва, Россия, natalya.gotman@marksgroup.ru

ЛЕ Чунг Хиеу

аспирант кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» Российского университета транспорта РУТ(МИИТ), Москва, Россия, letrunghie531996@gmail.com

STUDY OF THE INFLUENCE OF EXCAVATION DEPTH ON THE BEARING CAPACITY OF BARRETT PILES

GOTMAN Natalia Z.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations of the Russian University of Transport RUT (MIIT), Moscow, Russia, natalya.gotman@marksgroup.ru

LE Trung Hieu

postgraduate student of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations of the Russian University of Transport RUT (MIIT), Moscow, Russia, letrunghie531996@gmail.com

Известно, что одним из наиболее эффективных фундаментов высотных зданий с развитой подземной частью является свайные фундамент из свай-баррет [1]. В работе представлены результаты численных исследований и на основе полученных результатов предложена методика расчета несущей способности одиночной сваи-барреты по грунту с учетом откопки котлована. Целью работы является уточнение метода расчета несущей способности по грунту свай-баррет, выполненных с поверхности грунта, с учетом глубины откопки котлована. В результате выполненных численных исследований получены закономерности изменения нормальных напряжений грунта на боковой поверхности свай-барреты при изменении глубины откопки котлована, подтверждающие снижение напряжений на боковой поверхности ниже проектной отметки дна котлована уже после откопки котлована. В результате сравнения несущей способности по грунту свай-барреты в глинистых грунтах, определенной традиционно по требованиям [2] и с учетом снижающих коэффициентов, зависящих от глубины откопки котлована, получено снижение несущей способности (до 10%) при увеличении глубины котлована от 9-ти до 15 м.

Список литературы / References

1. Рыбникова, И. А. Опыт применения бареттных фундаментов / И. А. Рыбникова, А. М. Рыбников. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – Том 1, № 4. – С. 23-27.
2. СП 24.13330.2021. Свод правил. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 152 с.

УДК 624.154–4

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ С ПАЗАМИ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

ПОЛИЩУК Анатолий Иванович

д-р техн. наук, профессор Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия, ofpai@mail.ru

ДЕМЧЕНКО Владимир Анатольевич

преподаватель Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия, demchenko.v@edu.kubsau.ru

INCREASING THE BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE PILES WITH GROOVES IN CLAY SOILS

POLISHNIK Anatolij I.

Doctor of Engineering, professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia, ofpai@mail.ru

DEMCHENKO Vladimir A.

Senior Lecturer, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia, demchenko.v@edu.kubsau.ru

Под сваями с пазами понимаются железобетонные конструкции квадратного поперечного сечения, изготавливаемые в заводских условиях и имеющие на своих боковых гранях продольные углубления заданных формы и размеров. Такая конструкция свай была разработана и испытана в Томском инженерно-строительном институте (ныне ТГАСУ) в период 1983-1989 гг. Результаты проведенных лабораторных и натурных испытаний выявили повышение несущей способности таких свай [1].

Теоретическое обоснование повышения несущей способности свай с пазами было получено авторами настоящей статьи [2]. В предположении о равенстве расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай внутри паза и вне его была получена формула несущей способности свай с пазами. Из анализа полученных результатов следует, что при определенной глубине пазов приращение несущей способности свай имеет максимум, который всегда положителен [3]. Кроме того, доля несущей способности, приходящаяся на пазы, входит в формулу отдельным слагаемым, что говорит о самостоятельной роли пазов как конструктивного элемента при формировании общей несущей способности свай.

Из вышеизложенного следует, что для повышения несущей способности свай с пазами необходимо предусмотреть максимальное

количество пазов оптимальной или близкой к ней глубины. Таким образом, каждая боковая грань сваи может иметь один и более пазов. Условиями конструирования такого поперечного сечения будут конструктивные требования норм и условие максимума несущей способности.

Список литературы / References

1. Исследование несущей способности свай различной формы / А. И. Полищук, А. И. Мальганов, Ю. А. Калачев, С. В. Петров // Строительство и транспорт: Молодые ученые и специалисты народному хозяйству / под ред. Г. Г. Шмидта. – Томск : Изд-во Томск. ун-та, 1983. – С. 18.
2. Полищук А. И. Обоснование оптимальных размеров клиновидных пазов на боковой поверхности железобетонных свай для повышения их несущей способности по грунту / А. И. Полищук, В. А. Демченко // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении : Материалы науч.-техн. конференции, Новочеркасск, 28–30 сентября 2022 года. – Новочеркасск: Лик, 2022. – С. 161-168.
3. Полищук А. И. Несущая способность забивных висячих свай с продольными пазами на их боковой поверхности / А. И. Полищук, В. А. Демченко // Construction and Geotechnics. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 43-58. – DOI 10.15593/2224-9826/2023.1.04.

УДК 69.032.2

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СВАЙНЫХ
ФУНДАМЕНТОВ ДЛЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ АПАРТ-ОТЕЛЯ В
ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ**

ПОЛИЩУК Анатолий Иванович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета,
ofpai@mail.ru

БЕРЕЗУЦКАЯ Елена Васильевна

магистрант Кубанского государственного аграрного университета,
litvv-v@yandex.ru

**SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF PILE
FOUNDATIONS FOR A HIGH-RISE BUILDING OF AN APARTMENT
HOTEL IN CLAY SOILS**

POLISHCHUK Anatoly I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of Kuban State Agrarian University,
ofpai@mail.ru

BEREZUTSKAYA Elena V.

master's student at Kuban State Agrarian University, litvv-v@yandex.ru

В Кубанском государственном аграрном университете ведется научная практическая работа по обоснованию конструктивных решений фундаментов многоэтажных и высотных зданий на глинистых грунтах. В настоящей работе рассматривалось обоснование конструктивного решения фундаментов высотного каркасного 30-ти этажного здания апарт-отеля с подземным паркингом, с фасадным остеклением наружных стен в глинистых грунтах различной разновидности и состояния. В качестве фундаментной части здания рассматривалось два варианта свайно-плитных фундаментов с использованием буронабивных железобетонных свай длиной 15 м, диаметром 0,8 м (вариант 1) и железобетонных свай-баретт длиной 15 м с поперечным сечением 0,8 х 2 м (вариант 2)[1]. По рассматриваемым вариантам фундаментам было выполнено технико-экономическое обоснование с использованием укрупненных показателей. Было установлено, что в рассматриваемых грунтовых и климатических условиях г. Краснодара рациональным вариантом фундаментов является свайно-плитный из железобетонных буронабивных свай длиной 15 м, диаметром 0,8 м и высотой ростверка 1,5 м [2]. Подготовленное решение фундаментов (по варианту 1) для высотного здания апарт-отеля явилось основой для дальнейшей разработки проектно-сметной документации для его строительства в г. Краснодаре.

Список литературы / References

1. Полищук А.И., Мариничев М.Б. Основания и фундаменты, подземные сооружения: учебник / А.И. Полищук, М.Б. Мариничев; под ред. А.И. Полищука. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2021. – 558 с.
2. Мустакимов В.Р. Проектирование высотных зданий: учебник для вузов / В. Р. Мустакимов. — 2-е изд. — М.: Издательство Юрайт, 2025. — 309 с.

УДК 624.154.1

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ДЕРЕХОВСКИЙ Виталий Максимович

аспирант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (ЮРГПУ (НПИ), Новочеркасск, Россия, Vitaliyderekx@ya.ru

СКИБИН Геннадий Михайлович

д.т.н., профессор Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (ЮРГПУ (НПИ), Новочеркасск, Россия, skibingm@mail.ru

ЧУТЧЕНКО Светлана Генриховна

Старший преподаватель Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (ЮРГПУ (НПИ), Новочеркасск, Россия

EXPERIMENT PLANNING FOR EVALUATING EFFICIENCY PARAMETERS OF PILE FOUNDATIONS AT DESIGN STAGE

DEREKHOVSKII Vitalii M.

Graduate Student, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, Vitaliyderekx@ya.ru

SKIBIN Gennadii M.

Doctor of Engineering, professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, skibingm@mail.ru

CHUTCHENKO Svetlana G.

Senior Lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia

Исследование поведения свайных полей в однородном грунте показало, что ключевыми факторами, влияющими на несущую способность фундамента, являются расположение свай, межсвайное расстояние и величина нагрузки. Взаимодействие между сваями через зоны напряжений значительно влияет на их эффективность, что может привести к снижению несущей способности отдельных свай в группе [1]. Экспериментальные данные выявили расхождения с теоретическими расчетами, что указывает на необходимость усовершенствования существующих методов проектирования свайных полей [2]. Результаты исследования имеют важное значение для повышения точности проектирования и создания более эффективных и надежных свайных фундаментов, что может улучшить практические подходы в строительстве.

Список литературы / References

1. Боков, И.А. Взаимодействие свай через грунт: сравнение аналитических и численных оценок / И.А. Боков, В.Г. Федоровский // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – №10. – С.19–23.
2. Шулятьев, О. А. Основные принципы расчета и конструирования плитных и свайных фундаментов высотных зданий: дис. ... д-ра техн. наук. — 2019. — 352с

УДК 624.154.54

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ В
ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА
МОДЕЛИ ГРУНТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЧИСЛЕННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

ПОЛИЩУК Анатолий Иванович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета,
Краснодар, Россия, ofpai@mail.ru

СОЛОНОВ Геннадий Геннадьевич

аспирант, ассистент Кубанского государственного аграрного университета,
Краснодар, Россия, solonov@asp93.ru

**MODELING THE OPERATION OF BORED-INJECTION PILES IN
CLAY SOILS TO JUSTIFY THE CHOICE OF A SOIL MODEL
DURING NUMERICAL STUDIES**

POLISHCHUK Anatoly I.

Doctor of Engineering, professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia, ofpai@mail.ru

SOLONOV Gennady G.

Postgraduate student, assistant, Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia, solonov@asp93.ru

В настоящее время в геотехнике для моделирования работы оснований свайных фундаментов применяются различные программные комплексы. Их работа основана на использовании различных математических моделей, которые описывают поведение грунтов и несущих геотехнических конструкций. В частности, для численных исследований работы фундаментов на пылевато-глинистых грунтах вполне удовлетворительно зарекомендовали себя идеально упругопластические модели грунта Мора-Кулона и Друкера-Прагера [1]. Начиная с 2000 г. стала применяться более сложная модель упрочняющегося грунта, которая описывается двенадцатью параметрами (разработчики Т. Шанц, П.А. Вермеер, П.Г. Бонньер, 1999 г.) [2]. Рассматриваемая модель позволяет учитывать эффект упрочнения грунта, описывать зависимости жесткостных характеристик от напряжений, выявлять изменения модуля деформации грунта по глубине основания и др. Для оценки работы вышеуказанных моделей было выполнено численное моделирование нагружения бурой инъекционных свай в глинистых грунтах с

использованием ПК Midas GTS NX, результаты которого сопоставлялись с данными натурных испытаний аналогичных свай. Установлено, что применение модели упрочняющегося грунта дает наибольшую сходимость с экспериментальными данными. Это представляет определенный интерес в численных исследованиях работы буроинъекционных свай с использованием модели упрочняющегося грунта [3].

Список литературы / References

1. Полищук А.И., Чернявский Д.А. Расчет несущей способности буроинъекционных конических свай в глинистых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов. - М.: 2020. № 4. С. 2–7.
2. Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G. The hardening soil model: formulation and verification // Proceedings of the International Plaxis symposium «Beyond 2000 in computational geotechnics». Rotterdam: Balkema, 1999. P. 281–296.
3. Полищук А.И., Солонов Г.Г., Чернявский Д.А. Совершенствование метода расчета осадки одиночной буроинъекционной конической сваи в глинистых грунтах // Известия вузов. Строительство. 2025. № 2. С. 19-29. DOI 10.32683/0536-1052-2025-794-2-19-29.

УДК 692.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПНЕВМОПОГРУЖАЕМЫХ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВАЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИНАМИЧЕСКИХ
ИСПЫТАНИЙ**

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

ШАКИРОВ Илдус Фатихович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

**DETERMINING THE BEARING CAPACITY OF AIR-POWERED METAL
PILES BASED ON DYNAMIC TEST RESULTS**

MIRSAYAPOV Ilizar T.

Doctor of Engineering, professor, head of department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

SHAKIROV Ildus F.

Ph.D., associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

В настоящее время при необходимости устройства свайных фундаментов в застроенной части города достаточно часто применяются сваи из стальных труб, погружаемые в грунт с использованием пневмопробойного оборудования, оказывающего минимальное динамическое воздействие на основания существующих зданий. Пневмопробойник, работающий от сжатого воздуха, погружает полую стальную сваю частыми ударами небольшой силы, при этом одиночные удары невозможны, принцип действия пневмопробойника находится где-то в середине между забивкой и вибропогружением. Контроль несущей способности свай при их забивке, как правило, выполняется путем проведения динамических испытаний, однако при применении для погружения свай пневмопробойников возникает вопрос о методике проведения динамических испытаний и определения несущей способности по результатам этих испытаний. Согласно ГОСТ 5686-2020 испытание свай динамической нагрузкой производится залогом по 3 и 5 одиночных ударов при использовании сваебойных молотов или за 1 мин. работы вибропогружателя. Пневмопробойное оборудование не позволяет выполнять одиночные удары, поэтому динамические испытания свай проводятся как для вибропогружателя — за определенный промежуток времени, и вычисляется отказ за 1 удар через известную величину частоты ударов.

Исследования показали, что несущая способность металлических свай, определенная в соответствие со СП 24.13330.2021 по величине отказа, полученного при динамических испытаниях пневмопробойником, имеет значительное расхождение от фактической несущей способности, определенной статическими испытаниями. В связи с этим выполнена уточнение расчетных формул для определения несущей способности пневмопогружаемых свай.

**СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ И УЛУЧШЕНИЮ
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ»**

УДК 624.154.535: 624.154.8

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСТРОЙСТВУ УШИРЕНИЯ
НИЖНЕГО КОНЦА БУРОВОЙ СВАИ ИЗ ГРУНТОПОЛИМЕРА**

МАЛЬЦЕВ Андрей Валентинович

к.т.н., доцент Самарского государственного технического университета, Самара,
Россия, geologof@yandex.ru

КАРПОВ Андрей Анатольевич

заведующий лабораторией Научно-Производственного Центра «ГЕОТЕХНИКА»
Самарского государственного технического университета, Самара, Россия,
andrkarpow@yandex.ru

**RESULTS OF RESEARCH ON THE DEVICE OF WIDENING THE LOWER
END OF A DRILLING PILE MADE OF SOIL POLYMER**

MALTSEV Andrey V.

PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, Samara State Technical University,
Samara, Russia, geologof@yandex.ru

KARPOV Andrey A.

Head of the Laboratory of the Research and Production Center “GEOTECHNIKA”,
Samara State Technical University, Samara, Russia, andrkarpow@yandex.ru

Как показывает строительная практика, одним из существенных недостатков буровой сваи, который появляется при устройстве скважины и приводит к снижению её несущей способности, является скапливание бурового шлама на дне скважины. В данной экспериментальной работе исследованы на физических моделях особенности рассматриваемых материалов и дана оценка возможности применения расширяющихся смол при закреплении грунта под нижним концом буровой сваи. Авторами предложена оригинальная технология повышения несущей способности буровых свай за счёт инъецирования под их нижний конец расширяющихся полимерных смол. Описывается результат взаимодействия химических реагентов и его последствия при инъецировании полимерных смол в грунт. Представлены методика лабораторного эксперимента по исследованию возможности упрочнения грунтового основания под нижним концом буровой сваи с применением расширяющейся смолы на физических моделях в лабораторном лотке и его результаты. Приведены методика полевого (натурного) эксперимента и его результаты. Образованное под нижним концом сваи грунтополимерное уширение обладает достаточными прочностными свойствами для того, чтобы включиться в общую работу с телом сваи и обеспечить прирост ее несущей способности по грунту. Сравнительные испытания на площадке статической вдавливающей нагрузкой двух бетонных буровых свай с грунтополимерным уширением и без уширения (контрольной) показали значительное увеличение несущей способности буровой сваи по грунту за счет устройства грунтополимерного уширения под пяткой сваи.

УДК 691.15

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ГРУНТА ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ**

СТЕПАНОВ Максим Андреевич

канд. техн. наук, доцент, доцент Тюменского индустриального университета,
Тюмень, Россия, maxim_stepanov@inbox.ru

РАЧКОВ Дмитрий Владимирович

канд. техн. наук, доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень,
Россия, rachkov1991@yandex.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д-р техн. наук, профессор, профессор Тюменского индустриального университета,
Тюмень, Россия, geofond.tgasu@gmail.com

**STUDY OF CHANGES IN THE STRESSED STATE OF SOIL DURING
CEMENTATION IN THE PROCESS OF EMERGENCY RESPONSE WORK
AT A CULTURAL HERITAGE SITE**

STEPANOV Maksim A.

Candidate of Engineering, associate professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen,
Russia, maxim_stepanov@inbox.ru

RACHKOV Dmitriy V.

Candidate of Engineering, associate professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen,
Russia, rachkov1991@yandex.ru

PRONozIN Yakov A.

Doctor of Engineering, professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia,
geofond.tgasu@gmail.com

В центре г. Тюмени, в окружении плотной городской (в том числе исторической) застройки, в настоящее время завершается строительство пятиэтажного здания с расширенным двухуровневым подземным пространством глубиной 6,3 м. Разработка глубоких котлованов, разгрузка и догружение основания, сложенного пылевато-глинистыми грунтами, в стесненных условиях оказывает влияние на развитие дополнительных осадок окружающей застройки, особенно чувствительными к которым являются здания – объекты культурного наследия. В рамках противоаварийных мероприятий по стабилизации осадок исторического объекта была выполнена цементация основания по манжетной технологии. Дополнительно это также позволило их частично компенсировать за счет регулирования НДС и изменения физико-механических свойств грунта. В рамках проведения работ выполнялись исследования изменения напряженного состояния основания и анализ процесса релаксации при цементации и после ее завершения.

УДК 624.159.14

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОТИВОКАРСТОВОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

ГОТМАН Наталья Залмановна

доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» Российского университета транспорта РУТ(МИИТ), Москва, Россия, natalya.gotman@marksgroup.ru

ЕВДОКИМОВ Александр Геннадьевич

кандидат технических наук, руководитель проектной группы экспертно-аналитического отдела ООО «Подземпроект», Москва, Россия, evdokimov@marksgroup.ru

ГОРБАЧЕВ Александр Алексеевич

ведущий инженер-геотехник экспертно-аналитического отдела ООО «Подземпроект», Москва, Россия, a.gorbachev@marksgroup.ru

CALCULATION AND DESIGN OF GEOTECHNICAL MEASURES FOR ANTI-KARST PROTECTION OF A HIGH-RISE BUILDING

GOTMAN Natalia Z.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations of the Russian University of Transport RUT (MIIT), Moscow, Russia, natalya.gotman@marksgroup.ru

EVDOKIMOV Alexander G.

Candidate of Technical Sciences, Head of the project group of the Expert and Analytical Department of LLC "Podzemproject", Moscow, Russia, evdokimov@marksgroup.ru

GORBACHEV Alexander A.

Leading geotechnical engineer of the Expert and analytical Department LLC "Podrandproekt", Moscow, Russia, a.gorbachev@marksgroup.ru

Рассматриваются проблемы проектирования геотехнических методов противокарстовой защиты высотных зданий в условиях высокой карстовой опасности на примере 32-этажного объекта в г. Уфе. Для разработки эффективной геотехнической противокарстовой защиты методом инъецирования покровной толщи выполняется численное моделирование основания над карстовой полостью. Анализируются пути решения задачи расчета требуемой мощности горизонтальных геотехнических экранов, и определения их характеристик. На примере строящегося 32-этажного здания в г. Уфе выполняется расчетное обоснование концептуального решения фундаментов с учетом геотехнической противокарстовой защиты с рекомендациями по выполнению численных расчетов.

УДК 624.15

УСТРОЙСТВО ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ УСИЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

НАУМКИНА Юлия Владимировна

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
naumkinajv@tyuiu.ru

ЕПИФАНЦЕВА Лариса Рафаиловна

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
epifantsevalr@tyuiu.ru

КАЙГОРОДОВ Михаил Дмитриевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
kajgorodovmd@tyuiu.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
geofond.tgasu@gmail.com

INSTALLATION OF ANTI-DAMAGE BORED-INJECTION REINFORCEMENT PILES UNDER CONDITIONS OF GEOTECHNICAL UNCERTAINTY

NAUMKINA Yulia V.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, naumkinajv@tyuiu.ru

EPIFANTSEVA Larisa R.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, epifantsevalr@tyuiu.ru

KAIGORODOV Mikhail D.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, kajgorodovmd@tyuiu.ru

PRONozIN Yakov A.

Doctor of Engineering, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, geofond.tgasu@gmail.com

Рассматриваются подходы к принятию первоочередных противоаварийных решений, в условиях дефицита времени и отсутствия достаточных геотехнических данных, на примере оползня в г. Тобольске, произошедшего в непосредственной близости от капитальных строений. Показаны этапы инженерно-организационной работы, позволяющие выстроить алгоритм действий, направленный на минимизацию рисков дальнейшего ухудшения геотехнической ситуации.

УДК 624.138

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА НА НДС ГРУНТА ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ ОСНОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОХОДКОЙ

СУГОНЯЕВ Иван Владимирович

аспирант Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, vanya_sugonyaev1999@mail.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор, профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, geofond.tgasu@gmail.com

INFLUENCE OF HYDRAULIC FRACTURE SHAPE ON STRESS-STRAIN STATE OF SOIL DURING GROUTING OF FOUNDATIONS BY HORIZONTAL TUNNELING

SUGONYAEV Ivan Vladimirovich

Postgraduate student, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, vanya_sugonyaev1999@mail.ru

PRONozIN Yakov Aleksandrovich

PhD (technical sciences), professor, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, geofond.tgasu@gmail.com

Объем, форма и расположение гидравлического разрыва в массиве грунта, подверженному усилению с помощью цементации по манжетной технологии при горизонтальной проходке, напрямую влияет на изменение напряженно-деформированного состояния грунта [1,2]. Традиционно считается, что при выполнении гидравлического разрыва вдоль ствола скважины образуются две плоскости трещин, направление и ориентация этих плоскостей зависят от начального НДС грунта [3]. Зачастую эти плоскости трещин распространяются перпендикулярно наименьшему главному напряжению. Вычисления, выполненные в программном комплексе Midas GTS NX, позволяют качественно определить влияние наиболее распространенных форм гидравлических разрывов на НДС грунта.

Список литературы / References

1. Ибрагимов, М.Н. Усиление слабых грунтов инъекцией растворов / М.Н. Ибрагимов // Вестник НИЦ «Строительство». – 2019. – №4(23) – С. 69-80.
2. Ибрагимов, М.Н. Вопросы проектирования и производства уплотнения грунтов инъекцией растворов по гидроразрывной технологии / М.Н. Ибрагимов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2015. – № 2. – С. 22-27.
3. Fjaer, E., Holt, R.M, Horsrud, P., Raaen, A.M., Risnes, R.; “Petroleum Related Rock Mechanics – 2nd Edition”, Elsevier, Netherland, 2008.

УДК 624.159.4

**МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА УСИЛЕНИЯ ИНЪЕЦИРОВАНИЕМ
ОСНОВАНИЯ, СЛОЖЕННОГО СКАЛЬНЫМИ И НАСЫПНЫМИ
ГРУНТАМИ**

НУЖДИН Матвей Леонидович

к.т.н., директор по научной работе ООО «ГРОСФ», Иркутск, Россия,
89139059520@mail.ru

НУЖДИН Леонид Викторович

к.т.н., профессор, научный руководитель ООО «НПЭКП «ОиФ», Новосибирск,
Россия, Nuzhdin_ML@mail.ru

**QUALITY CONTROL METHODS OF STRENGTHENING ROCK AND BULK
SOILS BASE BY INJECTION**

NUZHHDIN Matvey L.

PhD in Sci. Tech, Director of Scientific Work LLC “GROSF”, Irkutsk, Russia,
89139059520@mail.ru

NUZHHDIN Leonid V.

PhD in Sci. Tech, Professor, Scientific Director LLC “O&F”, Novosibirsk, Russia,
Nuzhdin_ML@mail.ru

Корпус тонкого дробления представляет собой прямоугольное здание в плане, с габаритными размерами 39,50×39,00 м, высотой 46,7 м. Фундаменты корпуса – ленточные мелкого заложения шириной 3750 мм и 4000 мм. В корпусе размещается вал высокого давления, грохот вибрационный и конусная дробилка – на отдельностоящих фундаментах стенчатого типа, с габаритными размерами подошвы 16350×14750 мм, 16350×12150 мм и 12450×7500 мм. Основание фундаментов сложено скальными грунтами – гранодиоритами средней прочности, сильнотрещиноватыми и насыпными щебенистыми грунтами. Насыпные грунты до начала строительства уплотнялись тяжелыми катками.

В процессе возведения, вследствие неравномерных деформаций из-за существенной неоднородности основания, в теле фундаментов появились трещины с шириной раскрытия до 2,5 мм. Усиление недоуплотненных насыпных грунтов и заполнение трещин в гранодиоритах выполнялось инъецированием цементно-песчаной смеси и геотехнической полимерной расширяющейся смолы.

Для контроля качества, до и после усиления был выполнены геофизические исследований и вибродинамические наблюдения – регистрация параметров колебаний фундаментов от внешних источников. Сравнение результатов – добротности основания и изменения параметров колебаний (виброскоростей и виброускорений) свидетельствовало о высоком качестве инъекционных работ.

УДК 624.138.24

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЪЕКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ
КОТЛОВАНОВ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**
АЙДАМИРОВА Екатерина Владимировна

генеральный директор ООО «Геострой», Санкт-Петербург, Россия,
aidamirova@mail.ru

ОСОКИН Анатолий Иванович

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой геотехники, Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-
Петербург, Россия, geostroy-osokin@mail.ru

ЧЕРЕМХИНА Анастасия Петровна

к.т.н., доцент, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-
Петербург, Россия, cheremhina_1@mail.ru

МАЛЬЦЕВА Ксения Андреевна

аспирант, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия,
ksenia2300@mail.ru

**THE USE OF INJECTION TECHNOLOGIES AS PROTECTIVE
MEASURES IN THE CONSTRUCTION OF EXCAVATION PITS IN
THE HISTORICAL PART OF ST. PETERSBURG**

AIDAMIROVA Ekaterina V.

General director company “Geostroy”, LLC, Saint-Petersburg, Russia,
aidamirova@mail.ru

OSOKIN Anatoliy I.

Candidate of Technical Sciences, docent, Head of the Department of
Geotechnics, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil
Engineering, Saint-Petersburg, Russia, geostroy-osokin@mail.ru

CHERIMHINA Anastasia P.

Candidate of Technical Sciences, docent, Department of Geotechnics, Saint-
Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-
Petersburg, Russia, cheremhina_1@mail.ru

MALSTEVA Ksenia A.

Graduate Student, Department of Geotechnics, Saint-Petersburg State
University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia,
ksenia2300@mail.ru

При устройстве глубоких котлованов в условиях городской застройки необходимо обеспечить безопасность зданий окружающей застройки, которые попадают в зону влияния. Геотехнические барьеры, устраиваемые между стенкой котлована и фундаментами существующих зданий могут относиться как к пассивным, так и к активным защитным мероприятиям. Для инъектирования закрепляющих растворов в грунт использовалась манжетная технология. Размеры геотехнического барьера, горизонты нагнетания, последовательность инъекционного закрепления грунтов принимались на основании геотехнического обоснования и предварительных расчётов по разработанному проекту защитных мероприятий при устройстве котлована глубиной 8,0 м в исторической части города. Исследования, проведенные нами, связаны с использованием инъекционных технологий и влиянием инъекционного закрепления грунтов на изменение физико-механических и деформационных характеристик грунтов. Результаты исследований показали постепенное в процессе поэтапного нагнетания в грунт закрепляющих растворов изменение характеристик грунта: коэффициента пористости e , угла внутреннего трения φ , сцепления c и модуля деформации E . Исследования проводились при помощи легкого полевого зонда, статического зондирования и лабораторных испытаний. Возможность использования в поверочных и прогностических расчетах реальных значений улучшенных характеристик грунтов при устройстве геотехнических барьеров позволяет расчетно получить более корректные значения возможных дополнительных деформаций фундаментов зданий окружающей застройки. При исследованиях использовались цементные растворы на основе: Портландцемента М500 производства Цесла г. Сланцы Ленинградской области, микроцемента марки «Ультрацемент-5» производства ООО «НПО «Полицелл», г. Владимир. Технологические параметры приготовления раствора, режимы нагнетания были приняты на основании Стандарта организации – подрядчика. Отмечается, что при нагнетании в пылевато-глинистые грунты инъекционных растворов на основе микроцемента, зона распространения раствора на 24-47 % больше, чем при использовании обычного цемента. Геотехнический мониторинг с измерением деформаций защищаемого здания, проводимый в процессе опытного нагнетания в грунт закрепляющих растворов показал, что при использовании микроцементов деформации подъема составили всего 1,5 мм, в то время как при использовании обычного цементного раствора – 8,2 мм. На практическом примере показаны преимущества использования инъекционных растворов на основе микроцементов для выполнения защитных мероприятий зданий исторической застройки, которые позволяют исключить технологические деформации в процессе закрепления грунтов по манжетной технологии.

УДК 627.41

ПРИМЕНЕНИЕ ГРУНТОАРМИРОВАННЫХ И ГРУНТОНАПОЛНЯЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ И ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

КАШАРИН Денис Владимирович

К.т.н., доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия, dendvk1@mail.ru

THE USE OF GROUND-REINFORCED AND GROUND-FILLED STRUCTURES FOR SHORE PROTECTION AND ANTI-LANDSLIDE MEASURES

KASHARIN Denis V.

Candidate of Technical Sciences, associate Professor, M.I.Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, andreev@kgasu.ru

Предлагается применение в качестве противозэрозийных и берегозащитных сооружений грунтоармированных и грунтонаполняемых оболочек, заполняемых местным грунтом [1-3]. Рассматриваются аналитические и численные методы определения их напряженно-деформированного состояния, а также физического моделирования напряженно-деформированного состояния грунтоармированного массива [3-5]

Список литературы / References

- 1 Курбанов С. О., Созаев А. А. Проблемы инженерной защиты и природоохранного обустройства прибрежных урбанизированных зон малых рек на Юге России // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2016. № 118(04). С. 916–936.
2. Кашарин Д. В. Методы расчета грунтоармированных флутбетов мобильных сооружений на слабых грунтах // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 2011. Т. 264. С. 43–55.
3. Кашарин Д. В. Защитные инженерные сооружения из композитных материалов в водохозяйственном строительстве: монография. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 343 с.
4. Guo W., Chu J., Yan S. Analytical and numerical studies of geosynthetic tubes resting on deformable foundations // Geotechnical Special Publication. 2014. 2(238). P. 503–514.
5. Abd A., Utili S. Design of geosynthetic-reinforced slopes in cohesive backfills // Geotextiles and Geomembranes. 2017. № 45(6). P. 627–641.

УДК 624.138

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ УПЛОТНЕНИЯ
СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ
ВАКУУМИРОВАНИЕМ С УЧЕТОМ МИРОВОГО ОПЫТА**

ЗЕХНИЕВ Фаршед Фарходович

к.т.н., заведующий лабораторией оснований и фундаментов на слабых грунтах №2 НИИОСП им. Н. М. Герсеева, Москва, Россия, farshedzehni@yandex.ru

ВНУКОВ Дмитрий Алексеевич

заместитель заведующего лабораторией оснований и фундаментов на слабых грунтах №2 НИИОСП им. Н. М. Герсеева, Москва, Россия, lab2@bk.ru

НИКОЛАЕВ Алексей Николаевич

научный сотрудник лаборатории оснований и фундаментов на слабых грунтах №2 НИИОСП им. Н. М. Герсеева, Москва, Россия, lab2@bk.ru

САЗОНОВА Анна Владимировна

младший научный сотрудник лаборатории оснований и фундаментов на слабых грунтах №2 НИИОСП им. Н. М. Герсеева, Москва, Россия, lab2@bk.ru

**PROSPECTIVE RESEARCH PROBLEMS OF VACUUM
PRELOADING METHOD FOR SOFT SOIL IMPROVEMENT BASED
ON WORLD EXPERIENCE**

ZEKHNIEV Farshed F.

Cand. Sci. (Engineering), Head of laboratory № 2 NIOSP, Moscow, Russia, farshedzehni@yandex.ru

VNUKOV Dmitriy A.

Deputy Head of the laboratory № 2 NIOSP, Moscow, Russia, lab2@bk.ru

NIKOLAEV Alexey N.

Scientific researcher of laboratory № 2 NIOSP, Moscow, Russia, lab2@bk.ru

SAZONOVA Anna V.

Junior researcher of laboratory № 2 NIOSP, Moscow, Russia, lab2@bk.ru

Уплотнение слабых водонасыщенных грунтов вакуумированием – один из широко используемых за рубежом методов инженерной подготовки основания. Хотя данный метод был предложен еще в 1950-х годах, принципы и механизмы вакуумной консолидации были изучены только в 1990-2010 гг. В статье авторами обозначены перспективные задачи

исследования уплотнения слабых водонасыщенных грунтов вакуумированием по результатам выполненного обзора мировых исследований данного метода [1], в т.ч. проводимых лабораторных исследований по изучению вакуумной консолидации грунтов и применяемых численных моделей для определения основных параметров консолидации (срок консолидации и осадка).

Список литературы / References

1. Chu J., Yan S., Indraratna B. Vacuum Preloading Techniques - Recent Developments and Applications // GeoCongress 2008, New Orleans, Geosustainability and Geohazard Mitigation GPS 178, Reddy, KR, Khire, MV, Alshawabkeh, AN (eds), 2008, 586-595.

УДК 624.131.37

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С ПЕСЧАНЫМ ГРУНТОМ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ВЫТЯГИВАНИЕ

КАЗАКОВ Максим Сергеевич

аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, cazakow23@yandex.ru

ОФРИХТЕР Вадим Григорьевич

д.т.н., заведующий кафедрой Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, ofrikhter@mail.ru

CHARACTERISTICS OF THE INTERACTION OF GEOSYNTHETIC MATERIAL WITH SANDY SOIL DURING THE PULLING TEST KAZAKOV Maksim S.

Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, cazakow23@yandex.ru

OFRIKHTER Vadim G.

Doctor of Technical Science, Head of the department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, ofrikhter@mail.ru

При проектировании геотехнических сооружений из грунта, армированного геосинтетическими материалами, требуется количественная оценка взаимодействия армирующих элементов с грунтом. Такое взаимодействие характеризуется контактными характеристиками, а именно углом трения и адгезией на контакте геосинтетического материала с грунтом. Для проведения исследований была сконструирована и изготовлена опытная установка по вытягиванию геосинтетического материала из грунта, соответствующая требованиям ГОСТ Р 70037-2022. В статье представлены результаты испытаний на вытягивание тканого геосинтетического материала из массива песчаного грунта по методике ГОСТ. Целью экспериментов являлось определение контактных характеристик на границе «грунт-геосинтетик» и анализ механизма вытягивания. По результатам испытаний на вытягивание получены значения угла трения на контакте геосинтетического материала с грунтом, составлена корреляционная зависимость полученных результатов с испытаниями армогрунтовых образцов в приборе трехосного сжатия, зафиксированы и описаны три характерные стадии работы геотекстиля в несвязном грунте с учетом осевой жесткости армирующих элементов. На основании результатов проведенных исследований составлены рекомендации по проведению испытаний на вытягивание тканого геосинтетического материала по методике ГОСТ.

УДК 624.15

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ, АРМИРОВАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ТРОНДА Татьяна Валерьевна

Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, t.v.tronda@gmail.com

NUMERICAL MODELLING OF SOIL MASSES REINFORCED WITH VERTICAL ELEMENTS

TRONDA Tatiana V.

Intersectoral Institute for Advanced Studies and Retraining of Personnel in Management and Development of Personnel, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, t.v.tronda@gmail.com

Одним из эффективных способов армирования грунтовых массивов является применение вертикальных элементов (ВЭ) из сухой бетонной смеси [1, 2]. Целью работы является нахождение численно-аналитического решения задачи по определению осадки плитного фундамента на улучшенном ВЭ основании. Для этого проведены численные исследования вертикально армированного основания каркасного здания. Валидация численной модели с использованием параметров грунтов по [3, 4, 5] выполнена по результатам натурных штамповых испытаний. Также выполнена проверка прочности ВЭ. Результаты исследования позволили установить влияние диаметра, шага, длины ВЭ, а также мощности и деформативности армируемого грунта на осадку плитного фундамента. В ходе работы выявлено, что эффективность технологии выше для грунтов с низкими деформационными характеристиками. Для сильнодеформируемых грунтов осадка снижается до 44% в зависимости от глубины и шага армирования.

Список литературы / References

1. Никитенко М.И., Тронда Т.В. Усиление слабых грунтов вертикальными армирующими элементами из сухой бетонной смеси // Главный инженер в строительстве. – Минск, 2014. – № 12. – С. 20-24.
2. Сернов В.А., Тронда Т.В. Модельные исследования и практическое применение вертикальных армодрирующих элементов для улучшения слабых глинистых грунтов в городе Минске // Вестник Полоцкого

государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2019. – № 16. – С. 45-52.

3. Hardin B.O., Drnevich V.P. Shear modulus and damping in soils: Design equations and curves // Proc. ASCE: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. – 1972. – Vol. 98, № 7. – P. 667-692.

4. Sharafutdinov R. Statistical and regression analyses of sands stiffness in triaxial tests and application of the results // Rock and Soil Mechanics. – 2022. – Vol. 43, № 10. – P. 2873-2886. – DOI : 10.16285/j.rsm.2022.00006.

5. Sharafutdinov R. Clay soil stiffness under consolidated isotropic drained triaxial tests // Magazine of Civil Engineering. – 2023. – Vol. 121, № 5. – P. 72-92. – DOI : 10.34910/MCE.121.6.

**СЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ»**

УДК 624.016; 624.075; 624.15; 624.137.5

**ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ
ЗАПОЛНЕННЫХ ГРУНТОМ БЛОКОВ**

КУЗОВАТКИН Игорь Валерьевич

ассистент департамента геоинформационных технологий
Дальневосточного федерального университета, Владивосток, Россия,
kuzovatkiv@dvfu.ru

ЦИМБЕЛЬМАН Никита Яковлевич

д.т.н., профессор департамента геоинформационных технологий
Дальневосточного федерального университета, Владивосток, Россия,
tsimbelman.nya@dvfu.ru

ЧЕРНОВА Татьяна Игоревна

ст. преп. департамента геоинформационных технологий Дальневосточного
федерального университета; ст. науч. сотр. Филиала ФГБУ «ЦНИИП
Минстроя России» ДальНИИС, Владивосток, Россия, chti@mail.ru

БАБКИН ВАЛЕНТИН НИКОЛАЕВИЧ

Генеральный директор ООО «Корбет», Москва, Россия,
v.babkin@korbetstroy.ru

СЕЛИВАНОВА Мария Александровна

ст. преп. департамента геоинформационных технологий Дальневосточного
федерального университета, Владивосток, Россия, selivanova.ma@dvfu.ru

АВЕТЯН Любовь Владимировна

ст. преп. департамента геоинформационных технологий Дальневосточного
федерального университета, Владивосток, Россия, avetyan.lv@dvfu.ru

**LIMIT STATES OF RETAINING STRUCTURES MADE OF SOIL-
FILLED BLOCKS**

Kuzovatkiv Igor V.

assistant, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia,
kuzovatkiv@dvfu.ru

Tsimbelman Nikita Ya.

DSc (Eng), professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia,
tsimbelman.nya@dvfu.ru

Chernova Tatyana I.

senior teacher, Far Eastern Federal University; senior researcher, Branch FGBU
“TSNIIP Russian Ministry of Construction DalNIIS, Vladivostok, Russia,

ch t i@mail.ru

Babkin Valentin N.

General Director, Korbet LLC, Moscow, Russia, v.babkin@korbetstroy.ru

Selivanova Mariya A.

senior teacher, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia,
selivanova.ma@dvfu.ru

Avetyan Lyubov V.

senior teacher, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia,
avetyan.lv@dvfu.ru

Предложены и обоснованы схемы предельных состояний подпорных сооружений, выполненных из заполненных щебнем блоков. Рассматриваемые подпорные сооружения возводятся из сборных предварительно изготовленных пустотелых элементов (коробов, оболочек), устанавливаемых друг на друга с соблюдением вертикальности лицевой грани либо ступенями, со смещением рядов в сторону засыпки, по мере формирования массива удерживаемого грунта с одновременным заполнением полостей щебнем. Конструкция и технология возведения приводит к некоторому видоизменению типовых схем предельных состояний для данного вида подпорных сооружений, что, в свою очередь, требует учёта особенностей работы сооружения под нагрузкой при формировании расчётных схем и моделей. В результате сформированы теоретические предпосылки и выполнена постановка экспериментальных исследований определения качественной картины поведения рассматриваемой геотехнической системы при достижении подпорной стенкой рассматриваемой конструкции предельных состояний первой группы.

УДК 691.131.54

**ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ УПЛОТНЕННЫХ МАССИВОВ ИЗ
ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ (ПГС) В ПРОСАДОЧНЫХ
ГРУНТАХ II ТИПА С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ**

ПОПСУЕНКО Иван Константинович

Ведущий научный сотрудник АО «НИЦ «Строительство», Россия, info@elitgeo.ru

РЫТОВ Сергей Александрович

Начальник центра исследований свайных фундаментов АО «НИЦ «Строительство», Россия, rytovsa@mail.ru

МАЛЕЕВА Анна Николаевна

Главный специалист, АО «НИЦ «Строительство», grunlab18@gmail.com

**NUMERICAL CALCULATION OF COMPACTED MASSIFS FROM
SAND-GRAVEL MIXTURES (PGS) IN SUBSIDENCE SOILS OF TYPE
II, TAKING INTO ACCOUNT THE TIME FACTOR**

POPSUENKO Ivan K.

Leading researcher of the Joint-Stock Company Research Center for Construction, Russia, info@elitgeo.ru

RYTOV Sergey A.

Head of the Center for Research of Pile Foundations of the Joint-Stock Company Research Center for Construction, Russia, rytovsa@mail.ru

MALEEVA Anna N.

Chief specialist of the Joint-Stock Company Research Center for Construction, Russia, grunlab18@gmail.com

Численный расчет уплотненных массивов выполнен по модели ползучести (Soft Soil Creep) применительно к просадочным грунтам [1]. Параметры модели приняты по лабораторным длительным компрессионным испытаниям образцов просадочного грунта, отобранных на площадке. Для валидации расчетной модели использован мониторинг просадок натурной плиты на уплотненном массиве из ПГС по аналогии с [2].

Список литературы / References

1. Попсуенко И.К. Экспериментальные исследования и численное моделирование взаимодействия армированного массива с просадочным грунтом//Фундаменты. 2023.-№1.-С.22-28.
2. Шарафутдинов Р.Ф. и др. Использование геотехнического мониторинга для валидации расчетной модели на примере высотного здания//Основания, фундаменты и механика грунтов. 2024.№6.-с.2-9.

УДК 631.432.1

**МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ
ГРУНТОВЫХ ВОД ГОРОДА АСТАНЫ В УСЛОВИЯХ
ИНТЕНСИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

АЛИБЕКОВА Нургуль Толеубаевна

Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

АМАНЖОЛОВА Шұғыла Ғалымжанқызы

Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

**METHODS FOR PREDICTING CHANGES IN ASTANA CITY'S
GROUNDWATER LEVEL UNDER INTENSIVE CONSTRUCTION
CONDITIONS**

ALIBEKOVA Nurgul Toleubaevna

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

AMANZHOLOVA Agila Galymzhanovna

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Работа посвящена анализу проблемы повышения уровня грунтовых вод и подтоплений в городе Астана в условиях интенсивного строительства и урбанизации. Увлажнение почвы, снижение естественного водоотведения и изменения в водном балансе города из-за строительства могут значительно повлиять на уровень грунтовых вод, что в свою очередь повышает риски подтоплений. Оценка этих рисков и применение методов прогнозирования, таких как гидрологические модели, геоинформационные системы (ГИС) и методы мониторинга, являются важными для предотвращения катастрофических последствий. Статья рассматривает текущие методы прогнозирования и способы уменьшения рисков подтоплений на основе анализа изменения уровня грунтовых вод.

УДК 624.15:699.841

ВЛИЯНИЕ ТИПА ФУНДАМЕНТА НА ДИНАМИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ СИСТЕМЫ «ГРУНТ – ФУНДАМЕНТ – ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ» ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

АЛАНОКА Чамби Сесар Алфонсо

Аспирант кафедры геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия, alanoca.cesar@yandex.ru.

ОСОКИН Анатолий Иванович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геотехники Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, geostroy-osokin@mail.ru.

КОНДРАТЬЕВА Лидия Никитовна

Доктор технических наук, профессор кафедры геотехники Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, kondratjevaln@yandex.ru.

EFFECT OF FOUNDATION TYPE ON THE DYNAMIC RESPONSE OF THE GROUND-FOUNDATION-HIGH-RISE BUILDING SYSTEM UNDER SEISMIC LOAD

ALANOCA Chambi César Alfonso

Postgraduate Student, Department of Geotechnics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia, alanoca.cesar@yandex.ru.

OSOKIN Anatoly Ivanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Department of Geotechnics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, geostroy-osokin@mail.ru.

KONDRATYEVA Lidiya Nikitovna

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geotechnics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, kondratjevaln@yandex.ru.

Динамическая реакция высотных зданий при сейсмических нагрузках существенно зависит от взаимодействия между фундаментом и подстилающим грунтом. В данном исследовании рассматривается влияние типа фундамента на сейсмическое поведение системы «грунт – фундамент – высотное здание», с особым акцентом на мягкие грунты. Анализируются

различные типы фундаментов, включая мелкозаглубленные основания, свайные фундаменты и комбинированные решения, с целью оценки их влияния на структурную устойчивость, рассеивание энергии и эффект амплификации во время сейсмических событий [1, 2].

Разработана численная модель на основе метода конечных элементов (МКЭ) для моделирования взаимодействия «грунт–сооружение» и определения ключевых параметров, таких как собственные частоты, демпфирующие характеристики и относительные перемещения между этажами [3, 4]. Анализ учитывает нелинейное поведение грунта, принимая во внимание деградацию жесткости, зависящую от деформации, и изменение демпфирования. Результаты показывают, что гибкость фундамента играет решающую роль в изменении динамических характеристик высотных зданий, влияя на резонансные явления и общую сейсмостойкость конструкции [5].

Выводы данного исследования предоставляют ценные рекомендации по оптимизации проектирования фундаментов в сеймоопасных районах с мягкими грунтами. Предложены меры по повышению сейсмической устойчивости высотных зданий за счет выбора оптимального типа фундамента и укрепления грунтового основания.

Список литературы / References

1. Газетас, Г. (1991). Колебания фундаментов. Динамика грунтов и сейсмическое строительство, 10(2), 47-78.
2. Милонакис, Г., Николау, С., Газетас, Г. (2006). Фундаменты под сейсмическими нагрузками: анализ и проектирование с акцентом на мостовые опоры. Динамика грунтов и сейсмическое строительство, 26(9), 824-853.
3. Чопра, А. К. (2020). Динамика сооружений: теория и применение в сейсмостойком строительстве (5-е изд.). Pearson.
4. Каузель, Э. (2010). Основы сейсмического строительства. Издательство Кембриджского университета.
5. Вольф, Й. П. (1985). Динамическое взаимодействие грунта и сооружений. Prentice Hall.

УДК 624.154.1

УЧЕТ РЕЗОНАНСНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ КОЛЕБАНИЙ БОЛЬШЕРАЗМЕРНОГО СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА

НУЗДИН Леонид Викторович

к.т.н., профессор Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Новосибирск, Россия, nuzhdin_ml@mail.ru

МИХАЙЛОВ Виктор Сергеевич

Руководитель Проектного офиса Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Новосибирск, Россия, vsmikhailov@mail.ru

RESONANT EFFECTS CONSIDERATION IN THE CALCULATION OF LARGE-SIZE PILE FOUNDATION VIBRATIONS

NUZHIDIN Leonid V.

PhD of Engineering, professor, Novosibirsk State University of Architecture and Engineering, Novosibirsk, Russia, nuzhdin_ml@mail.ru

MIKHAYLOV Victor S.

Head of Project office of Novosibirsk State University of Architecture and Engineering, Novosibirsk, Russia, vsmikhailov@mail.ru

Вопрос расчета большеразмерных фундаментов в условиях динамических воздействий является наименее регламентированным в нормативно-технической документации. Авторами предложен комплексный численно-аналитический метод расчета свайных фундаментов на сейсмические воздействия. В докладе представлены результаты численно-аналитических и натурных исследований процесса колебаний грунтового основания до и после устройства большеразмерного свайного поля.

Анализ амплитудно-частотных характеристик основания выполнялся для аналитических одномерных моделей по классической методике SHAKE в сейсмологической программ DEEPSOIL и для пространственных конечно-элементных моделей грунтового массива в расчетном комплексе SCAD. Показано высокое совпадение аналитического подхода, общепринятого для целей сейсмического микрорайонирования, и численного решения задачи, позволяющего учесть влияние железобетонных свай на жесткость усиленного ими основания на этапе проектирования фундамента.

На примере фундамента высотного сооружения в Грозном показан пример экспериментальной верификации численных моделей путем регистрации малоамплитудного микросейсмического поля. Предложенный метод позволяет на этапе инженерных изысканий определить резонансные свойства исходного грунтового основания, а на этапе возведения сооружения выполнять мониторинг соответствия фактических резонансных свойств большеразмерного свайного поля проектным параметрам.

УДК 691.175.743

**СЛАБЫЕ ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ КАК ОСНОВАНИЯ
ФУНДАМЕНТОВ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
г. ТОМСКА**

ПОЛИЩУК Анатолий Иванович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия, ofpai@mail.ru

ПЕТУХОВ Аркадий Александрович

к.т.н., доцент Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия, paa5579@mail.ru

СТОЛЯРОВА Наталья Юрьевна

главный геолог ООО «Стройтехинновации ТДСК», Томск, Россия, snu@sti.tom.ru

**FEATURES OF DISTRIBUTION OF SOFT SOILS IN THE
TERRITORY OF TOMSK**

POLISHCHUK Anatoliy I.

doctor of engineering, professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, ofpai@mail.ru

PETUKHOV Arkadiy A.

phd, associate professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, paa5579@mail.ru

STOLYAROVA Natalya Y.

chief geologist of Stroytekhinnovatsii TDSC LLC, Tomsk, Russia, snu@sti.tom.ru

На основании анализа результатов изысканий за период 2000–2025 г. и опыта гражданского строительства на территории г. Томска выделены зоны распространения слабых глинистых грунтов, залегающих в пределах глубины до 25–30 м от поверхности основания (супеси пластичные и текучие, редко влажные песчанистые и пылеватые; суглинки и глины от полутвердых до текучих, включая суглинки обводненные незначительной мощности, а также легкие песчанистые и пылеватые). Наличие разновидностей глинистых грунтов на этапе выполнения подготовительных работ позволяет наметить объемы инженерно-геологических изысканий под гражданское строительство с учетом выполнения сейсмического микрорайонирования, также предполагаемые конструктивные решения фундаментов гражданских зданий. Зоны распространения слабых глинистых грунтов разделены по типам проектируемых фундаментов: мелкого заложения и свайных. При составлении карты распространения слабых глинистых грунтов использованы данные бурения и статического зондирования.

УДК 624.15

ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА КОМПЕНСИРУЮЩЕГО СЛОЯ В ФУНДАМЕНТАХ РЕЗЕРВУАРОВ

КИСЕЛЁВ Никита Юрьевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
kiselev3452@yandex.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень,
Россия, geofond.tgasu@gmail.com

JUSTIFICATION OF THE DEVICE OF A COMPENSATING LAYER IN THE FOUNDATIONS OF RESERVOIRS

KISELEV Nikita I.

Candidate of Technical Sciences, Tyumen Industrial University, Tyumen,
Russia, muslova99@yandex.ru

PRONOSIN Yakov A.

Doctor of Technical Sciences, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen,
Russia, geofond.tgasu@gmail.com

Приводится обоснование технического и экономического эффекта устройства компенсирующего слоя в основании плитных фундаментов вертикальных стальных цилиндрических резервуаров (РВС). Рассмотрены особенности взаимодействия плитных фундаментов резервуаров с грунтовым основанием. Предложено выравнивать неравномерные осадки под краем и центом фундаментов РВС путем укладки промежуточной подготовки переменной жесткости между подошвой плиты и грунтовым основанием. Приведены численные расчеты плитных фундаментов традиционной конструкции и фундаментов с компенсирующим слоем. Показано, что устройство компенсирующего слоя, позволяет уменьшить неравномерность осадок и внутренние усилия в конструкции фундаментной плиты.

УДК 624.131

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ОСНОВАНИЯ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

СИРАЗИЕВ Ленар Фиргатович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

STRESSED AND DEFORMED STATE OF MULTILAYER FOUNDATION FOR SLAB FOUNDATIONS

SIRAZIEV Lenar.F.

PhD, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

В связи с увеличением применения плитных фундаментов возникает необходимость в развитии методики расчета прочности и деформаций с учетом совместного деформирования со слоистым основанием. Цель исследования – выявить особенности распределения сжимающих напряжений в слоистых основаниях под центром модели плитного фундамента. Проведены несколько серий экспериментальные исследования многослойных оснований плитных фундаментов, в которых варьировались различные параметры. В результате получены относительные деформации в массиве грунта и величины осадок каждого слоя. Основные результаты исследования состоят в получении картины напряженно-деформированного состояния многослойных оснований не только в условиях действия уравнения теории линейно деформируемых тел, но и при наличии областей предельного напряженного состояния. Значимость полученных результатов для строительной области состоит в установлении влияния слоистости основания на распределение сжимающих напряжений под центром штампа при давлениях больших структурной прочности.

УДК 624.131

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛОИСТОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

ЗАГИДУЛЛИН Марат Альбертович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, zagidullah@gmail.com

КОРОЛЕВА Ирина Владимировна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного
университета, Казань, Россия, ofdsiig.koroleva@bk.ru

LAYERED SOIL BASE DEFORMATION FEATURES

ZAGIDULLIN Marat A.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan,
Russia, zagidullah@gmail.com

KOROLEVA Irina V.

Candidate of Engineering, docent, Kazan State University of Architecture and
Engineering, Kazan, Russia, ofdsiig.koroleva@bk.ru

Слоистая структура грунтового основания оказывает существенное влияние на его прочностные и деформационные характеристики. При проектировании фундаментов и инженерных сооружений крайне важно учитывать неоднородность грунтов, обусловленную чередованием слоёв с различными физико-механическими свойствами.

Каждый слой основания может обладать различными значениями модуля деформации, плотности, влажности и прочности. Это приводит к неравномерному распределению напряжений и, как следствие, к неравномерным осадкам сооружений.

При взаимодействии слоёв с различной жесткостью наблюдается концентрация напряжений на границах между слоями. [1] Это может приводить к локальным деформациям и даже к трещинообразованию в элементах конструкции. Также могут возникать различные деформационные отклики в зависимости от чередования плотных и слабых слоёв. [6–8]

Важную роль играют и условия нагружения. При длительном статическом воздействии могут происходить медленные деформации, связанные с консолидацией или изменением структуры слабых слоёв. [2–5]

Таким образом, правильный учет слоистого строения основания позволяет повысить надёжность и устойчивость сооружений, а также избежать дополнительных затрат на усиление фундаментов и ремонт. Понимание особенностей деформирования слоистых грунтов является ключевым фактором в обеспечении безопасности и долговечности строительных объектов.

Список литературы / References

1. Вайнгольц А. И. Прогноз несущей способности двухслойного основания на основе результатов анализа его напряженного состояния: дис. канд. тех. наук // 2014. С. 175.
2. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Расчет несущей способности и осадок оснований фундаментов при длительном действии статической нагрузки // Известия КГАСУ. 2011. № 17 (3). С. 71–78.
3. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Особенности деформирования глинистых грунтов при режимном нагружении // Известия КГАСУ. 2012. № 22 (4). С. 193–198.
4. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Расчетная модель осадки основания фундаментов при режимном статико-циклическом нагружении // Известия КГАСУ. 2016. № 35 (1). С. 102–110.
5. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Чернобровкина О. Ю. Экспериментальные исследования деформирования глинистых грунтов при режимном длительном трехосном нагружении // Геотехника Беларуси: наука и практика. 2013. С. 305–313.
6. Сиразиев Л. Ф. Экспериментальные исследования напряженно - деформированного состояния слоистых грунтовых оснований под центром штампа при кратковременных испытаниях // Инновации и инвестиции. 2018. (11). С. 225–228.
7. Сиразиев Л. Ф., Богданов Р. Р. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния двухслойного грунтового основания плитного фундамента при жестком подстилающем слое // Известия КГАСУ. 2012. № 19 (1). С. 67–73.
8. Сиразиев Л. Ф., Сергеев Д. Н. Экспериментальные исследования влияния напластования различных грунтов на напряженно-деформированное состояние слоистого грунтового основания плитного фундамента // Известия КГАСУ. 2017. № 40 (2). С. 153–159.

УДК 624.131

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СЛОИСТЫХ ОБРАЗЦОВ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

ВОЛКОВ Филипп Николаевич

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, filippvolk@mail.ru

КОРОЛЕВА Ирина Владимировна

к.т.н., доцент, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ofdsiig.koroleva@bk.ru

STUDIES OF THE BEHAVIOR OF LAYERED SOIL SAMPLES IN LABORATORY CONDITIONS

VOLKOV Filipp N.

Postgraduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, filippvolk@mail.ru

KOROLEVA Irina V.

Candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ofdsiig.koroleva@bk.ru

Работа слоистого основания связана с неравномерным распределением напряжений, связанным с разностью деформативных свойств слоев и прочности слагающих их грунтов. В работе представлены результаты исследования поведения слоистых образцов грунтов в лабораторных условиях. Выполнено сравнение, произведен анализ полученных результатов экспериментов.

**СЕКЦИЯ «ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ СТЕСНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ
ЗАСТРОЙКИ»**

УДК 624.154.5

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА
ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ**
ОСОКИН Анатолий Иванович

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия, geostroy-osokin@mail.ru

СЕРЕБРЯКОВА Анна Борисовна

к.э.н., доцент, исполнительный директор, ООО «Бюро экспертизы и совершенствования проектных решений», Санкт-Петербург, Россия, bspr-spb@yandex.ru

ДЕНИСОВА Ольга Олеговна

к.т.н., доцент, главный специалист ООО «Бюро экспертизы и совершенствования проектных решений», Санкт-Петербург, Россия, olechka.kohan@yandex.ru

БАШМАКОВ Иван Борисович

аспирант, ассистент кафедры геотехники, Санкт-Петербургский государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, 179bib@gmail.com

**FEATURES OF DESIGNING AND ARRANGING FOUNDATIONS OF
BUILDINGS AND STRUCTURES IN CONDITIONS OF DENSE URBAN
DEVELOPMENT ON WEAK SOILS**

OSOKIN Anatoliy I.

Candidate of Technical Sciences, docent, Head of the Department of Geotechnics, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia, geostroy-osokin@mail.ru

SEREBRYAKOVA Anna B.

Candidate of Economic Sciences, docent, Executive Director, Bureau of Expertise and Improvement of Design Solutions, LLC, Saint-Petersburg, Russia, bspr-spb@yandex.ru

DENISOVA Olga O.

Candidate of Technical Sciences, docent, Bureau of Expertise and Improvement of Design Solutions, LLC, Saint-Petersburg, Russia, olechka.kohan@yandex.ru

BASHMAKOV Ivan B.

Graduate Student, assistant, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia, 179bib@gmail.com

Строительство в стесненной городской застройке сопряжено с влиянием геотехнических процессов на окружающую застройку. Нами проведены

исследования по оценке степени влияния различных технологий изготовления свайных фундаментов на грунты основания вблизи расположенных зданий и вероятность возникновения неравномерных деформаций соседних зданий.

Проводимый мониторинг деформаций зданий окружающей застройки и измерение деформаций на поверхности грунта при изготовлении свай, устраиваемых по различным технологиям, позволяют определить степень технологического влияния на здания и сооружения окружающей застройки.

На основе обобщения опыта устройства свайных фундаментов в плотной застройке был выполнен качественный анализ конструктивных и технологических решений типов фундаментов строящихся зданий в плотной городской застройке с учетом степени технологического воздействия изготовления свай на окружающую застройку.

Предложено аналитическое решение задачи по определению дополнительных деформаций массива грунта и зданий окружающей застройки при устройстве свай вытеснения, выполняемых в границах замкнутого контура ограждения.

Величины дополнительных деформаций, вызванные воздействием технологии устройства свай вытеснения, сложно поддаются определению и не имеют расчётной методики оценки. Анализ данных по мониторингу на объектах, в составе которых устраиваются сваи вытеснения, показывает, что введение компенсационных (превентивных) мероприятий в виде разделительной конструкции ограждения между границей свайного поля и сохраняемыми зданиями окружающей застройки уменьшает, но не исключает появление технологических подъёмов их фундаментов при выполнении соответствующего цикла строительных работ.

За основу составления расчётной схемы была принята плоская задача Е. Мелана (1932 г.), дополненная в последующем (1954 г.) М. И. Горбуновым-Посадовым и О. Я. Шехтер, об определении напряжений и перемещения точек в грунтовом массиве, возникающих под действием расположенных в его объёме единичных сил. Расчётная схема задачи Мелана для данного случая представлена на рис. 1.

Представленное аналитическое решение позволило уточнить значение геотехнических защитных мероприятий на сохранность окружающей застройки.

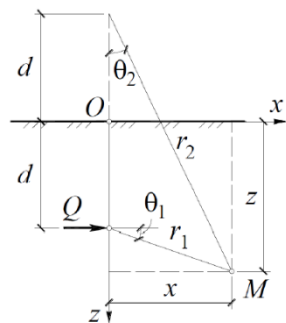


Рис. 1. Расчётная схема задачи Е. Мелана для силы, действующей в горизонтальном направлении.

УДК 624.131.537

ВЛАЖНОСТЬ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ И ОТКОСОВ, СЛОЖЕННЫХ ПЕСЧАНЫМИ ГРУНТАМИ

ПОПОВ Дмитрий Валериевич

к.т.н., доцент Самарского государственного технического университета, Самара,
Россия, popov38@yandex.ru

HUMIDITY AS A FACTOR INFLUENCING THE STABILITY OF SLOPES COMPOSED OF SANDY SOILS

POPOV Dmitry V.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Samara State Technical University,
Russia, Samara, popov38@yandex.ru

Территории, подлежащие застройке, не всегда имеют спокойный рельеф, а соответственно могут располагать на своих площадях склоны или откосы, способные терять свою устойчивость. Потеря устойчивости массивов грунтов происходит в процессе повышения влажности, из-за чего у них снижаются: удельный вес и силы трения в местах контакта твёрдых частиц [1]. Повышение влажности до определённых величин приводит к образованию связей между частицами грунта за счёт поверхностного натяжения свободной воды, т.е. к некоторому повышению прочностных характеристик грунта, а соответственно увеличению устойчивости склонов или откосов. В процессе исследования была проведена серия лабораторных экспериментов по установлению зависимости влияния влажности на численные показатели прочностных характеристик песчаных грунтов, в результате которых было выявлено, что в диапазоне влажности от 1,0 до 8,2% происходит нарастание сил удельного сцепления, достигая величины 2,4кПа [2]. На втором этапе исследований полученные результаты лабораторных экспериментов использовались в математическом эксперименте по расчёту устойчивости условного склона, по результатам которого было установлено, что в диапазоне влажности песчаного грунта от 6,0 до 8,2% не только не снижается показатель устойчивости склона, а наоборот происходит его увеличение [3]. Результаты проведённого эксперимента позволяют использовать их при осуществлении мониторинга склонов или откосов.

Список литературы / References

1. Гольдштейн М. Н. Исследования устойчивости оползневых масс и способы ее повышения – В сб. : Борьба с оползнями, обвалами и размывами на ж.д. Кавказа – М.: 1961.
2. Шахунянц Г. М. К вопросу выбора рациональных методов расчёта склонов – В сб.: Оползни и борьба с ними. Тр. / Сев. Кавказа семинара – Ставрополь, 1964.
3. Гольдштейн М. Н. Вариационный метод решения задач об устойчивости грунтов. – В сб.: Вопросы геотехники: Тр. /ДИИТ. – Киев, 1969, № 16.

УДК 624.15

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ПРИРОДНОГО СКЛОНА В Г. ТОБОЛЬСКЕ В УСЛОВИЯХ
ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ**

ЕПИФАНЦЕВА Лариса Рафаиловна

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
epifantsevalr@tyuiu.ru

КАЙГОРОДОВ Михаил Дмитриевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
kajgorodovmd@tyuiu.ru

КИСЕЛЕВ Никита Юрьевич

к.т.н., доцент Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия,
kiselevnj@tyuiu.ru

ПРОНОЗИН Яков Александрович

д.т.н., профессор Тюменского индустриального университета, Тюмень,
Россия, geofond.tgasu@gmail.com

**NUMERICAL MODELING OF THE STABILITY OF A NATURAL
SLOPE IN TOBOLSK CITY UNDER CONDITIONS OF
TECHNOGENIC RISKS**

EPIFANTSEVA Larisa R.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University,
Tyumen, Russia, epifantsevalr@tyuiu.ru

KAIGORODOV Mikhail D.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University,
Tyumen, Russia, kajgorodovmd@tyuiu.ru

KISELEV Nikita Y.

Candidate of Engineering, associate professor, Tyumen Industrial University,
Tyumen, Russia, kiselevnj@tyuiu.ru

PRONozIN Yakov A.

Doctor of Engineering, professor, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
geofond.tgasu@gmail.com

В работе рассматривается применение численного моделирования для оценки устойчивости природного склона и прогнозирования рисков его обрушения, на основе факта произошедшего оползня. На основе анализа произошедшего обрушения установлено, что основной его причиной стало техногенное воздействие, связанное с утечками из инженерных сетей, что

привело к обводнению глинистых грунтов, увеличению их собственного веса и главное снижению их прочности. Использование метода снижения прочности (SRM) в программном комплексе MIDAS GTS NX позволило оценить влияние природных сезонных факторов, таких как увлажнение и оттаивание грунтов и выявить опасные зоны потенциального дополнительного обрушения, для разработки превентивных защитных мероприятий. Результаты моделирования показали, что часть склона после произошедшего оползня продолжает находиться в неустойчивом состоянии, что создает угрозу для близлежащих зданий и инфраструктуры. На основе проведенного анализа предложены мероприятия по усилению склона, его стабилизации для предотвращения дальнейшего обрушения и организации геотехнического мониторинга. Статья подчеркивает важность численного моделирования как инструмента для прогнозирования аварийных ситуаций и обеспечения безопасности объектов, расположенных в зонах повышенного риска.

УДК 624.1

ПОТЕРЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ

ШУВАЛОВА Римма Артёмовна

старший инженер-геотехник ООО «Бивер Групп», Москва, Россия,
rimma27ru@mail.ru

ХРИТИН Илья Владимирович

к.т.н., старший научный сотрудник АО «НИЦ «Строительство» НИИОСП им. Н. М. Герсевича, заместитель генерального директора ООО «Бивер Групп», Москва, Россия, khritin@beavergr.ru

ТУПИКОВ Максим Михайлович

к.т.н., заведующий лабораторией № 30 АО «НИЦ «Строительство» НИИОСП им. Н. М. Герсевича, технический директор ООО «Бивер Групп», Москва, Россия, tupikov@mail.ru

LOSS OF SLOPE STABILITY WHEN SOIL MOISTURE CHANGES

SHUVALOVA Rimma A.

Senior Geotechnical Engineer, Beaver Group LLC, Moscow, Russia,
rimma27ru@mail.ru

KHRITIN Ilya V.

senior research worker OJSC SRC «Stroitelstvo» NIIOSP named after N. M. Gersevanov, Deputy CEO, Beaver Group LLC, Moscow, Russia,
khritin@beavergr.ru

TUPIKOV Maxim M.

head of laboratory No. 30 OJSC SRC «Stroitelstvo» NIIOSP named after N. M. Gersevanov, Technical Director, Beaver Group LLC, Moscow, Russia,
tupikov@mail.ru

При выполнении инженерных изысканий и проектировании искусственных сооружений с формированием откосов не всегда уделяется должное внимание возможному изменению состояния грунтов при их переувлажнении. В сочетании с такими негативными факторами как сезонное повышение уровня подземных вод, отсутствие защитных мероприятий от атмосферных осадков, это способно привести к аварийным ситуациям.

На примере аварийной ситуации установлено, что изменение влажности грунтов, слагающих откос значительно (более, чем в два раза) снижает коэффициент устойчивости откоса. Приведены рекомендации по выполнению расчетов и проектированию искусственно сформированных откосов.

Список литературы / References

1. Дашко Р.Э. Механика горных пород. М.: Недра. 1987.
2. Тихвин И.О. Рекомендации по количественной оценке устойчивости

оползневых склонов. М.: Стройиздат. 1984.

3. Канин В.А., Пашенко А.А., Пашенко А.В. // Сборник научных трудов ДОНИЖТ. №47. 2017. С.66-74.

4. Jin, L., Wei, J., Luo, C., Qin, T. Slope stability analysis based on improved radial movement optimization considering seepage effect // Alexandria Engineering Journal. 2023. Vol. 79. P.591-607. DOI: 10.34910/MCE.132.7

5. Li Y., Chai J., Xu Z. Analysis of influence of seepage on stability of foundation pit // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. 2017. Vol. 207. Iss. 1. P. 012093. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-100-105

6. Джаманбаев М.Дж., Омуралиев С.Б. Влияние влажности на устойчивость склона и прочностные свойства суглинистых грунтов // Проблемы современной науки и образования. 2017. С 116-119.

7. Маняхин И.В. Расчетный прогноз влияния инфильтрации атмосферных осадков на устойчивость склонов, сложенных щебенисто-глинистыми грунтами // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 20–24.

8. Нгуен Ф.З. Исследование зависимости прочностных свойств грунта от его физического состояния // Magazine of Civil Engineering. 2012. №9. С. 23-28.

9. Zolfaghari, A.R., Heath, A.C., McCombie, P.F. Simple genetic algorithm search for critical non-circular failure surface in slope stability analysis // Computers and Geotechnics. 2005. Vol. 32. Iss. 3. P.139-152.

10. Chen X., Huang J. Stability analysis of bank slope under conditions of reservoir impounding and rapid drawdown // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2011. Vol. 3. P. 429-437.

11. Zhang, W., Meng, X., Wang, L., Meng, F. Stability analysis of the reservoir bank landslide with weak interlayer considering the influence of multiple factors // Geomatics, Natural Hazards and Risk. 2022. Vol. 13. Iss. 1. P. 2911-2924. DOI:10.1080/19475705.2022.2149356

12. Конюшков В.В., Владимирова Е.И. // Анализ и прогноз устойчивости склона в природном состоянии, на строительный и эксплуатационный периоды // Вестник гражданских инженеров. 2017. Вып. 6 (65). С.107-113. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-107-113

13. Зехниев Ф.Ф., Внуков Д.А., Астафьев С.В., Григорян Т.Г. Инструментальные наблюдения за грунтовым массивом склона на объекте строительства Храма Архангела Михаила в Д. Путилково Московской области // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2014. №4. С. 286-297

14. Конюшков В.В., Пятница А.В. // Численное моделирование вариантного проектирования инженерной защиты территории от склоновых процессов // Вестник гражданских инженеров. 2018. Вып. 2 (67). С.100-105. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-100-105

15. Конюшков В. В. Сулейманова С. Н. Учет переувлажнения грунтов при проектировании нагельного крепления склонов // Вестник гражданских инженеров. 2023. №3 (98). С. 100-105. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-20-3-44-53

УДК 624

КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ИХ РАЗВИТИЕ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

ПОЛИЩУК Анатолий Иванович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия, ofpai@mail.ru

МАРИНИЧЕВ Максим Борисович

д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия, marinichev@list.ru

БУШУЕВА Виолетта Олеговна

магистрант Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия, bushueva.vita@mail.ru

COMPLEXITY CATEGORIES OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS AND THEIR DEVELOPMENT FOR CIVIL ENGINEERING AND RECONSTRUCTION OF BUILDINGS

POLISHCHUK Anatoliy I.

Doctor of Engineering, professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia, ofpai@mail.ru

MARINICHEV Maxim B.

Doctor of Engineering, professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia, marinichev@list.ru

BUSHUEVA Violetta O.

Master 's student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia, bushueva.vita@mail.ru

В Кубанском государственном аграрном университете им. И. Т. Трубилина ведутся исследования по обобщению инженерно-геологических условий площадок строительства гражданских зданий, которые в соответствии с действующими нормативами характеризуются как сложные (СП 47.13330.2016) [1]. Всего было проанализировано более 100 площадок для условий нового строительства и реконструкции зданий. На рассматриваемых площадках этажность зданий составляла от 20 до 40 этажей, а давление по подошве фундаментов находилось в диапазоне от 300 до 800 кПа. Было установлено, что существующая классификация сложности инженерно-геологических условий строительства (СП 47.13330.2016) не всегда отражает реальные условия освоения подобных

территорий и нуждается в своем развитии [2,3]. Авторами предложена категория сложности инженерно-геологических условий строительства (реконструкции) зданий – особо сложная. Под категорией особо сложная понимается сочетание трех и более факторов: высокая расчетная сейсмичность строительной площадки; незакономерное чередование слоев основания при их значительной неоднородности по показателям свойств грунтов в плане и по глубине; риск развития оползневых и гравитационных процессов; существенный перепад отметок рельефа в пределах строительной площадки; уклоны рельефа в двух направлениях. С учетом предложенной категории инженерно-геологических условий разработана классификация методов расчета и конструирования зданий в особо сложных условиях строительства, реконструкции и представлено их практическое внедрение [4]. Особо сложная категория инженерно-геологических условий строительства и реконструкции зданий может рассматриваться как перспективная для внесения в нормативные документы.

Список литературы / References

1. Мариничев М.Б. Исследование работы буровых висячих свай в составе фундаментов многоэтажных и высотных зданий: Монография / М. Б. Мариничев. – Краснодар : КубГАУ : Просвещение - Юг, 2022. – 155 с. ISBN 978-5-93491-917-8.
2. Polishchuk A. I., Marinichev M. B., Tkachev I. G. Evolution of the foundation design methods for multi-storey and high-rise buildings in seismic regions // 17th Asian Regional Conference on Geotechnical Engineering (17 ARC). – CRC/Balkema. 2023.
3. Полищук А.И., Мариничев М.Б. Основания и фундаменты, подземные сооружения: учебник / А.И. Полищук, М.Б. Мариничев; под ред. А.И. Полищука. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2021. – 558 с.
4. Полищук А.И., Мариничев М.Б. Бушуева В.О. Совершенствование категорий сложности инженерно-геологических условий гражданского строительства. Строительство: наука и образование. – М.: НИУ МГСУ, 2024. Т. 14, вып. 4 [54]. С. 6-18.

УДК 624.046.2

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И
ОСНОВАНИЯ НА УСИЛИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ КАРКАСА
ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ**

СКИБИН Геннадий Михайлович

д.т.н., профессор Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия, skibingm@mail.ru

СКИБИН Евгений Геннадьевич

старший преподаватель Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия, skibin.90@mail.ru

ЗАМОРОВ Александр Александрович

ассистент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия

**THE EFFECT OF THE JOINT WORK OF GROUND STRUCTURES AND
FOUNDATIONS ON THE EFFORTS IN THE ELEMENTS OF THE FRAME
OF AN INDUSTRIAL BUILDING**

SKIBIN Gennady M.

Doctor of Engineering, professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, skibingm@mail.ru

SKIBIN Evgeny G.

Senior lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, skibin.90@mail.ru

ZAMOROV Alexander A.

assistant, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia

В работе рассмотрен анализ работы железобетонного сборного каркаса на свайных фундаментах при моделировании расчетной схемы в различных постановках: плоской защемленной рамы, пространственного защемленного каркаса, плоской рамы на свайном основании, пространственного каркаса на свайном основании. Моделирование выполнено в ПК ЛИРА-САПР. Также выполнен анализ влияния горизонтальных перемещений ростверка на усилия в надземных конструкциях. Рассмотрен вопрос расчета жесткостей основания при различных расчетных сочетаниях нагрузок.

Список литературы / References

1. Ермаков С.А. Моделирование свайных фундаментов с учетом совместной работы основания и сооружения на действие вертикальной и горизонтальной сил и момента в ПК SCAD OFFICE // Сборник трудов конференции «Строительство и реконструкция», Курск. – 2019. – С. 49-51.
2. Шашкин К.Г., Васенин В.А. Численный расчет совместной работы основания и конструкций высотного здания // Геотехника. - 2010. - № 6. - С. 38-45.

УДК 624.131.522

**О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ
ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ УЧАСТКА ЕГО ГРАНИЦЫ**

УШАКОВ Андрей Николаевич

к.т.н., профессор Волгоградского государственного технического университета,
Волгоград, Россия, ushakov.andrej2012@yandex.ru

**ON THE DISTRIBUTION OF STRESSES IN A SOIL MASSIF WHEN A
SECTION OF ITS BOUNDARY IS DISPLACED**

USHAKOV Andrey N.

Candidate of Engineering, professor, Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russia, ushakov.andrej2012@yandex.ru

Хорошо известно, что все возводимые сооружения испытывают те или иные вертикальные и горизонтальные смещения, которые могут быть равномерными, однако чаще наблюдаются неравномерные смещения, в результате которых могут возникать крены, прогибы и выгибы сооружений. Нелинейные смещения носят различный характер и могут подчиняться достаточно сложным законам деформирования.

В рамках модели линейно-деформируемой среды в работе [1] приведено решение задачи о напряженно-деформированном состоянии грунтового массива при перемещении участка его границы, представляющим собой полином второй степени, а в работе [2] получена формула осадки для грунтового массива, линия перемещения которого является таким полиномом.

Получены выражения для компонент напряжения и компонент деформации второй основной граничной задачи плоской теории упругости для полуплоскости при перемещении участка ее границы, описываемом степенной функцией $g_n(t) = ct^n$, где $n \in \mathbb{N}$, c – комплексное число. Комбинирование этих функций позволит проводить анализ напряженно-деформированного состояния грунтового массива, участок которого подвержен деформациям различной, в том числе, и наперед заданной формы.

Список литературы / References

1. Богомолов А.Н., Богомолова О.А., Ушаков А.Н. О напряженно-деформированном состоянии упругой полуплоскости при нелинейном перемещении участка ее границы // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. Т.8, № 2. С. 75-86. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.2.07
2. Богомолов А.Н., Богомолова О.А., Ушаков А.Н. Определение осадок точек упругой полуплоскости при перемещении участка ее границы, описываемом нелинейной функцией // Строительство и архитектура. 2018. Т.6, № 1. С. 11-21. DOI: 10.29039/article_5abc8c5749a0c6.73664783

УДК 624.131

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОСТИ
ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ НАЗЕМНОГО И
ПОДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА**

ЛАЗУТКИН Юрий Викторович

аспирант ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ МИИТ);
заместитель директора по городскому наземному электрическому транспорту
ГБУ НИИ «МосТрансПроект», Москва, Россия, lazutkinyv@mtp.mos.ru

КУПЧИКОВА Наталья Викторовна

доцент, к.т.н. ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ МИИТ),
Москва, Россия, kupchikova79@mail.ru

ЕРЕМЕЕВ Алексей Александрович

аспирант Российского университета транспорта (РУТ МИИТ), Москва, Россия,
eremeevaa3@mtp.mos.ru

**NUMERICAL MODELING OF THE COMPLEXITY OF DYNAMIC
IMPACTS FROM SURFACE AND UNDERGROUND TRANSPORT**

LAZUTKIN Yuri Viktorovich

Postgraduate student of the Russian University of Transport (RUT MIIT); Deputy
Director for Urban Land Electric Transport, GBU Research Institute "MosTransProekt",
Moscow, Russia, lazutkinyv@mtp.mos.ru

KUPCHIKOVA Natalia Viktorovna, Associate Professor, Ph.D., Russian
University of Transport, Moscow, Russia, kupchikova79@mail.ru

EREMEEV Alexey Alexandrovich

Postgraduate Student at the Russian University of Transport (RUT MIIT), Moscow,
Russia, eremeevaa3@mtp.mos.ru

В работе представлены результаты измерений от одновременного воздействия сразу трех источников (метро, автобус и трамвай), также выполнен сравнительный анализ влияния вибрации от каждого источника воздействия по отдельности с комплексным воздействием вибрации с результатами численного моделирования в ПК MIDAS GTS NX [1,2].

Список литературы / References

1. Территориально-пространственное развитие трамвайной транспортной инфраструктуры Москвы и ее влияние на существующую застройку / В. П. Титов, В. И. Гришин, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 3(49). – С. 40-49. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-40-49. – EDN GWIOUT.
2. Kupchikova, N. V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group / N. V. Kupchikova // Building and Reconstruction. – 2019. – No. 6(86). – P. 3-9. – DOI 10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9. – EDN YRHETP.

УДК 621.643.001.5

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЯ
ГРУНТА И ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ
СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

САФАРОВ Исмаил Ибрагимович

д.ф.-м.н., профессор Ташкентского химико-технологического института,
Узбекистан, safarov54@mail.ru

РАХМОНОВ Баходир Собирович

д.т.н., профессор Ургенчского государственного университета,
Узбекистан. Rah-Bahodir@yandex.ru

**EXPERIMENTAL STUDIES OF SOIL AND UNDERGROUND
STRUCTURE VIBRATIONS UNDER SEISMIC EXPLOSIVE IMPACTS**

SAFAROV Ismoil Ibragimovich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor at the Tashkent
Institute of Chemical Technology, Uzbekistan. Email: safarov54@mail.ru

RAKHMONOV Bahodir Sobirovich

Doctor of Technical Sciences, Professor at Urgench State University,
Uzbekistan. Email: Rah-Bahodir@yandex.ru

Работа посвящена изучению физической картины взаимодействия подземного сооружения с грунтовой средой при сейсмовзрывных воздействиях. Были проведены крупномасштабные экспериментальные исследования в натуре, используя при этом фрагменты подземных тонкостенных цилиндрических оболочек открытого и закрытого профиля посредством специально произведенных взрывов различной мощности. Приведены несколько записей, полученных при сейсмовзрывных колебаниях грунта и сооружения для разных приведенных расстояний. Определялись скорости распространения продольных и поперечных волн экспериментальной площадки [1,2], получены эмпирические формулы зависимости смещения грунта и сооружения от веса заряда ВВ и эпицентрального расстояния. Приводятся кривые зависимость относительного смещения сооружения и грунта от интенсивности сейсмического колебания.

В результате аппроксимации экспериментальных данных для оценки максимальных значений продольных изгибающих и кольцевых напряжений в подземном сооружении получены эмпирические выражения [3].

С помощью вышеприведенных результатов можно прогнозировать поведения подземных тонкостенных сооружений, находящийся под воздействием сейсмовзрывных волн.

Список литературы / References

1. Аптикаев Ф.Ф. Параметры сейсмических колебаний, возбужденных взрывов//Труды института физики Земли, N32(199), 1964г, с.49-62
2. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962.284с.
3. Рахмонов Б.С., Сагдиев Х.К., Фасахов В.Г. Экспериментальное исследование поперечного колебания подземного сооружения при сейсмовзрывных воздействиях//Проблемы механики, 2007, N3

УДК 624.131

**ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ
КОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТА И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ
ЗДАНИЯ, ПРОЕКТИРУЕМОГО В ЗОНЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО
МЕТРОПОЛИТЕНА**

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

НУРИЕВА Дания Мансуровна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, danm_n@mail.ru

ХАСАНОВ Рубис Раисович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, rubis.hasanov@yandex.ru

САФИН Даниль Ринафович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, d.safin@list.ru

**NUMERICAL STUDIES AND SELECTION OF OPTIMAL DESIGN OF
FOUNDATION AND GROUND BASE OF A BUILDING DESIGNED IN
THE AREA OF AN OPERATING METROPOLITAN**

MIRSAYAPOV Ilyazar Talgatovich

Dr.Sc.(Tech.), Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

NURIEVA Dania Mansurovna

PhD(Tech.), Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, danm_n@mail.ru

KHASANOV Rubis Raisovich

PhD(Tech.), Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, rubis.hasanov@yandex.ru

SAFIN Danil Rinafovich

PhD(Tech.), Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, d.safin@list.ru

При расположении зданий и сооружений в зоне действия метрополитена возможно неблагоприятное воздействие на их грунтовое основание и фундаменты вибраций, возникающих от движения поездов. В работе выполнен геотехнический прогноз влияния метрополитена на проектируемое здание в г. Казани. В задачи исследования входили выбор наиболее оптимальной конструкции фундамента и грунтового основания, позволяющего снизить уровень вибраций на поверхности фундамента от влияния движения поездов метрополитена до допустимого предела.

УДК 624.131

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ВБЛИЗИ ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

АЙСИН Нияз Наилович

Старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

INVESTIGATION OF SOIL BEHAVIOR NEAR A DEEP EXCAVATION

MIRSAYAPOV Ilyazar Talgatovich

Dr.Sc.(Tech.), Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

AYSIN Niyaz Nailovich

Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

Существующие методы расчета осадок оснований фундаментов зданий разработаны для случая однократного кратковременного статического нагружения. Эти методы не в состоянии учитывать реальные режимы нагружения грунтовых оснований, в том числе изменение механических характеристик грунтов в предыдущих этапах нагружения, проявление реологических свойств во времени, образование и развитие трещин, а также изменение условий нагружения. В данной работе рассматривается методика расчета осадок оснований фундаментов с учетом вышеизложенных изменений, как параметров грунтов, так и условий нагружения. Предложенный метод расчета учитывает изменения объемного напряженно-деформированного состояния грунта, ползучести, разгрузки, длительного нагружения, образования и развития микро- и макротрещин в грунтовом массиве основания. За основу взята модифицированная модель Пастернака и внесены изменения путем трансформирования диаграмм деформирования грунта при трехосном длительном нагружении. Предельные напряжения в грунте, с учетом предыстории нагружения, образования и развития трещин в грунте, определяется исходя из расчетной модели грунта при трехосном сжатии. Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанный метод позволяет получить более достоверные результаты. Метод был опробован на реальном реконструируемом объекте. Эпюры деформирования и значения осадок, полученные в результате расчетов, подтвердились результатами мониторинга здания.

УДК 624.131

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ
ЗАСТРОЙКИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА**

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

НАКЛЕЕВСКИЙ Ярослав Михайлович

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

**PREDICTION OF VERTICAL DEFORMATIONS OF BUILDING
FOUNDATIONS IN SURROUNDING DEVELOPMENT WHEN
EXCAVATING DEEP PITS**

MIRSAYAPOV Ilyazar Talgatovich

Dr.Sc.(Tech.), Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, mirsayapov1@mail.ru

NAKLEEVSKY Yaroslav Mikhailovich

student, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

Работа посвящена проблеме оценки и прогнозирования деформаций оснований зданий при строительстве в плотной городской среде. Авторы предлагают использовать методы машинного обучения, в частности нейронные сети, для повышения точности прогнозирования осадок в реальном времени.

Особое внимание уделяется предварительной обработке и преобразованию данных, используемых для обучения моделей. Авторы применяют линейную и полиномиальную регрессию, используя методы отложенной выборки и кросс-валидации для предотвращения переобучения. Анализ графиков фактической и прогнозируемой осадки показал, что полиномиальная модель обладает более высокой точностью, особенно вблизи строительного объекта. Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность полиномиальной модели, что указывает на наличие нелинейных зависимостей в данных.

УДК 624.131

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГРУНТОВ ВБЛИЗИ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ

АЙСИН Нияз Наилович

Старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

ТЮЛЬКИНА Марина Алексеевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

STUDY OF GROUND DEFORMATION NEAR DEEP EXCAVATIONS

AYSIN Niyaz Nailovich

Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

TULKINA Marina Alekseevna

student, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

В современном строительстве чаще стала возникать проблема устройства глубоких котлованов, так как грунты вблизи них всегда находятся в сложном напряженном состоянии из-за разгрузки массивов грунта, горизонтальных перемещений стенок котлована. Это приводит к снижению несущей способности основания и к деформированию грунтов. Поэтому необходимо более точный и детальный расчет конструкций.

Цель данной работы состоит в том, чтобы с помощью программного комплекса Midas GTS NX смоделировать и проанализировать нелинейное поведение грунтов, появившиеся изменения в структуре грунта, дефекты и повреждения.

По результатам работы получаем закономерности изменения деформаций грунтового массива в пределах зоны обрушения.

«ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

XV Международного симпозиума по реологии грунтов посвященного
95-летию КГАСУ и 60-летию кафедры
«Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология»

Редакция и корректура авторов

Подписано в печать 19/05/2025
Объем 8,4 п.л.

Формат 60х84/16
Заказ №69

Печать ризографическая
Тираж 100 экз.

Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1