

## **РАСЧЕТ ОСАДОК ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ, УСИЛЕННОМ ТВЕРДЫМИ ИНЪЕКЦИОННЫМИ ТЕЛАМИ**

**М.Л. Нуждин, директор НИВЦ «Геотехника»**

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

К настоящему времени разработано большое количество методов оценки деформационного состояния основания плитных фундаментов, усиленного армированием, базирующихся на разных моделях взаимодействия включений с грунтовым массивом. Многие из них достаточно сложны и оперируют физико-механическими характеристиками, устанавливаемыми в ходе специальных, в т.ч. инженерно-геологических, исследований.

Очевидно, для расчетного обоснования усиления твердыми инъекционными телами, при отсутствии полных исходных данных, не имеет смысла производить громоздкие вычисления, пользуясь усложненными методиками. Рационально применять простые методы, например, послойного суммирования, предлагаемого действующим СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*».

Как известно, для определения осадки послойным суммированием достаточно результатов «стандартных» инженерно-геологических изысканий, в первую очередь, модуля деформации грунта. При этом армированный слой будет характеризоваться приведенным модулем, который может быть вычислен, например, в рамках полидисперсной модели с цилиндрическими включениями, методом «равных деформаций» или методом «геокомпозит».

Результаты расчетов, выполненных в программном комплексе SCAD (модель Винклера) и в MIDAS GTS NX (нелинейная постановка в рамках упруго-пластической модели Мора-Кулона), позволяют рекомендовать метод послойного суммирования для предварительной оценки осадок плитного фундамента на основании, усиленном твердыми

инъекционными телами. При этом приведенный модуль деформации армированного слоя целесообразно определять методом «равных деформаций».

## **УСИЛЕНИЕ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ БУРОВЫХ СВАЙ ТВЕРДЫМИ ИНЪЕКЦИОННЫМИ ТЕЛАМИ**

**М.Л. Нуждин**, директор НИВЦ «Геотехника»,

**Л.В. Нуждин**, директор Управления НИЭПВ

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

Усиление выполняется нагнетанием цементно-песчаного раствора через инъекторы опущенные в инъекционные кондукторы – металлические трубы, устанавливаемые в тело буровых свай при их возведении. Длина кондукторов назначается исходя из необходимости погружения одного конца до отметки забоя сваи и возвышения второго над обрезаем ростверка.

При сваях большого диаметра – более 800 мм, внутри тела сваи располагается группа из нескольких кондукторов. При диаметре менее 450 мм в каждой свае размещается по одному кондуктору. В обоих случаях кондукторы могут являться элементами армирования.

Инъецирование производится на нескольких горизонтах, равномерно по всей глубине сжимаемой толщи основания свайного фундамента. При назначении количества инъекционных горизонтов и их высотного положения учитываются инженерно-геологические особенности площадки. Критерием окончания работ по созданию инъекционных тел, является плавное повышение подающего давления – на 40% против рабочего. Дополнительный показатель – объем закаченного раствора, напрямую зависящий от расстояния между инъекторами.

Создание твердых инъекционных тел в основании под нижними концами увеличивает несущую способность свай и снижает осадки свайного-плитного фундамента.

На первом этапе, усиление основания выполняется под крайними (краевыми и угловыми) сваями, что положительно сказывается на работе свайно-плитного фундамента и препятствует распространению инъекционного раствора за

контур при работах второго этапа – усиления основания центральных свай, выполняемого в случае соответствующей необходимости.

## **ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**Соловьянова Ирина Юрьевна**, аспирант кафедры ИГОФ,

**Коробова Ольга Александровна**, д-р техн. наук,  
профессор кафедры ИГОФ

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

Авторами были проведены исследования, позволяющее оценить влияние анизотропии грунтов на их физико-механические свойства. Экспериментально установлено, что все исследованные виды внешне однородных нескальных грунтов, без четко выраженных текстурных особенностей, независимо от способа формирования их структуры, обладают деформационной анизотропией. Показатель  $\alpha = E_z/E_x$ , оценивающий деформационную анизотропию грунтов, изменялся в диапазоне от 0,5 до 2,1. Показатель анизотропии у лессовидных грунтов после замачивания уменьшился в 1,4 раза. Степень деформационной анизотропии оценивается не только видом грунта, но и характером напряженного состояния, в котором находится грунт. Полученные в процессе испытаний показатели анизотропии  $\alpha$ , безусловно, характеризуют степень деформационной анизотропии данного грунта, но было бы недопустимым классифицировать анизотропные свойства грунтов только по этому признаку. Сжимаемость образцов лессовидного грунта, отобранных по двум взаимно перпендикулярным направлениям, различна и зависит от пористости и естественной влажности грунта

Выявлено, что показатели сопротивления сдвигу (при совпадении плоскости среза с направлением слоистости, когда образцы отобраны в горизонтальном направлении) оказываются меньшими, чем для образцов, отобранных перпендикулярно напластованию слоистости. Модуль сдвига  $G_{zx}$  образцов грунтов, отобранных в вертикальном направлении, превышает

величину модуля сдвига образцов грунтов, отобранных горизонтально.

## **ФУНДАМЕНТЫ «СИБИРСКОГО КОЛЬЦЕВОГО ИСТОЧНИКА ФОТОНОВ» («ЦКП СКИФ»)**

**Л.В. Нуждин**, канд. техн. наук, профессор, заведующий НИЛ ДОФ

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, ПНИПУ, г. Пермь),**

**Е.П. Скворцов**, канд. техн. наук, директор (ООО «Дар», ООО «РСО Березки», г. Новосибирск)

Объект производственного назначения «Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» – это ускорительно-накопительный комплекс, состоящий из линейного ускорителя, бустерного синхротрона, каналов транспортировки электронных пучков, основного кольца СИ, каналов вывода пучков СИ и пользовательских станций. Основное здание кольцевого источника фотонов относится к особо опасным и технически сложным объектам использования атомной энергии повышенного уровня ответственности.

Площадка строительства – наукоград РФ Кольцово, расположена в 25 км от центра Новосибирска и 10 км от новосибирского Академгородка. Рельеф площадки ровный с небольшим уклоном. В разрезе до глубины 70 м выделено 12 ИГЭ от просадочных (до 7.5...12.0 м) легких суглинков и пылеватых супесей, подстилаемых песками, до скальных грунтов.

В качестве исходных данных также представлены динамические характеристики грунтов, вибрационный фон площадки (0.9-2.2 мкм) и скорости упругих волн. К фундаментам предъявляются требования по «виброустойчивости» (ограничению амплитуд колебаний) 20-50 нм = 0.02-0.05 мкм.

Рассматривалось два варианта фундаментов. Первый – свайные, для основного сооружения, с кольцевым плитным ростверком высотой 2.95 м шириной 40.6 м с внешним диаметром 223.6 м на буронабивных сваях Ø 0.8 м длиной 39 м

и 36 м (всего около 700 свай с шагом около 6 м). Второй вариант фундаментов – плита на усиленном слоистом основании со стабилизированным и вертикально армированным слоями грунта. Высота стабилизированного слоя 1.5-2.45 м, объем 71772 м<sup>3</sup>. Количество армоэлементов длиной 9 м и 6 м – 38507 шт.

## **УСТРОЙСТВО СЛОИСТОГО ОСНОВАНИЯ СО СТАБИЛИЗИРОВАННЫМ И ВЕРТИКАЛЬНО АРМИРОВАННЫМ ГРУНТАМИ ПОД ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТОЙ «ЦКП «СКИФ»**

**Е.П. Скворцов**, канд. техн. наук, директор по развитию,  
директор

**(ООО «Дар», ООО «РСО Березки», г. Новосибирск),**

**Л.В. Нуждин**, канд. техн. наук, профессор

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, ПНИПУ,**

**г. Пермь)**

В качестве альтернативного свайному предложен плитный фундамент ускорителя на подстилающем слое стабилизированного грунта толщиной 1.5 (2.45) м, песчаной демпфирующей прослойке 0.3 м и вертикально армированном грунтовом основании мощностью 9.0 (6.0) м. Толщина плитной части фундамента составляет 1.5 м.

Стабилизацию грунта предложено производить слоями 0.3 м цементом ПЦ400 из расчета  $30 \text{ кг/м}^2$  до достижения модуля упругости грунта не менее 400 МПа при модуле деформации более 30 МПа и плотности  $2.1 \text{ г/см}^3$ . Грунты стабилизированного слоя и песчаной прослойки должны уплотняться послойно.

Вертикальные армоземеленты в армирующем слое выполняются раскатчиком  $\text{Ø}250$  мм с шагом 750 мм и заполнением скважин тощим бетоном В7.5 (возможны альтернативные, более доступные технически варианты устройства армоземелентов из набивных свай). Расчетный модуль упругости не менее 150 МПа при модуле деформации более 20 МПа.

Под вертикально армированным слоем залегают мягкопластичные непросадочные суглинки с линзами тугопластичных. По граням фундаментной плиты в стабилизированном цементом слое выполняются экраны из пенополистирольных плит ППС35 толщиной 150 мм.

Для оценки возможности реализации данного варианта

фундаментов был выполнены анализ возможных форм колебаний кольцевого плитного фундамента на слоистом основании, расчет амплитуд колебаний от фоновых источников, оценка коэффициентов «передачи» и «вибрационной стабильности».

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА КОЛЕБАНИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА**

**Д.А. Полинкевич**, иерей, настоятель прихода святого мученика Василия Мангазейского

**(Собор святого князя Александра Невского,  
г. Новосибирск),**

**Л.В. Нуждин**, канд. техн. наук, профессор, заведующий  
НИЛ ДОФ (НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск,  
ПНИПУ, г. Пермь)

Программный комплекс предназначен для расчета параметров колебаний и оптимизации конструкции свайных фундаментов, эксплуатирующихся в условиях динамического нагружения. Алгоритмы программ построены на основе аналитических зависимостей волновых моделей свайных фундаментов.

Комплекс позволяет выполнять подбор оптимальной конструкции фундамента исходя из заданных диапазонов изменения основных влияющих параметров (вида и числа свай в кусте, их компановки, размеров и массы ростверка) и ограничения амплитуд колебаний допускаемыми значениями. Проверка проводится не только для заданного направления нагружения, но и по всем возможным амплитудам колебаний: для вертикальной и горизонтальной составляющих колебаний при силовом или кинематическом возбуждении. Границы частотного диапазона и шаг изменения частоты колебаний могут изменяться в зависимости от задачи. Исходные параметры могут вводиться вручную или вычисляться (частично) автоматически.

Программный комплекс отвечает современной тенденции в геотехнике, когда кроме численного анализа состояния оснований и фундаментов, выполняется аналитическая проверка получаемых результатов по корректным теоретическим решениям.

Данный комплекс прошел достаточно надежную

апробацию. Он использовался для решения тестовых задач, сопоставления получаемых данных с численными методами расчета по сертифицированным программным комплексам, обчета натурных экспериментальных исследований и реальных фундаментов под машины с динамическими нагрузками.

## **ПОХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

**Л.В. Нуждин**, канд. техн. наук, профессор, начальник  
УНИЭПВ

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, ПНИПУ,  
г. Пермь),**

**М.Л. Нуждин**, канд. техн. наук, директор НИИЦ  
«Геотехника»

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

Характерной особенностью высотных и большинства многоэтажных зданий являются значительные нагрузки на фундаменты, которые приводят к необходимости применения плитных или свайно-плитных фундаментов. В этих условиях еще более важную роль в выборе оптимальной конструкции фундаментов играет точность оценки деформационных и прочностных свойств грунтов. Это подтверждает даже просто анализ размерности задаваемых в расчетах фундаментов данных: нагрузок на фундаменты – в кН и модулей деформации грунтов – в МПа (С учетом значащих цифр после запятой, разница в точности составляет обычно 10 000 раз!).

Определяющим в выборе конструкции фундамента играет обоснование возможности использования плиты на естественном основании по результатам расчета по II группе предельных состояний. Как показывает строительная практика в Новосибирске, модули деформаций грунтов должны определяться полевыми методами, а несущая способность свай – данными статического зондирования. Для легитимности обоснования допустимости осадок плиты, их расчет лучше выполнять методом СП 22.13330-2016, однако с допускаемой нормами корректировкой, более полно учитывающей свойства грунтового основания.

Отказ от свай приводит к необходимости учета возможности развития неравномерных осадок и появления случайных кренов. Их можно предупредить или

скорректировать местным усилением основания методами высоконапорного инъецирования. Параметры инъецирования рассчитываются заранее на стадии проектирования, а в плите устанавливаются кондукторы. Необходимость работ оценивается в ходе мониторинга.

## **АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СВАЙ И СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА «ЦКП «СКИФ»**

**Е.П. Скворцов**, канд. техн. наук, директор по развитию,  
директор

**(ООО «Дар», ООО «РСО Березки», г. Новосибирск),**

**Л.В. Нуждин**, канд. техн. наук, профессор

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, ПНИПУ,**

**г. Пермь)**

В качестве фундамента ускорителя был предложен свайный из буронабивных свай диаметром 800 мм длиной 39 м и 36 м с опиранием нижнего конца свай на пески пылеватые водонасыщенные средней плотности и плотные. Сверху сваи объединяются кольцевым ростверком высотой 2.95 м шириной 40.6 м с внешним диаметром 223.6 м. Шаг свай 4.2-6.0 м.

Согласно статическому расчету максимальная нагрузка на сваю составляет 6261,3 кН, а минимальная 3110 кН, при этом собственные частоты могут изменяться от 5.0 Гц до 6.9 Гц, а собственная частота всего фундамента составляет ~ 7.6 Гц.

Анализ динамического поведения свай был выполнен МКЭ в программном комплексе Cosmos/M в 3D постановке. Учитывая уровень вибрационного фона и ожидаемых колебаний фундамента (нм – мкм), они имеют практически линейный характер, и среда может рассматриваться как упругая. Динамический расчет состоял из модального и гармонического анализов. Модальный анализ проводился для первых десяти форм колебаний. Было рассмотрено влияние изменения длины свай, заделки свай в ростверке и статической нагрузки на сваю. С помощью гармонического анализа определялись амплитуды вертикальной и горизонтальной составляющих колебаний ростверка.

Основными источниками вибрационного фона площадки являются железнодорожный транспорт на расстоянии около 1650 м и движение автомобилей по дороге на расстоянии около 625 м с частотой возбуждения 2...8 Гц. Анализ колебаний показывает, что амплитуды перемещений ростверка могут

изменяться от 50 нм до 400...540 нм. А в зависимости от вида изгиба свай (синхронных – асинхронных) даже достигать 1.5...2.0 мкм.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

**Л.В. Нуждин**, к.т.н., профессор  
**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, ПНИПУ,  
г. Пермь),**  
**В.С. Михайлов**, руководитель ЦНТП SCAD  
**(г. Новосибирск)**

Проектируемые высотные жилые комплексы высотой более 75 метров обязательно требуют проведения научно-технического сопровождения. Это связано с высокими нагрузками на основание, при которых стандартные инженерно-геологические изыскания не позволяют получить полной картины о механических характеристиках грунтовой среды, поскольку не включают выполнения специальных лабораторных исследований, в том числе по оценке динамических свойств грунтов.

С другой стороны, для высотных сооружений динамические ветровые воздействия, техногенная или тектоническая сейсмика являются существенными, поэтому исследование динамических свойств грунтов должно быть выполнено.

Авторами предложен комбинированный подход, позволяющий определить динамические свойства основания в рамках стандартных инженерных полевых исследований грунтов путем комплексирования геотехнических полевых испытаний грунтов по ветви разгрузки – вторичного нагружения и геофизических сейсмических исследований грунтового основания.

Дополнительно авторами обоснован критерий, позволяющий провести предварительную оценку на наличие обратного влияния колебаний сооружения на динамическое поведение основания и выделить условия, в которых не требуется анализ динамического взаимодействия сооружения с основанием. Следовательно, являются необязательными специальные динамические исследования грунтов. Критерий продемонстрирован анализом исследований на четырех типах

грунтового основания по сейсмическим свойствам для трех типов конструктивных систем с двенадцатью вариантами этажности зданий от 5 до 30 этажей.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ЭНЕРГИИ В ДВУХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ ГРУНТА**

**Т.Л. Петросян<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, зав. лабораторией,  
**А.А. Сарухян<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, профессор,  
**С.Б. Галстян<sup>2</sup>**, канд. с.-х. наук, доцент

**(<sup>1</sup>Национальный университет архитектуры и  
строительства Армении, <sup>2</sup>Шушинский  
технологический университет, г. Ереван)**

Исследуется зависимость коэффициента рассеяния энергии от фильтрационных свойств и от характеристик ползучести скелета грунтов. Исследование осуществлялось на базе общего решения совместной задачи теории ползучести и консолидации для двухфазной системы грунтов, полученной на основе обобщенной модели объемных сил, с учетом взаимодействия фаз грунта, изменений во времени общего напряженного состояния в любой точке грунта и добавочных давлений в поровой воде, а также неполной передачи внешнего давления на паровую воду.

В решении одномерной совместной задачи теории ползучести и консолидации учитываются взаимодействия фаз, а ядро ползучести принимается в виде экспоненциальной функции.

Формула для деформации двухфазных грунтов представляется, как сумма двух слагаемых, обусловленных первичной и вторичной консолидациями грунта.

В формуле деформации использованы экспериментально полученные значения характеристик фильтрации и параметры ползучести скелета грунта.

Для получения параметров рассеяния энергии построены петли гистерезиса при синусоидальном изменении напряжений.

В работе дан анализ зависимости коэффициента рассеяния от периода циклических нагружений, от степени

асимметрии цикла и от номера цикла для двухфазной системы грунтов.

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТА ЖИЛОГО ДОМА ПОСЛЕ ПРОРЫВА БЛИЗРАСПОЛОЖЕННОГО ТРУБОПРОВОДА**

**С.В. Линовский**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой,  
**В.С. Молчанов**, канд. техн. наук, доцент, профессор,  
**Т.А. Якушкина**, ст. преподаватель

**(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

Прорыв магистрального трубопровода теплоснабжения вблизи 9-этажного жилого дома по ул. Семьи Шамшиных №30 в Центральном районе г.Новосибирска привел к изменению строительных свойств грунтового основания под фундаментом здания (сплошная монолитная железобетонная плита толщиной 60 см) и, как следствие, возникновению дополнительных деформаций в системе «основание-фундамент-надземные конструкции», а также проявлению оседаний и провалов грунта вблизи секций 1-4 и 1-5, приведших к повреждению газонов, разрушению дорожного и тротуарного покрытий.

Анализ имеющейся технической документации, результаты проведенных инженерно-геологических, георадарных и геодезических исследований позволил определить степень изменения свойств грунтов под секциями здания, оценить тенденцию в развитии деформаций основания и фундамента и предложить комплекс мероприятий по восстановлению эксплуатационной пригодности объекта. В частности, разработаны рекомендации по геодезическому мониторингу деформационного состояния здания, методам усиления грунтового основания, способам защиты от возможного повторного аварийного замачивания грунтов, первоочередным мерам восстановительного характера на территории вблизи жилого дома, направленные на недопущение дополнительного замачивания грунтов талыми и дождевыми водами в весенне-летний период (предварительная очистка

территории от снега, обваловка грунтом, послойное уплотнение  
грунта засыпки в пазухах фундамента, в провалах и др.).

# **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ПРИРОДНЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ СТРУКТУРНО- ТЕКТОНИЧЕСКИЙ ФАКТОР: БЛОКОВОЕ СТРОЕНИЕ И РАЗЛОМНАЯ ТЕКТНИКА ТЕРРИТОРИИ (СНИИГГиМС)**

**М.И.Баранова**, канд.геол.-мин.наук, доцент,  
зав.лабораторией тектоники,

**И.В. Литвинова**, канд.геол.-мин.наук, зав. группой,  
(СНИИГГиМС, г.Новосибирск)

Инженерно-геологические изыскания представляют собой целый комплекс работ, в состав которых входит также изучение структурно-тектонической ситуации региона. Многолетние исследования геологии, металлогении, инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии различных регионов позволяют выделить региональные, физико-географические и техногенные факторы, ответственные за формирование инженерно-геологических условий. К региональным геологическим факторам относится и тектоническое строение территорий с блоковым строением фундамента земной коры, залегающего на небольших глубинах.

Примером такой территории может служить северо-западная часть Колывань-Томской складчатой зоны, вытянутая вдоль поймы реки Оби, которая с юго-востока граничит с отрогами Алтае-Саянского складчатого пояса и протягивается с юго-запада на северо-восток. Эта территория, находится в зоне сочленения мегаструктур разной геодинамической природы и имеет блоковое строение.

Важнейшей информационной основой в обосновании выделения блоковых форм скальных грунтов, их изучении и выявлении являются ограничивающие их разломы, которые могут быть различного генезиса, масштаба и возраста. Они выражены в физических полях фундамента и осадочного чехла литосферы, отражены повышенной трещиноватостью пород,

магматическими образованиями, градиентами мощностей и резкими изменениями состава осадочных пород в пределах одного стратиграфического горизонта (фациальными замещениями). Нередко разломы проявляются и в ландшафте.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АРМОГРУНТОВОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ**

**В.В. Лощев**, старший преподаватель кафедры ИГОФ  
(НГАСУ «Сибстрин», г. Новосибирск)

При проектировании грунтовых сооружений все чаще находит применение технология армирования грунта. Последнее расположение силовых элементов в грунтовом теле земляной насыпи позволяет выполнить откос повышенной крутизны, вплоть до вертикальной стены. Такой эффект достигается за счет прочности армирующих элементов, которые компенсируют недостаток сдвигающих сил грунтового массива и удерживают его в заданной геометрической форме.

Проектом необходимо учитывать фактическую деформацию армированного грунтового массива как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, при восприятии проектных нагрузок.

Для определения фактических величин горизонтальных деформаций был создан испытательный стенд – армогрунтовая подпорная стена в масштабе 1:1, длиной в плане 1,5 м, высотой 0,7 м. Обрез стены выполнен из гибкого пластмассового элемента, с использованием отсечки из нетканого геосинтетического материала. Со стороны вертикального обреза стены установлен прогибомер. Выполнено ступенчатое нагружение конструкции внешней нагрузкой до критических величин. Горизонтальные перемещения зафиксированы от каждой ступени нагрузки. Также зафиксированы уменьшения перемещений при разгрузке конструкции.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ВОКРУГ ТЕРМОАКТИВНОЙ СВАИ В ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ НОВОСИБИРСКА**

**Борд Е.Г.**, канд.тех.наук, доцент,

**Линовский С.В.**, канд.тех.наук, профессор, зав.кафедрой  
ИГОФ,

**Шевченко А.А.** канд.геол.-минер.наук, доцент  
(НГАСУ (Сисбтрин), г. Новосибирск)

Эффективность работы грунтовой теплонасосной системы, объединенной в единый конструктивный элемент с заглубленной фундаментной конструкцией инженерного сооружения, определяется рядом факторов. К ним относятся размеры конструкции (в частном случае – длина и сечение свай, их количество), параметры геотермального зонда, материал теплоносителя. Важнейшим фактором устойчивой работы геотермальной системы, является также параметры теплового потока грунтового массива, из которого черпается геотермальная энергия. К таким параметрам относятся состав и теплопроводность слагающих его грунтов, водообильность толщи, фильтрационные характеристики потока зоны полного водонасыщения, контактирующей с подземной термоактивной конструкцией здания.

Инструментом для предварительной оценки работы системы являются аналитические расчеты и численное моделирование устойчивости теплового потока в системе грунтовой массив – термоактивная фундаментная конструкция.

В докладе приведены результаты моделирования теплового потока вокруг единичной термоактивной сваи в грунтовых условиях Новосибирска и даны предварительные рекомендации по определению расстояния между сваями при различных параметрах грунтового массива. Наиболее благоприятными параметрами будут обладать водонасыщенные пески и супеси, наименее благоприятными – плотные глинистые и слабо трещиноватые скальные грунты.