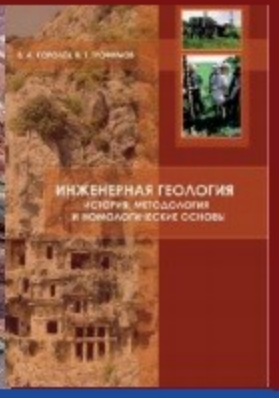
НОВЫЕ ИДЕИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ



Труды Международной научной конференции (Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.)

Москва – 2021 г.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Российская академия естественных наук
Московское общество испытателей природы

НОВЫЕ ИДЕИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Труды Международной научной конференции
(Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.)

Под редакцией В.Т. Трофимова и В.А. Королёва

Москва – 2021 г.

УДК 624.131
ББК 26.3р3(2Рос)я22

НОВЫЕ ИДЕИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ / Труды Международной научной конференции (Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.) // Под редакцией В.Т. Трофимова и В.А. Королёва – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. - 334 с., ил.

В сборнике представлены материалы и доклады участников Международной научной конференции, состоявшейся на геологическом факультете МГУ им М.В.Ломоносова 4 февраля 2021 г. На конференции обсуждались современные проблемы инженерной геологии по пяти секциям: 1) Новые идеи и гипотезы в инженерной геологии. 2) Теоретические построения в инженерной геологии. 3) Новые идеи, теория и практика изучения динамических свойств грунтов. 4) Цифровизация и искусственный интеллект в инженерной геологии. 5) Новые идеи и результаты изучения инженерно-геологических объектов.

Для специалистов в области инженерной геологии, истории и методологии науки, а также студентов и аспирантов вузов.

NEW IDEAS AND THEORETICAL ASPECTS OF ENGINEERING GEOLOGY / Proceedings of the International Scientific Conference (Moscow, Moscow State University, February 4, 2021) // Edited by V.T. Trofimov and V.A. Korolev - M.: LLC «Sam Polygraphist», 2021. - 334 p., Ill.

The miscellany contains materials and reports of the participants of the International Scientific Conference held at the Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University on February 4, 2021.The conference discussed modern problems of engineering geology in five sections: 1) New ideas and hypotheses in engineering geology. 2) Theoretical constructions in engineering geology. 3) New ideas, theory and practice of studying the dynamic properties of soils. 4) Digitalization and artificial intelligence in engineering geology. 5) New ideas and results of studying geotechnical objects.

For specialists in the field of engineering geology, history and methodology of science, as well as students and graduate students of universities.

ISBN 978-5-00166-244-0

© Геологический факультет МГУ, 2021

OF ATTACHED DISPERSED SOILS

T.T. Abramova

Lomonosov Moscow State University, attoma@mail.ru

Abstract. Non-destructive geophysical methods, based on examining the propagation of surface (elastic) waves, can be used for the quality control of stabilized dispersed soils. These methods are considered in this work: ultrasound, seismic acoustics, seismic exploration. It is shown that a change in the velocity of longitudinal waves propagation allows to judge about the interaction of the binder with the soil. This establishes the duration of the soil stabilization. Strength and modulus of soil-cement deformation are controlled by establishing correlations between the mechanical characteristics of the longitudinal waves and the values of their propagation velocity.

Key words: ultrasound, seismic acoustics, seismic exploration, longitudinal waves, soil strength, deformation modulus.

УДК 624.139

ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВАЙ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ ОСНОВАНИЯ

А.В. Рязанов, А.А. Усачев

ОАО «Фундаментпроект», rav@fundamentproekt.ru

Аннотация. Распространенным техническим решением фундаментов на Севере является устройство свай-оболочек. В связи с введением СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» заполнение свай-оболочек начало вестись бетоном. Вследствие протекания экзотермической реакции твердения (гидратации) цемента происходит выделение значительного количества тепла. Это обстоятельство является дополнительным существенным фактором повышения температуры многолетнемерзлых грунтов (ММГ) основания. В СП 25.13330.2012 изложены требования е проектированию фундаментов из свай-оболочек, однако методически вопрос об учете их теплового воздействия на ММГ сегодня остается недостаточно проработанным для практического применения.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, свая, тепловыделение, гидратация бетона, экзотермическая реакция, теплотехническое моделирование.

Ранее, в строительной практике на Севере при устройстве свайных фундаментов с использованием свай-оболочек допускалось в качестве заполнителя затрубного и внутритрубного пространства применение грунта, выбуренного шлама, сухих цементно-песчаных смесей и пр. [7]. Вопрос учета воздействия свай-оболочек при тепловых расчетах грунтов оснований был не актуален ввиду небольшого влияния этого фактора. С введением в действие СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88», начался виток практически повсеместного применения бетонирования тела свай на ММГ. Требованиями СП

25.13330.2012 (п.6.3.10) в отличие от ранее действовавшего одноименного СНиП 2.02.04-88 предусматривается: «… Полые сваи и сваи-оболочки, не требующие по расчету бетонного заполнения, допускается заполнять бетоном класса не ниже В7,5, а в пределах слоя сезонного промерзания-оттаивания и выше - бетоном класса не ниже В15, …».

Бетонирование буронабивных, буроопускных и бурозабивных свай давно применяется в строительстве на Севере. Существует ряд нормативно-технической документации, посвященной теплотехническим расчетам устройства буронабивных свай в условиях многолетнемерзлых грунтов [1, 4, 5]. В части теплотехнических расчетов основное внимание в данных документах уделено вопросам обеспечения температурного режима одиночной сваи необходимого для набора прочности бетона или расчет времени достижения температуры грунтов на поверхности сваи равной 0 ºС. Ни один из указанных документов не рассматривает вопросы расчета или обеспечения теплового режима грунтов оснований свай, располагающихся в составе куста или по сетке под зданием. Между тем, применение бетона или цементно-песчаного раствора для заполнения тела сваи-оболочек до сих пор ведется, как правило, без должного учета его теплового воздействия на многолетнемерзлые грунты оснований. Расчеты нагруженных сооружений, в основании которых располагаются плотные кусты буроопускных свай большого диаметра показывают, что тепловое воздействие бетона приводит к значительному повышению температур грунтов оснований (рис. 1).

Объемы выделения тепла при экзотермической реакции твердения (гидратации) цемента значительны и различаются в зависимости от марки и состава цемента [3, 6]. При неизвестной марке и составе цемента объем полного тепловыделения может быть принят как некоторое среднее значение на уровне 335 кДж/кг [6]. Таким образом, в случае адиабатического процесса твердения (т.е. без отвода тепла), объем тепловыделения бетона В7,5 за весь период реакции, приводил бы к повышению температуры бетона на 32ºС к уже имеющейся температуре бетонной смеси в момент ее укладки. Пример графика повышения температуры бетона приведен на рисунке 2. А в процессе твердения бетона марки М300 в объеме 1 м^3 выделяется до 201 МДж тепла, что в условиях адиабатического режима способствует повышению температуры на 99,7ºС.

Сравнительный анализ значений теплоты твердения (гидратации) цементов показывает, что объем тепла, вносимый в мерзлый грунт с бетоном, сопоставим с объемом тепла необходимого для полного

оттаивания грунта в 2-5 раз большего объема (в зависимости от марки бетона и влажности грунта).

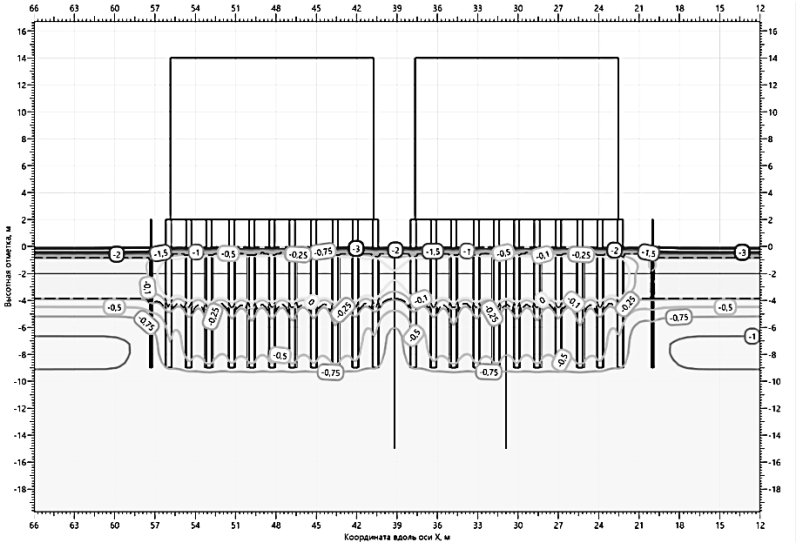


Рис. 1. Пример разреза расчетного температурного поля грунтов в основании резервуарного парка спустя 2 месяца после погружения свай

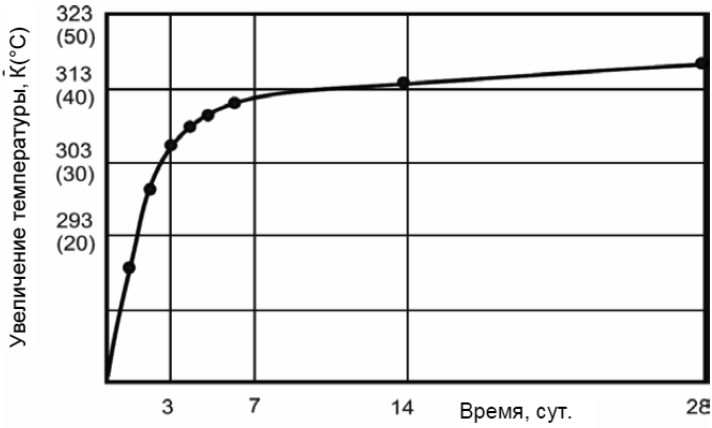


Рис. 2. Пример кривой подъема температуры бетона, твердевшего в адиабатических условиях [2]

Тепловыделение в значительной мере влияет на температуры грунтов оснований в первые месяцы после погружения свай. Как раз в те моменты, когда необходимо принимать решения о передачи нагрузки на фундаменты и продолжении строительных работ.

В связи с этим, при выполнении тепловых расчетов многолетнемерзлых грунтов необходимо учитывать тепловое воздействия при гидратации бетона. Учет этого воздействия осложняется тем, что кинетика тепловыделения при гидратации цемента зависит от продолжительности твердения, температуры твердения, марки и состава бетона, а также от типа и количества противоморозных добавок [2, 3, 6].

Для анализа теплового влияния свайного поля произведена серия расчетов на специализированном программном комплексе Борей 3D (www.boreas3d.ru). Расчеты выполнялись с использованием среднемесячных параметров метеостанции г. Надым. В качестве вмещающих грунтов оснований принят мерзлый суглинок с значением влажности, равной 20%. Начальная температура грунтов основания составляла минус 1ºС. Погружение свай принято буроопускным способом. Начальная температура укладываемого бетона плюс 20ºС. Момент запуска расчета принят 15 октября. За восстановление температурного поля грунтов принимается момент времени, при котором температуры отличается от исходных не более чем на 0,1ºС.

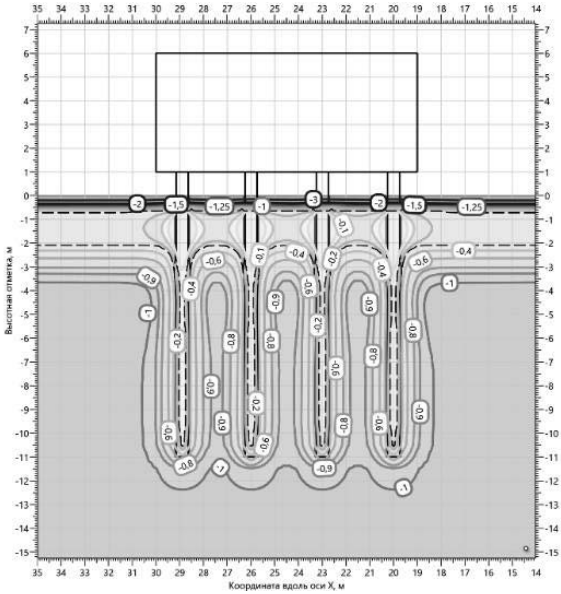
Результаты расчетов показывают, что скорости восстановления исходного температурного поля грунтов в зависимости от диаметра свай и плотности свайного поля изменяются в широком диапазоне от 1 месяца до 4,2 года (см. табл. и рис. 3).

Таблица

Время восстановления температурного поля грунтов основания группы из 16 свай

Диаметр свай, мм	Температура грунта = -1ºС			
	Одиночная свая	Шаг сетки свай, м		
		3х3	2х2	1,5х1,5
159	1 мес.	1 мес.	1,2 мес.	2,3 мес.
325	5 мес.	9,6 мес.	2,1 года	2,3 года
530	8,4 мес.	3,2 года	4,1 года	4,2 года

а



б

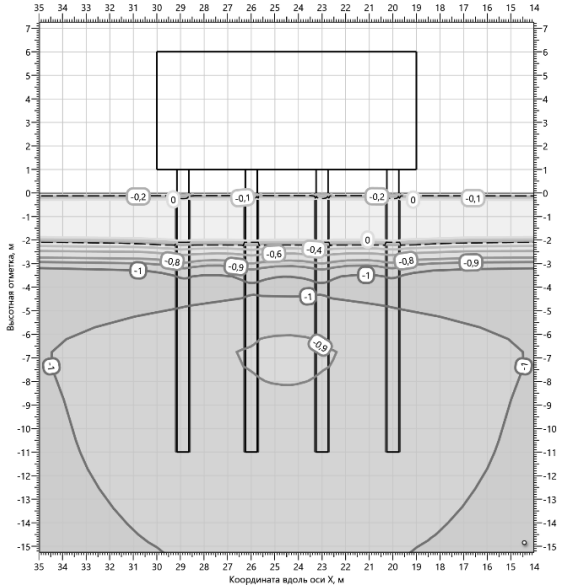


Рис. 3. Сроки восстановления температурного поля грунтов в основании 16 свай Ø325 с шагом 3х3 метра: а – через 1 месяц; б – через 3 года

Таким образом, очевидно, что тепловыделения в многолетнемерзлые грунты основания в процессе гидратации бетона свайных фундаментов вносят существенный вклад в формирование температурного режима основания и, соответственно, его несущей способности. Срок восстановления температурного режима грунтов основания может изменяться в широком интервале времени (см. рис.3). Данный фактор необходимо учитывать при проектировании фундаментов на многолетнемерзлых грунтах с учетом кинетики тепловыделения при гидратации бетонов.

Список литературы

1. ВСН-01-76 «Инструкция по проектированию и устройству буронабивных свай-стоек в вечномерзлых грунтах района Норильска». НИИОСП им. Н.М. Герсеванова.
2. Дворкин Л.И., Гоц В.И., Дворкин О.Л. Испытания бетонов и растворов. Проектирование их составов. – 2-е изд. – М.: Инфра-Инженерия, 2015. – 432 с.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Расчетное прогнозирование свойств и проектирование составов бетона. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. –386 с.
4. Рекомендации по технологии устройства и теплотехническим расчетам буронабивных и комбинированных свай в вечномерзлых грунта. ВНИИОСП им. Н.М. Герсеванова. Москва 1990г. 29 с.
5. Рекомендации по устройству буронабивных свай в вечномёрзлых грунтах. Академия наук СССР. Сибирское отделение. Якутск 1991г.
6. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1982г.
7. СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах».
8. СНиП 82-02-95 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций

THERMAL IMPACT OF PILES ON PERMAFROST SOILS OF THE BASE

A.V. Ryazanov, A.A. Usachev

JSC «Fundamentproect», rav@fundamentproekt.ru

Abstract. The device of pile-shells is a common technical solution in the North. filling of pile shells began to be carried out with concrete in connection with the introduction of SP 25.13330.2012 " Soil bases and foundations on permafrost soils». Due to the exothermic reaction of cement hardening (hydration), a significant amount of heat is released. This circumstance is an additional significant factor in increasing the temperature of permafrost soils (MMG) of the base. SP 25.13330.2012 sets out the requirements for the design of foundations made of pile shells, but methodically the issue of accounting for their thermal impact on MMG today remains insufficiently developed for practical application.

Keywords: permafrost soils, pile, heat release, concrete hydration, exothermic reaction, heat engineering modeling.

Научное издание

НОВЫЕ ИДЕИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Труды Международной научной конференции (Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.)

Под редакцией В.Т. Трофимова и В.А. Королёва

Оригинал-макет, оформление и верстка *В.А.Королёв*

Подписано в печать 15.12.2020 г.
Формат 62х94 1/16. Бумага офсет №1, 80 г/м
Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 18,5. Тираж 100 экз. (по требованию)
Заказ № 96251.

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090, г.Москва, Протопоповский пер., дом 6.
www.onebook.ru

***

В сборнике представлены материалы и доклады участников Международной научной конференции, состоявшейся на геологическом факультете МГУ им М.В.Ломоносова 4 февраля 2021 г. На конференции обсуждались современные проблемы инженерной геологии по пяти секциям: 1) Новые идеи и гипотезы в инженерной геологии. 2) Теоретические построения в инженерной геологии. 3) Новые идеи, теория и практика изучения динамических свойств грунтов. 4) Цифровизация и искусственный интеллект в инженерной геологии. 5) Новые идеи и результаты изучения инженерно-геологических объектов.

ISBN 978-5-00166-244-0

9 785001 662440 >