



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ



CityExpo

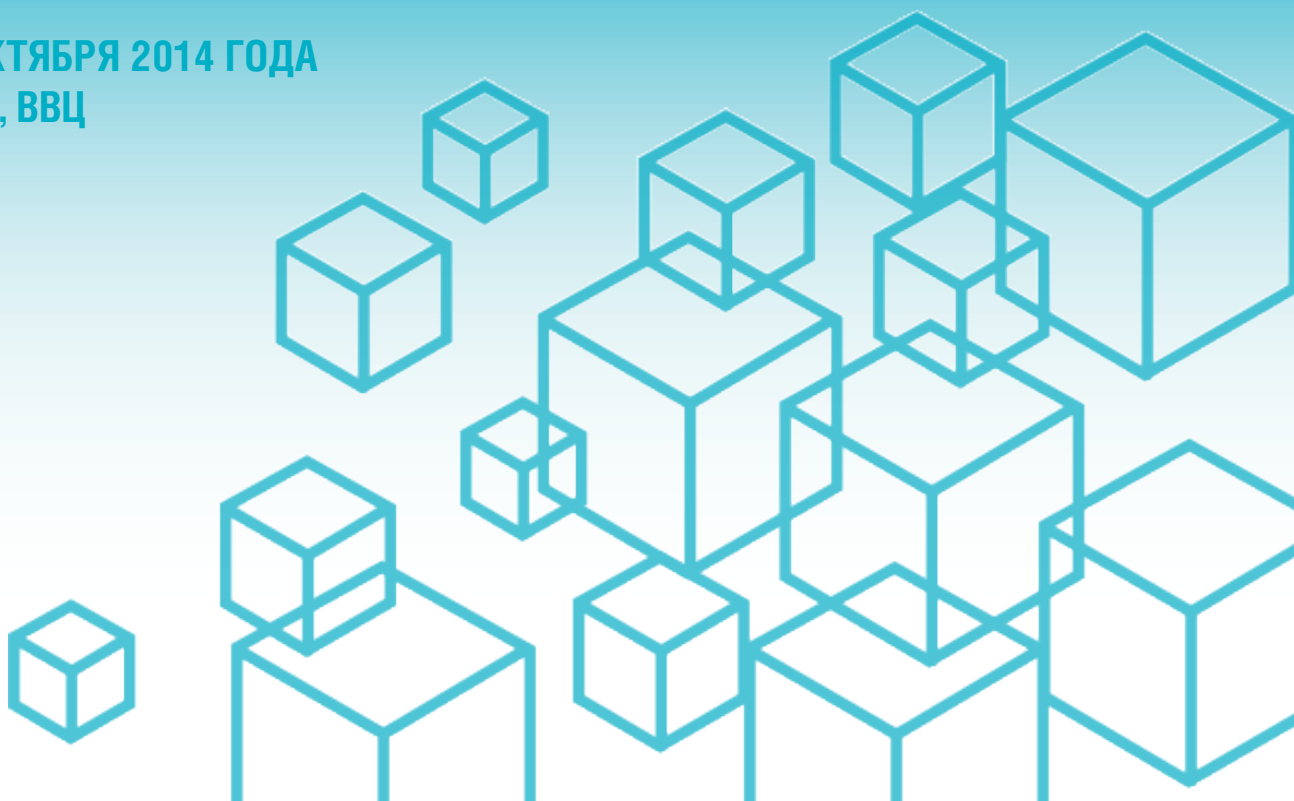
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FOUNDATION CONTRACTORS (IAFC)
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

127566, Москва, Северный бульвар, 7
тел./факс: +7 (495) 66-55-014
e-mail: info@fc-union.com, www.fc-union.com

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
международной научно-технической конференции

**«ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ФУНДАМЕНТОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ»**

16-17 ОКТЯБРЯ 2014 ГОДА
МОСКВА, ВВЦ



СОДЕРЖАНИЕ

- **Комплексные исследования свойств мерзлых грунтов при изысканиях крупных инфраструктурных проектов**
(ОАО «Фундаментпроект», Москва) стр. 4
- **Опыт работы Управления государственного строительного и жилищного надзора Республики Саха (Якутия) по проведению мониторинга температур вечномерзлых грунтов.**
(Управление государственного строительного и жилищного надзора Республики Саха (Якутия)) стр. 9
- **Инженерная защита площадок обустройства от опасных мерзлотных процессов на вечномерзлых грунтах**
(ОАО «Фундаментпроект», Москва) стр. 13
- **Анализ тенденции в развитии инновационных технологий, конструкций и материалов используемых при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов в криолитозоне**
(ООО Научно-производственная фирма «Дорцентр», Тюмень) стр. 20
- **Особенности проектирования и строительства оснований и фундаментов на намывных грунтах в пределах криолитозоны (на примере строительства промышленно-гражданских сооружений г. Якутска)**
(ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН, Якутск) стр. 28
- **Самоохлаждающие опорные системы на вечной мерзлоте**
(ОАО Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС), Москва) стр. 33
- **Замораживание грунтов оснований зданий и сооружений системами круглогодичного действия**
(ОАО «Фундаментпроект», Москва) стр. 37

- **Иновационные методы борьбы с морозным пучением**
(ЗАО «ОЗСК», Озерск) **стр. 45**
- **Заполярная линия электропередачи ВЛ 220 кВ: состояние, аварии, ремонты и реконструкция**
(Филиал ОАО «ЦИУС ЕЭС»-ЦИУС Северо-Запада, Санкт-Петербург) **стр. 49**
- **Особенности применения свай ТИТАН в вечномёрзлых грунтах**
(Ischebeck GmbH, Германия) **стр. 54**
- **Инженерно-геокриологический мониторинг применения термостабилизационных мероприятий (на примере участка «ледовый комплекс» ж/д АЯМ**
ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН, Якутск **стр. 58**
- **Погружение труб большого диаметра в вечномёрзлых грунтах в порту Саббета**
(ГК «ВиброТехСтрой», Санкт-Петербург) **стр. 64**
- **Система температурного мониторинга вечномёрзлых грунтов с передачей данных по радиоканалу**
(ОАО НПП «Эталон», Омск) **стр. 67**
- **Иновации в математическом моделировании тепловых режимов вечномёрзлых грунтов.**
(ООО «Симмэйкерс», Москва) **стр. 75**
- **Прогнозирование растепления вечномёрзлых грунтов в программе Frost 3D Universal**
(ООО «Симмэйкерс», Москва) **стр. 80**
- **Проектирование опор трубопроводов обвязок добывающих скважин**
(ОАО «Фундаментпроект», Москва) **стр. 85**
- **Применение ячеистого бетона при строительстве фундаментов мелкого заложения на вечной мерзлоте**
(ОАО «УСК МОСТ», Москва) **стр. 89**

АВТОРСКИЕ ПРАВА НА ИНФОРМАЦИЮ И МАТЕРИАЛЫ:

Все материалы в данном Сборнике докладов предназначены для участников международной научно-технической конференции «Российские и зарубежные технологии проектирования и строительства фундаментов опор мостовых сооружений», проводимой 16-17 октября 2014г. International Association of Foundation Contractors (Международной Ассоциацией Фундаментостроителей) и не могут воспроизводиться в какой-либо форме и какими-либо средствами без письменного разрешения соответствующего обладателя авторских прав за исключением случаев, когда такое воспроизведение разрешено законом для личного использования.

Воспроизведение и распространение сборника докладов без согласия Международной Ассоциации Фундаментостроителей преследуется в соответствии с Федеральным законодательством РФ. При цитировании, перепечатке и копировании материалов Сборника докладов обязательно указывать сайт и название компании организатора конференции – Международная Ассоциация Фундаментостроителей (ООО «МАФ»), www.fc-union.com.

Авторы опубликованной рекламы, статей и докладов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и отсутствие данных, не подлежащих открытой публикации.

© ООО «МАФ» 2014. Все права защищены.

ОАО «Фундаментпроект», Москва

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ КРУПНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

Автор:

Иоспа А. В., начальник сектора испытаний мерзлых грунтов ОИГС

В последние годы в России реализуется значительное количество масштабных инфраструктурных объектов в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов. Наша организация участвовала и участвует в проектах по добыче и транспортировке углеводородов (трубопроводы, нефтяные терминалы, заводы СПГ), железнодорожных и автодорожных проектах, электроэнергетике (а том числе атомной), обустройстве рудных месторождений, изыскания под морские порты, аэропорты с инфраструктурой.

Все эти объекты имеют значительную протяженность, присутствие в одном комплексе большого количества сооружений, что обуславливает значительную стоимость и трудоемкость выполнения изыскательских работ.

Большинство вновь проектируемых масштабных объектов на Севере расположены в относительно слабо изученных районах – в Красноярском крае, Забайкалье, Якутии, на Чукотке и т.д.

Сложность в производстве инженерных изысканий определяется также сжатыми сроками производства работ некоторыми специфическими свойствами многолетнемерзлых грунтов. Так, среди многолетнемерзлых грунтов практически отсутствуют несвязные грунты. Практически все мерзлые грунты обладают реологическими свойствами. Из-за этого испытания прочностных и деформационных свойств мерзлых грунтов – как лабораторные, так и полевые требуют значительного времени (каждое испытание длится от 1 до 4 недель). Кроме того, при инженерных изысканиях на многолетнемерзлых грунтах требуется проведение термометрических наблюдений в скважинах и расчетные работы по геокриологическому прогнозу по результатам полевых работ. Все это определяет большую длительность и трудозатратность работ по сравнению с работами вне зоны распространения многолетнемерзлых грунтов.

К сожалению, подход к инженерным изысканиям при работах на крупных инфраструктурных объектах сейчас ничем не отличается от изысканий компактных площадок проектируемых отдельно стоящих зданий и сооружений. Отсутствие учета масштабности объекта, наличия длительных испытаний для получения корректного результата приводит к очень напряженному графику работ, а также значительному количеству некачественного материала в результатах изысканий многих организаций. Соответственно, приходится возвращаться к работам в связи с повышенным количеством замечаний экспертиз, большому количеству изменений в проектной документации на стадии строительства, аварийным ситуациям на сооружениях в процессе эксплуатации. В ряде случаев к нашей организации обращались для проведения повторных изысканий после получения некачественных материалов от других организаций.

При разборе обстоятельств низкого качества результатов изысканий, нередко выясняется, что немалое значение имеет избыточность требований к количеству исследований в изысканиях при полном отсутствии требований к систематизации материала, его обобщению и анализу. Это характерно уже на этапе тендерных процедур.

В результате, компании выигравшие право проведения работ сталкиваются с тем, что не могут в требуемые сроки качественно провести необходимые исследования, не говоря уже о каком-либо анализе материала. Особенно слабым местом для изысканий в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов является количество лабораторных и полевых испытаний механических (прочностных и деформационных) свойств грунтов. Также нередко обращает на себя внимание сомнительная достоверность интерпретации температуры и состояния многолетнемерзлых грунтов в пределах выделенных микрорайонов.

Между тем именно прочностные характеристики и температурный режим грунтов определяют несущую способность грунтов, а вовсе не количество погонных метров бурения. И, например, бурение каждые 200м скважины не позволяет автоматически определить не только температуру, но и распространение мерзлых грунтов, которые могут изменяться на этом расстоянии по несколько раз. Для корректной экстраполяции температурного поля необходимо проводить районирование на основе инженерно-геокриологической съемки.

Исследования прочностных и деформационных свойств грунтов ввиду значительных трудностей отбора и транспортировки грунтов в ненарушенном сложении, а также значительной длительности и трудоемкости самих испытаний зачастую отсутствуют. Вместо них данные компилируются из сторонних материалов, как правило, весьма удаленных от объекта изысканий в пространстве и времени, и с ориентировкой на значения СП (СНиП), различных Рекомендаций и Руководств. Это, конечно же, абсолютно недопустимо ввиду значительной изменчивости свойств мерзлых грунтов под влиянием большого количества факторов. По данным наших исследований, в пределах выделенных в таблицах нормативных документов наименований грунтов, прочностные свойства мерзлых грунтов не являются постоянными, а могут изменяться в 2-3 раза в зависимости от свойств конкретных геолого-генетических типов грунтов, особенностей их состава, строения, структурно-текстурных особенностей).

Анализ существующих производственных мощностей организаций, занимающихся полным комплексом инженерных изысканий на территории многолетнемерзлых грунтов (включая геокриологическое картирование, испытания мерзлых грунтов, разработку геокриологического прогноза) и сравнение их с формальными потребностями для производства изысканий крупных инфраструктурных проектах показывают, что обеспеченность, например, лабораторными испытаниями явно недостаточна.

Производственные мощности лабораторий, занимающихся испытаниями прочностных и деформационных свойств мерзлых грунтов, никогда не были очень велики. В советское время действовала сеть мерзлотных станций на Крайнем Севере, были несколько лабораторий, оснащенных морозильным хозяйством (ПНИИИС, НИИОСП и др.). Сейчас, по нашей оценке, в России сейчас действует не более 15 лабораторий с возможностью испытаний прочностных и деформационных свойств мерзлых грунтов, общей пропускной способностью – по самым оптимистичным оценкам – около 1500 испытаний основных механических характеристик в месяц. Имея ввиду, что получение характеристик предельно-длительной прочности, смерзания или модуля деформации мерзлого грунта занимает, в среднем, 2 недели. Для сильнольдистых, засоленных мерзлых грунтов – до 4-х (а иногда и 6 недель).

Одна строительная площадка, площадью 5-10Га, как правило, имеет в составе грунтовой толщи около 10 ИГЭ. По 6 испытаний с ИГЭ на 3 основные механические характеристики мерзлого грунта (сопротивление под торцом сваи, смерзание с грунтом по стволу сваи, модуль деформации) – 180 испытаний по 2 недели каждое. То есть все действующие лаборатории, испытывающие мерзлые грунты готовы обслужить одновременно не более 8-10 объектов среднего размера. А протяженность крупнейших инфраструктурных проектов, реализуемых

в России – сотни и тысячи километров протяженности линейных объектов, сопровождаемые десятками небольших площадок.

То есть формально мы имеем острый дефицит изыскательских мощностей. А с увеличением реальных испытаний произойдет значительное удорожание изысканий.

При этом если серьезно подходить к изысканиям на территории распространения мерзлых грунтов – большого наращивания испытательных мощностей не требуется. Скажем, на Аляске и в Канаде таких лабораторий – единицы, в Китае – тоже. Зато следует значительно увеличить усилия по составлению адекватной программы работ в начале и анализу результатов испытаний в конце.

То есть «рецепты» для качественного и своевременного выполнения изыскательских работ уже давно найдены и применялись как в Союзе, так и за рубежом (причем, за 50-70 лет практики они получили дальнейшее развитие).

Если говорить про инженерно-геокриологические изыскания (изыскания в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов), то основа – это комплексирование работ, основанное на методе «ключевых участков». Данный метод основан на анализе пространственной изменчивости состава и состояния грунтовых толщ, и при инженерных изысканиях используется с 50-х годов 20 века, его изучают студенты, но на практике у нас применяется очень небольшим количеством организаций. С развитием геоинформационных технологий метод стал гораздо более эффективным. С развитием лабораторной базы эта методология позволила при районировании оперировать физико-механическими – прочностными, деформационными свойствами мерзлых грунтов, и таким образом, комплексировать всю информацию, получаемую при изысканиях для подготовки проектных решений.

Тем не менее, на всех крупных объектах происходит не комплексирование, а разделение по видам и объемам работ. Как правило, примерно по такой схеме:

- линейная часть «нарезается» на небольшие участки, за каждый из которых полную ответственность несет одна группа специалистов (или компания). При этом на соседних участках существуют повторяющиеся грунтовые условия, и дробление увеличивает количество работы без улучшения качества.
- отдельно выделяются площадные объекты инфраструктуры, примыкающие к тем же линейным участкам
- компании, получившие свой «кусочек» делит еще раз – но уже не только на отрезки, но и по видам работ и раздает субподрядчикам. Без очень четкой координации это снова увеличивает физические объемы испытаний и затрудняет интерпретацию результатов
- при очень сжатых сроках (что мы имеем всегда) увеличившееся количество работы приводит к тому, что анализ результатов, стыковка между подрядчиками и субподрядчиками просто отсутствуют.

Попадая в проектные подразделения эта «каша» только возмущает и раздражает специалистов. Даже если в работе есть хороший, качественный материал по свойствам грунтов, а районирование проведено корректно – все это откладывается в сторону и проектируется «по опыту, и с запасом». Снова идут цифры из СП (завышенные или заниженные по сравнению с реальными), добавляется еще «на глаз». А потом, уже по результатам испытаний натуральных свай на свайном поле могут приниматься изменения в проектную документацию.

На экспертизу же выдается огромное количество не очень полезного материала. Эксперт же, заваленный, по сути, макулатурой пропускает не слишком готовую работу «за старание и количество».

У нас был последние годы уникальный опыт – испытания натуральных свай в мерзлых грунтах различной длины максимальными нагрузками на севере Ямала. По начальному проекту были заложены стальные сваи, длиной более 40м и диаметром 530мм и 800мм. Испытывались сваи длиной от 16м до 32 метров. Нагрузки по сравнению спроектными (150-170тс) были заданы более чем с 2-х кратным запасом (340тс и более). По результатам испытаний нам не удалось достигнуть срыва даже самой короткой сваи (16м). Более того, максимальная зарегистрированная осевая деформация была пренебрежимо мала. То есть в конструкцию фундамента был заложен более чем 4-х кратный запас по несущей способности.

В другом случае, в Якутии, при комиссионном обследовании во время строительства было обнаружено, что невозможность установить бурозабивной свайный фундамент (железобетонные сваи) определяется наличием с глубины 2-3м скальных пород – гранитов слаботрециноватых. В документации – от отчета по изысканиям до рабочих чертежей установлено последовательно «превращение» глыбового грунта с наличием глинистого заполнителя менее 15% в глинистый грунт с единичными глыбами, что и привело к невозможности установки свай на проектную глубину.

Нередко встречаются и случаи потери несущей способности на построенных сооружениях на мерзлых грунтах, с которыми основным методом борьбы является термостабилизация мерзлых грунтов.

Все перечисленное, конечно, крайние случаи, но они иллюстрируют неэффективность сложившегося порядка проведения инженерно-геокриологических изысканий. Поскольку конструкторские решения, применяемые по результатам изысканий, должны быть оптимальными, в первую очередь, по соотношению «цена-надежность».

Кроме того, есть круг актуальных вопросов, не затрагиваемый стандартным комплексом инженерных изысканий на территориях, занимаемых многолетнемерзлыми породами:

- использование лакокрасочных и других покрытий в защитных целях резко снижает (как правило) смерзание свай с грунтом – а на смерзание, как правило, приходится 70-80% несущей способности свай на многолетнемерзлых грунтах;
- работа различных конструкций свай определяется различными свойствами грунтов – например, несущая способность винтовых свай, определяется, в основном, характеристиками сдвига грунта и его сжимаемости, цилиндрические же сваи, практически исключительно за счет смерзания по боковой поверхности с грунтом и сопротивления под торцом.
- при околонулевых температурах исходное состояние грунтов определяется температурой грунтов и направленностью процесса (происходит ли понижение или повышение температуры грунтов).
- Для мерзлых грунтов в нормативной литературе для модуля деформации, получаемого методом компрессионного сжатия нет коэффициента перехода от результатов лабораторных испытаний к полевым штампам (то есть модулю деформации в массиве). Для немерзлых грунтов эта разница имеет величины от 2-х до 5 раз. Метода полевых испытаний многолетнемерзлых грунтов штампами в нормах также нет. И проведено таких испытаний в мире очень немного за историю инженерных изысканий.
- при переносе, расширении площадок, смещении осей трасс, расширении коридоров коммуникаций – прогноз состояния и свойств грунтов требует анализа результатов уже существующих изысканий.

Выводы

По нашему мнению для эффективности инженерно-геокриологических исследований в составе изысканий на крупных инфраструктурных проектах необходимо обязательное научно-методическое сопровождение работ с начальных этапов проекта (Обоснование инвестиций, Техничко-экономическое обоснование). Работы должны включать анализ пространственной изменчивости грунтовых условий (в том числе с созданием карт мелкого и среднего масштабов) с последующей детализацией на стадиях Проект-Рабочая Документация.

При этом на этапе полевых работ заранее должны намечаться участки, служащие источником наиболее подробной информации, которую можно распространить на соседние. Буровые работы в первую очередь производятся именно на «ключевых участках» с отбором монолитов грунта – чтобы наиболее сложные и длительные виды испытаний начать как можно быстрее. Там же, при необходимости, можно организовать полевые испытания горячим штампом (тоже весьма длительный и трудоемкий комплекс работ). И главное – необходимо изыскательской организации, осуществляющей эти работы иметь контакт с организацией, осуществляющей проектирование (по крайней мере фундаментов сооружения).

Физические же объемы бурения, также необходимые по НД, являются по сути уточняющими строение разреза и могут выполняться параллельно или по завершении работ на ключевых участках, желательно под единым контролем.

ОАО «Фундаментпроект»

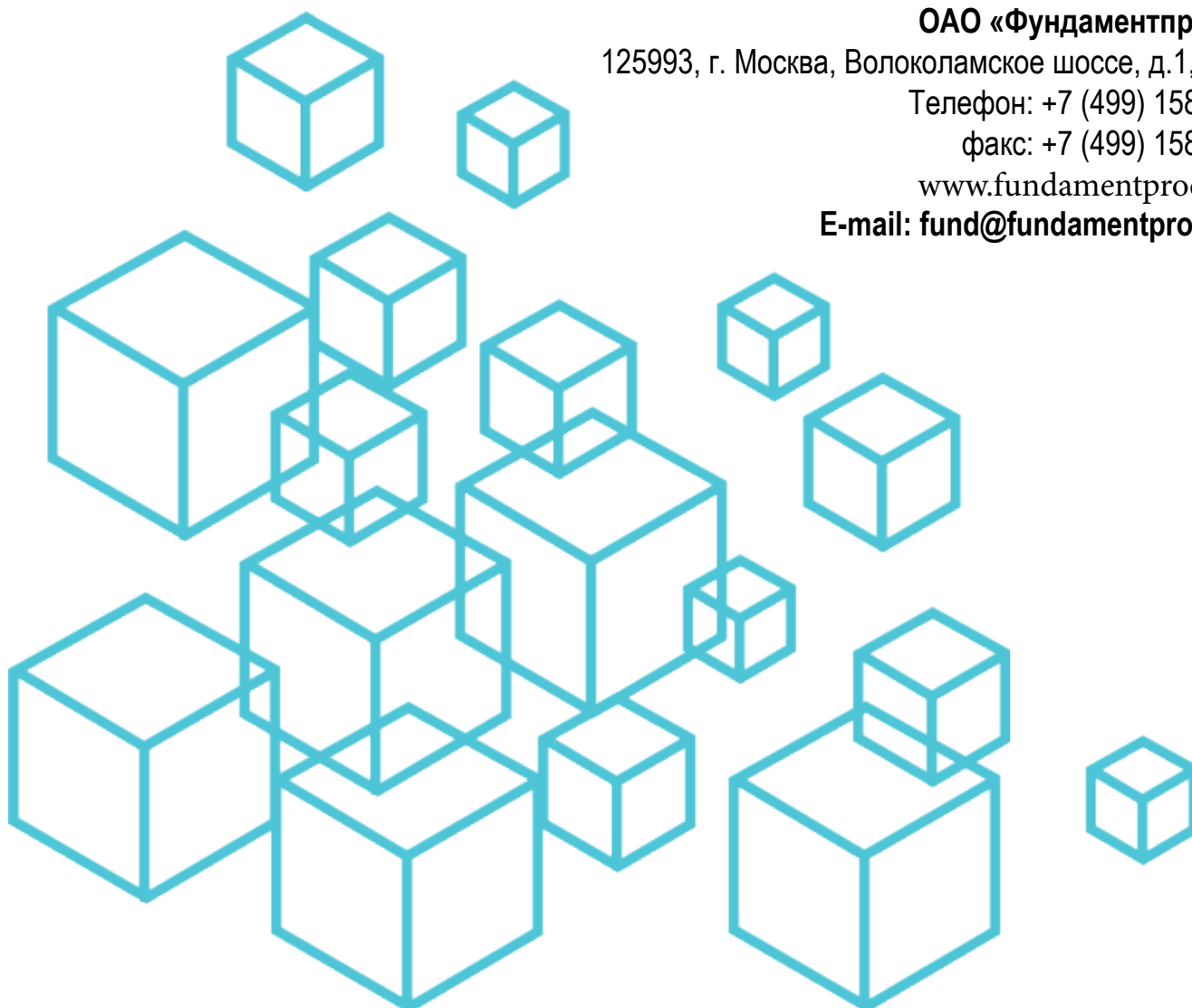
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.1, стр.1

Телефон: +7 (499) 158 0481

факс: +7 (499) 158 3078

www.fundamentproekt.ru

E-mail: fund@fundamentproekt.ru



Управление государственного строительного и жилищного надзора Республики Саха (Якутия)

ОПЫТ РАБОТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО И ЖИЛИЩНОГО НАДЗОРА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) ПО ПРОВЕДЕНИЮ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУР ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Автор:

Кузакова В. А., руководитель

Почти вся континентальная территория Якутии представляет собой зону развития сплошной многовековой мерзлоты со средней мощностью 300-400 м, которая только на крайнем юго-западе переходит в зону ее прерывистого распространения. Основная часть населения республики – 64% проживает в городах (плотность населения в самом крупном городе республики Якутске составляет 63,4 чел/км.кв), наблюдается стабильный рост численности городского населения. Увеличение численности населения сопровождается увеличением темпов жилищного строительства. В условиях ограниченности городских территорий под застройку все чаще попадают участки, считающиеся условно-благоприятными, т.е. требующими проведения дополнительных мероприятий по улучшению свойств грунтового основания.

Якутску более 380 лет, опыт каменной, тем более благоустроенной, застройки гораздо скромнее — самое старое сохранившееся каменное здание постройки конца 19 века. Жилые дома в каменном исполнении стали строить в 50-х годах 20 века. Первые здания строились на каменных фундаментах мелкого заложения, с заглублением в грунт до 5 м. Массовое строительство крупнопанельных домов на свайном фундаменте с заложением до глубины 8 м начинается в 70-х годах 20 века. Рост аварийности крупнопанельных жилых домов характеризовался следующими цифрами: 1979 – 7 зданий, 1980 – 62, 1985 – 65, 1986 – 120, 1988 – 136 зданий. В 2014 году из всего многоквартирного жилого фонда, включая деревянный фонд, насчитывающего 4428 зданий, 182 находятся в аварийном состоянии и 1290 зданий – ветхие. Ежегодно 11-12% зданий и сооружений переходят в аварийное и предаварийное состояние. Основной причиной роста аварийности является неудовлетворительная эксплуатация.

Первые наблюдения за поведением многолетнемерзлых грунтов в Якутске начались в 1837 г.

В настоящее время, сведения о состоянии криолитозоны пополняются из четырех основных источников:

- измерения температуры почвы на глубине до 3,2 м, проводимые на многих метеостанциях;
- геотермические измерения в скважинах разной глубины, от первых десятков до сотни метров;
- измерения мощности сезонно-талого слоя, проводимые с 1990-х годов в рамках международного проекта мониторинга криолитозоны;
- комплексные измерения на геокриологических стационарах.

Информация, полученная на метеостанциях и геокриологических стационарах, по большей части, носит научный характер. Информация о состоянии многолетнемерзлых грунтов в пределах глубины заложения фундаментов имеет практическое значение, поскольку отражает сезонные изменения температуры грунтов основания конкретного объекта. Научные наблюдения выполняются в соответствии с международными протоколами, а наблюдения в скважинных на строящихся объектах и эксплуатируемых зданиях выполняются в соответствии с программой наблюдений, разрабатываемой в процессе проектирования.

Начиная с 1987 года в Якутске создаются организации, занимающиеся контролем состояния оснований и фундаментов – Республиканская мерзлотная служба при тресте «ЯкутТИ-СИЗ», в 90-х годах службы при муниципалитете в Якутске и в Мирном (институт Якутнипроалмаз). В 2008 году в рамках государственного строительного надзора Республики создан отдел мерзлотного надзора. Задачей отдела мерзлотного надзора является мониторинг состояния многолетнемерзлых грунтов застроенных территорий республики с формированием базы геотемпературных наблюдений. Формируется уникальный архив, материалы которой часто становятся отправной точкой при анализе состояния оснований фундаментов и фундаментных конструкций, способствуют росту профессионализма специалистов проектных организаций. В мониторинг включаются как результаты собственных наблюдений, так и материалы, предоставляемые застройщиками в процессе строительства, в соответствии с требованиями проекта. Наблюдения за температурным режимом грунтового основания не прекращаются в момент завершения строительства.

В настоящий момент в базе накоплены результаты замеров приблизительно по 4 тысячам температурных трубок по г. Якутску, начиная с 2000 года. Есть единичные результаты за более ранние периоды. Результаты заносятся в базу с последующей обработкой в системе Arcgis. Накопленные данные визуализируются с помощью дополнительных модулей в ОС ArcGis, что позволяет визуализировать большие объемы информации, имеющей географическую привязку. В базу данных вводится информация об объекте – наименование, адрес (включая географическую привязку), заказчик, застройщик, генподрядчик, фамилия инспектора строительного надзора, информация о составе и состоянии основания фундаментов. В случае, если в процессе строительства добавляются новые температурные трубки, они оперативно включаются и в базу. Температура грунтов вводится с интервалом 1,0 метр с точностью 0,1 градус. Это позволило совместить ведение базы данных и мониторинг сохранности вечномерзлых грунтов.

Якутск – это город с населением более 200 тыс. человек, в котором функционируют промышленные предприятия, расположены административные и учебные заведения, спортивные комплексы, активно ведется жилищное строительство. Основная часть зданий в городе построена по I принципу. В качестве мероприятий, способствующих стабилизации верхней границы мерзлых грунтов чаще всего используется устройство проветриваемых подполий, реже проводятся дополнительные мероприятия по принудительному охлаждению грунтов путем устройства сезонно-действующих охлаждающих установок – СОУ. Еще реже устраиваются термоизолирующие подсыпки (в основном для зданий с гаражами на первом этаже). Контроль температурного режима осуществляется посредством регулярных замеров при строительстве и должен осуществляться в дальнейшем.

Для долговременной и безопасной эксплуатации необходимо проведение не только мониторинга температур, но и мониторинга технического состояния. С этой целью могут справиться специально созданные структуры, обладающие правом проведения надзорных мероприятий. А именно осуществлять надзор за организацией и систематическим проведением профилактического обследования эксплуатируемых зданий в целях установления технического состояния и эксплуатационного содержания; надзор за организацией и своевременным

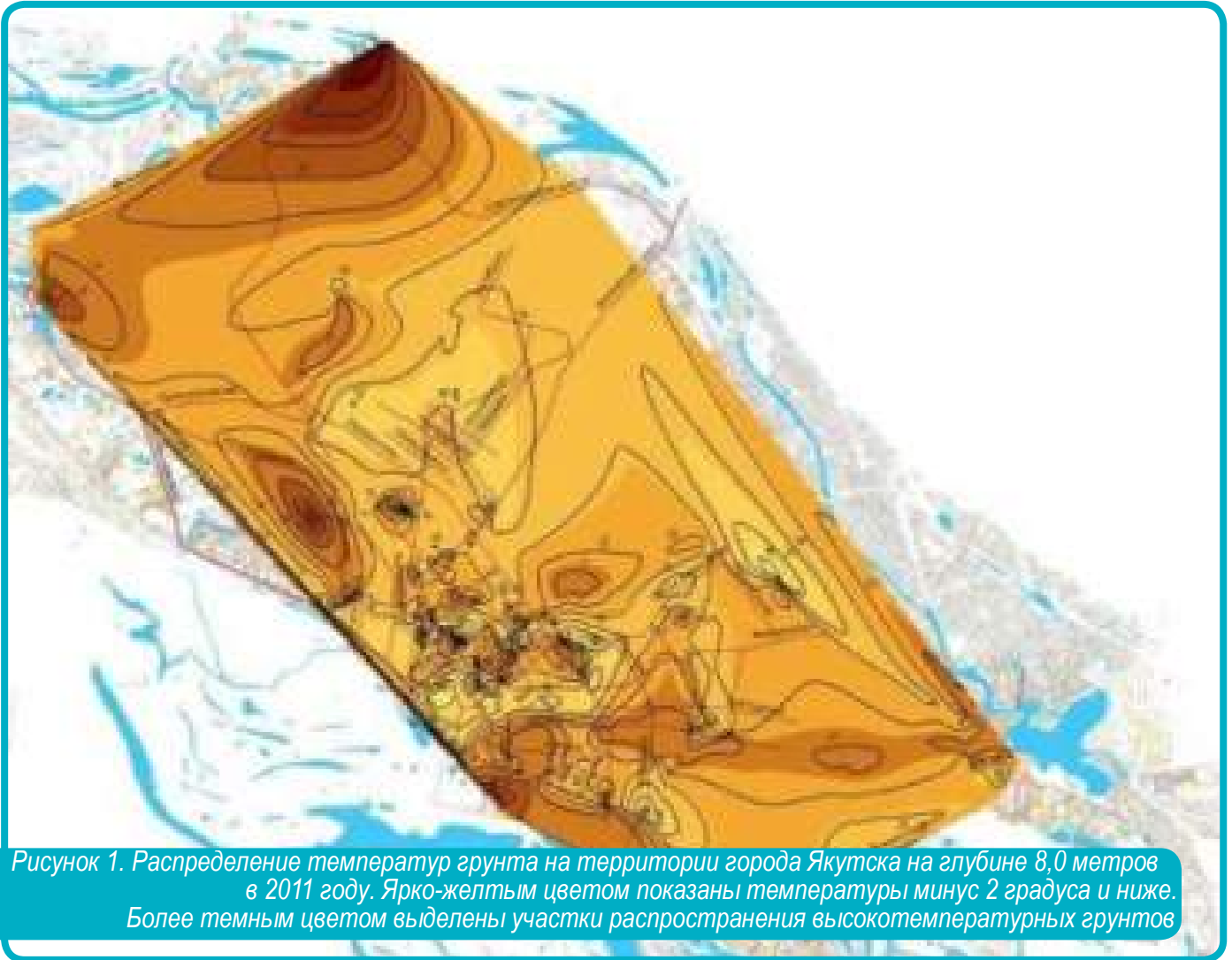


Рисунок 1. Распределение температур грунта на территории города Якутска на глубине 8,0 метров в 2011 году. Ярко-желтым цветом показаны температуры минус 2 градуса и ниже. Более темным цветом выделены участки распространения высокотемпературных грунтов

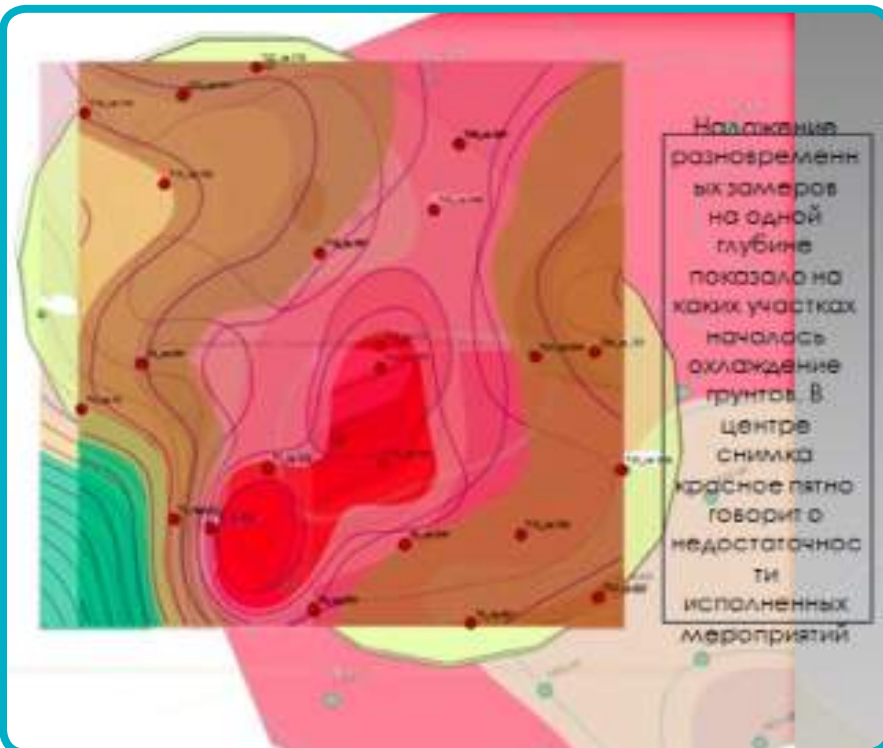


Рисунок 2 /Пример мониторинга температурного режима основания фундаментов строящегося объекта

проведением детального обследования эксплуатируемых зданий, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии; надзор за проведением мероприятий по приведению зданий, находящихся в аварийном и предаварийном состояниях в нормативное состояние; участие в расследовании причин аварий и обрушений строительных частей и конструкций зданий и сооружений по установлению обстоятельств, вызвавших разрушение конструкций; надзор за исполнением требований по эксплуатации зданий, расположенных в районах вечной мерзлоты; проведение разъяснительной работы и консультаций.

Таким образом, считаем, что проблемой, решение которой ориентировано на достижение практического результата в виде долговременной и безопасной эксплуатации, должна явиться выработка новой методологической позиции по созданию системы мониторинга состояния многолетнемерзлых грунтов и фундаментных конструкций. К примеру, по аналогии со структурированной системой мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС) или подсистемой мониторинга состояния несущих конструкций (СМИК), разработанных для чрезвычайных ситуаций. Действенный мониторинг связан не только с привлечением специалистов, но и с использованием специального оборудования, и, соответственно, возникает проблема финансирования. Одной из обязанностей собственников жилья является обеспечение сохранности общего имущества. В таком случае финансирование мониторинга должно возлагаться на собственников жилья, а исполнение мониторинга – специализированными организациями.

**Управление государственного строительного и
жилищного надзора Республики Саха (Якутия)**

Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Аммосова, д. 8

телефон: +7 (4112) 345 053

факс: +7 (4112) 342 644

sakha.gov.ru

e-mail: sakhagasn@mail.ru



ОАО «Фундаментпроект», Москва

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПЛОЩАДОК ОБУСТРОЙСТВА ОТ ОПАСНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Авторы:

Балашова М. В., руководитель группы проектного отдела

Защита от подтопления и возникновения опасных мерзлотных процессов на застраиваемых и эксплуатируемых территориях – одна из актуальных проблем в северных регионах. Суровые природные условия: низкие температуры воздуха, значительное количество атмосферных осадков, наличие водоупора из вечномерзлых грунтов, высокие фильтрационные свойства сезонно-талого слоя (СТС) способствуют повышенной обводненности территории и в то же время благоприятствуют развитию таких опасных геокриологических процессов как термокарст, пучение, термоэрозия, солифлюкция, оползни, сплывы и т.п. Кроме того, многие площадки застройки характеризуются значительной заболоченностью и наличием большого количества озер и сезонных водотоков. В таких условиях необходимо разрабатывать дополнительные, эффективные мероприятия по инженерной защите и подготовке территории.

Наиболее распространенным мероприятием инженерной защиты территорий и сооружений от негативного воздействия подтопления и геокриологических процессов является, согласно СП 25.13330.2012 (СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах». Актуализированная редакция), использование планировочных насыпей, устраиваемых для организации рельефа.

В то же время, во многих случаях планировочные насыпи не выполняют своей защитной роли, а наоборот, сами обводняются, деформируются, разрушаются и нуждаются в инженерной защите (см.рис. 1).

Основными причинами этого являются следующие:

1. Устройство планировочных насыпей из переувлажненных слабодренирующих грунтов (из песков пылеватых и мелких, а иногда из супесей и суглинков).
2. Несвоевременная отсыпка насыпи: на сезонно-талый грунт (при принципе I) и на сезонно-мерзлый (при принципе II, использования грунтов в качестве оснований).
3. Отсутствие требуемого послойного уплотнения насыпных грунтов.
4. Укладка в насыпь льдогрунтовых комьев, дающих при оттаивании большие просадки.
5. Уничтожение при отсыпке насыпи мохово-растительного покрова и тем самым увеличение слоя сезонного оттаивания по сравнению с природным.
6. Подтопление площадок со стороны примыкающих территорий, расположенных выше по рельефу.
7. Перемораживание природных путей фильтрации надмерзлотных вод под дорогами и под зданиями (из-за охлаждающего влияния вентилируемых подполий и термостабилизаторов).

Площадная отсыпка территории в зимне-весенний период приводит к тому, что при последующем оттаивании грунты насыпи переходят в водонасыщенное состояние. Время, необходимое для фильтрации избыточной влаги из насыпного слоя, зависит от фильтраци-

онных свойств, слагающих его грунтов. Например, осушение насыпи из пылеватых песков (коэффициент фильтрации 0.5...1.0 м/сут) без применения дополнительных мероприятий по дренированию может занять несколько месяцев и даже лет (в зависимости от площади насыпи). Несвоевременная отсыпка насыпи приводит к консервации под ней талых грунтов СТС (при летне-осенней отсыпке) и мерзлых грунтов сезонно-мерзлого слоя СМС (при зимне-весенней отсыпке), что вызывает дополнительные деформации осадки или подъема. Кроме того, так как в северных условиях в холодный период года очень сложно готовить для насыпи сухие непучинистые грунты, то насыпи часто отсыпаются льдонасыщенными грунтами, зачастую со смерзшимися комьями. Выполнить послойное уплотнение такого грунта до требуемой плотности невозможно, а при их оттаивании происходит неравномерная осадка насыпи.

Дополнительным источником водонасыщения насыпных грунтов являются талые и дождевые воды, концентрирующиеся на поверхности планировочных насыпей, а также техногенные, поступающие вследствие возникновения аварийных ситуаций и несанкционированных сбросов. За период нахождения грунтов насыпи в талом состоянии, из-за невысоких значений их коэффициента фильтрации, избыточная влага не успевает отфильтровываться из тела насыпи. В таких случаях в процессе сезонного промерзания поверхность насыпи и несущие конструкции инженерных сооружений подвергаются деформациям, связанным с морозным пучением грунтов, и, соответственно, просадкам в процессе сезонного оттаивания.

Проектирование систем инженерной защиты территорий от подтопления и опасных мерзлотных процессов осуществляется путем комплексного решения проблемы, начиная с самых ранних этапов строительства.



Рисунок 1. Просадка поверхности планировочной насыпи

Помимо материала и технологии отсыпки при возведении планировочной насыпи большое значение имеет период отсыпки и подготовка территории. При использовании грунтов в мерзлом состоянии во время строительства и эксплуатации (принцип I) предварительная подготовка территории в зависимости от сезона и мерзлотно-грунтовых и гидрологических условий может включать следующие мероприятия.

1. Очистку снегового покрова в зимний период, что ускоряет промерзание СТС и достаточно эффективно понижает температуры мерзлых грунтов основания.

2. Предпостроечное промораживание талых и высокотемпературных грунтов в зимний период с помощью сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) – термостабилизаторов (см. рис.2).

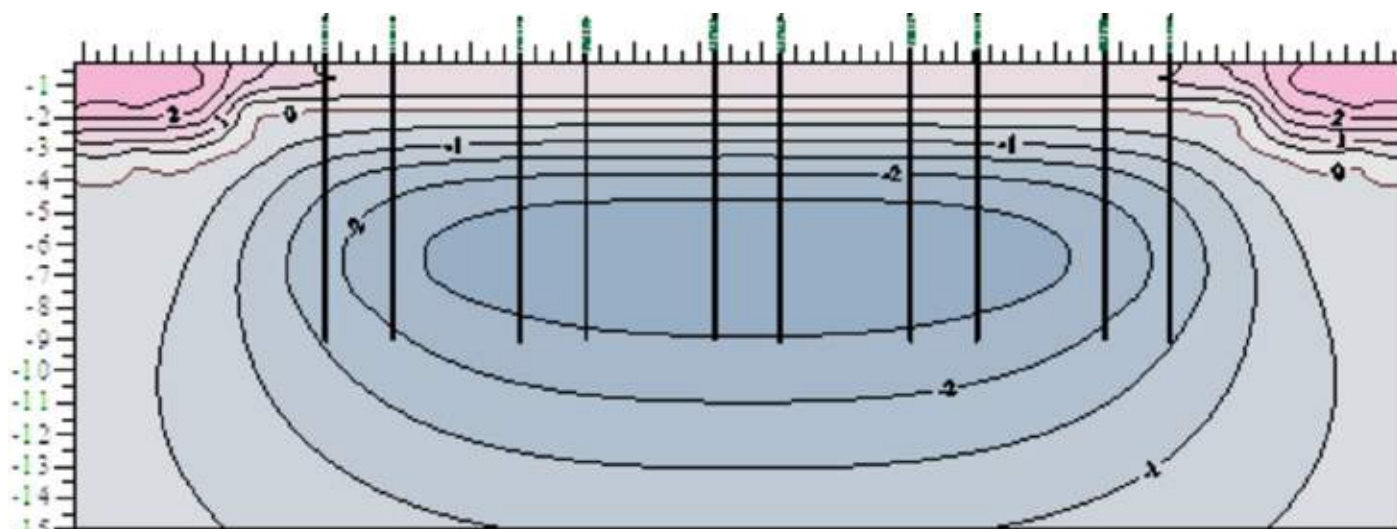


Рисунок 2. Температурное поле в грунтах основания сооружения, сформированное вертикальными термостабилизаторами

3. Укладку в основание теплозащитных экранов, обеспечивающих сохранение мерзлого состояния грунтов СТС в теплый период года при годовых изменениях температур наружного воздуха (переменный температурный режим) и замедляющих процессы оттаивания и повышения температур мерзлых грунтов при постоянном тепловом воздействии сооружений с полами по грунту (стационарный тепловой режим).

4. Выемку поверхностного льда на участках с наличием большого количества озер и сезонных водотоков в целях предотвращения деформации планировочной насыпи после их сезонного оттаивания и просадки с последующей засыпкой и упрочнением котловин или сохранение их мерзлого состояния (для участков без вероятного оттаивания) с применением локальных теплозащитных экранов (рис. 3).

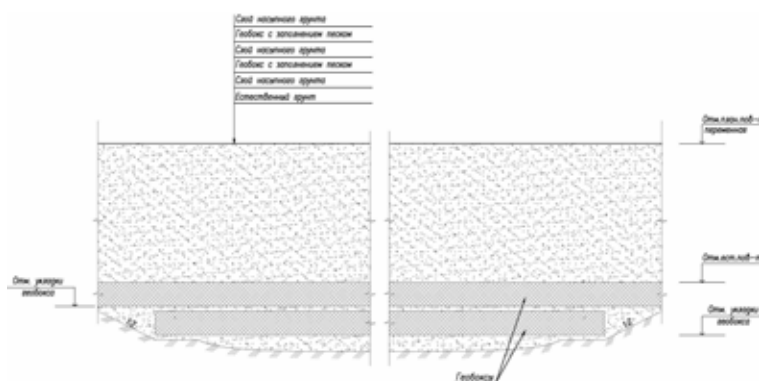


Рисунок 3. Засыпка котловин озер и водотоков с упрочнением при помощи геоячеек, скрепленных между собой и заполненных песком (геоблоксов)

5. Обеспечение поверхностного водоотвода для предотвращения подтопления насыпи с прилегающей территории талыми и атмосферными водами осуществляется с помощью устройства канав сечением с укреплением дна и откосов (см. рис. 4). Водоотвод поверхностных вод по средством ливневой канализации, устраиваемой вдоль внутриплощадочных автодорог и (или) проезжих частей внутриплощадных автодорог, в которую осуществляется разгрузка с прилегающих к дорогам участков насыпи (см. рис. 6,7).

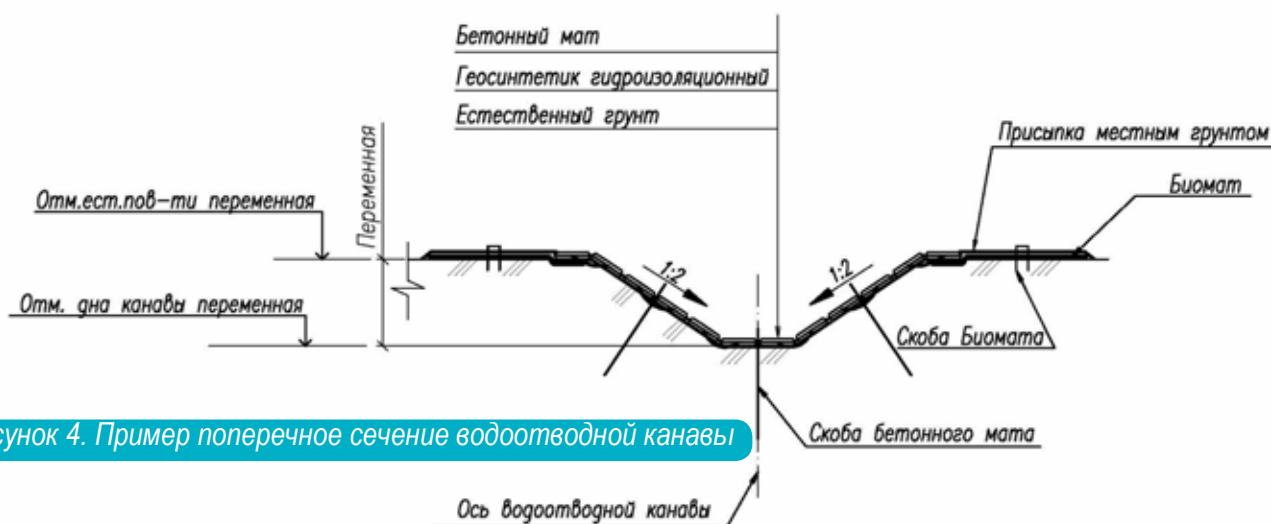
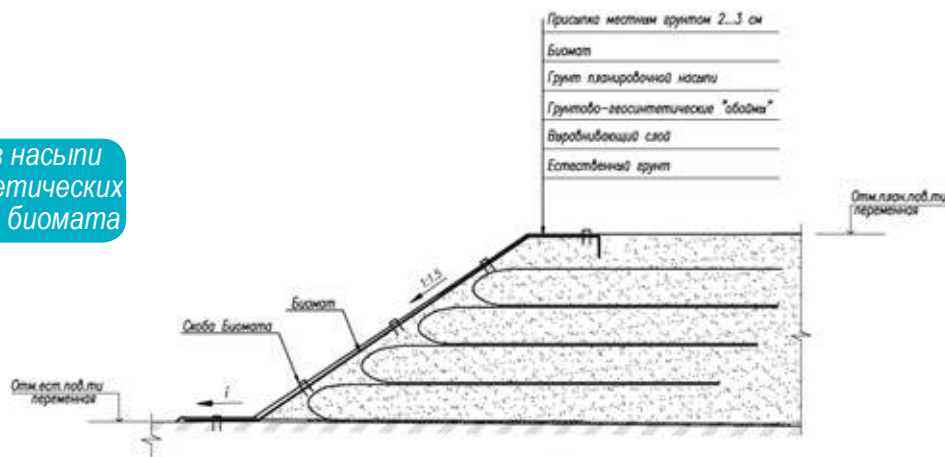


Рисунок 4. Пример поперечное сечение водоотводной канавы

6. Защита откосов и поверхности насыпи и прилегающих территорий от эрозионных процессов с помощью рекультивации биоматами, специально разработанными для использования в северных условиях, и упрочняющих гибких бетонных матов, например, марки УГБЗМ (универсальный гибкий бетонный защитный мат).

7. Обеспечение устойчивости откосов общепланировочной насыпи с помощью внутреннего армирования с устройством незамкнутых «обойм» (рис. 5) из геосинтетического материала, который улучшает условия уплотнения насыпи и снижает неравномерность осадки. Если насыпь возводится из грунтов различного состава, разделительные прослойки рекомендуется размещать на границе контакта грунтов, что обеспечивает повышение несущей способности насыпи. В качестве армирующего материала для создания прослоек предлагается применение геотекстильных нетканых иглопробивных материалов, отличающихся достаточной прочностью и деформативностью.

Рисунок 5. Укрепление откосов насыпи с помощью грунтово-геосинтетических «обойм» и биомата



9. Упрочнению оснований внутриплощадочных автомобильных дорог с помощью укладки на глубинах 0,2-2,0 м от планировочной поверхности дороги дренажных матов и упрочнение грунтов основания геоячейками (геобоксами), заполненными песком (см. рис. 6, 7).

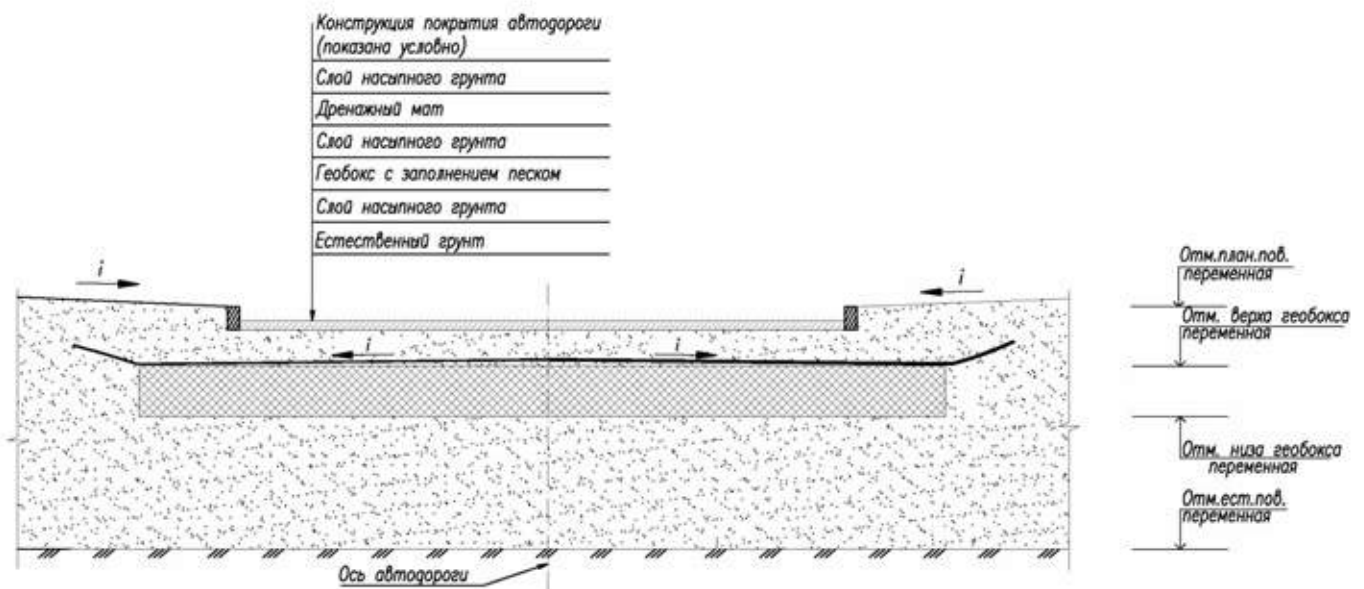


Рисунок 6. Устройство упрочнения верхнего слоя насыпи и отвода поверхностных вод по внутриплощадочным автодорогам и дренажным матам

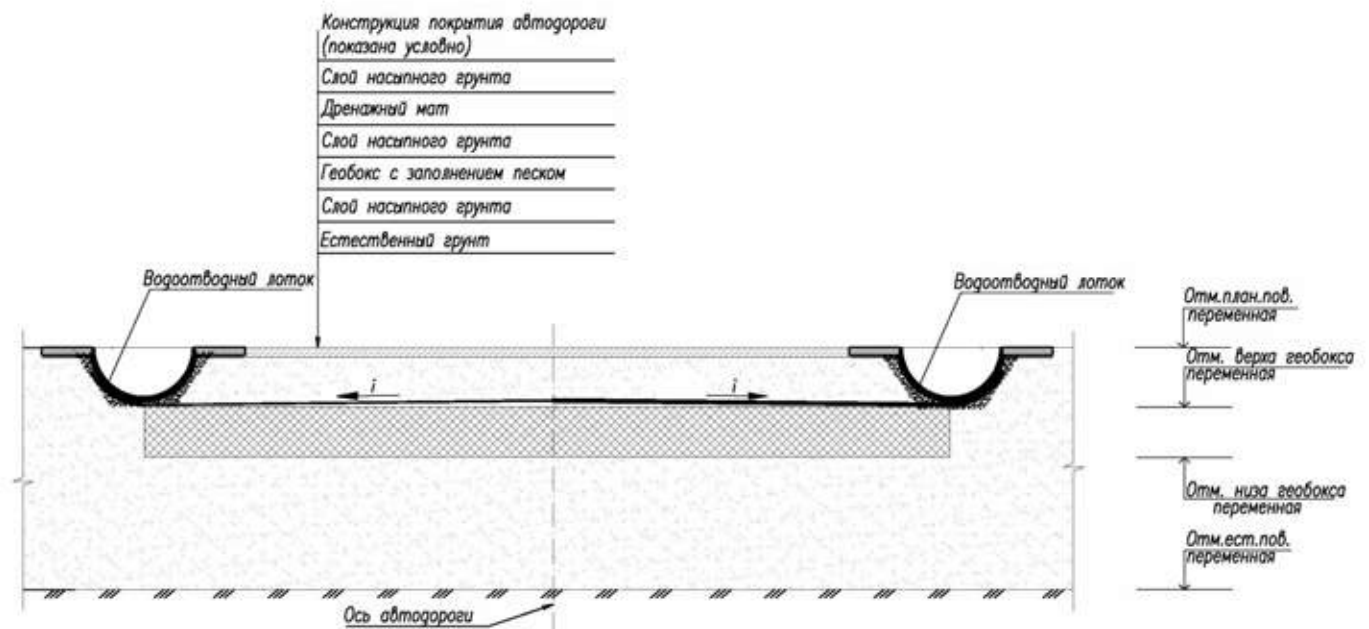
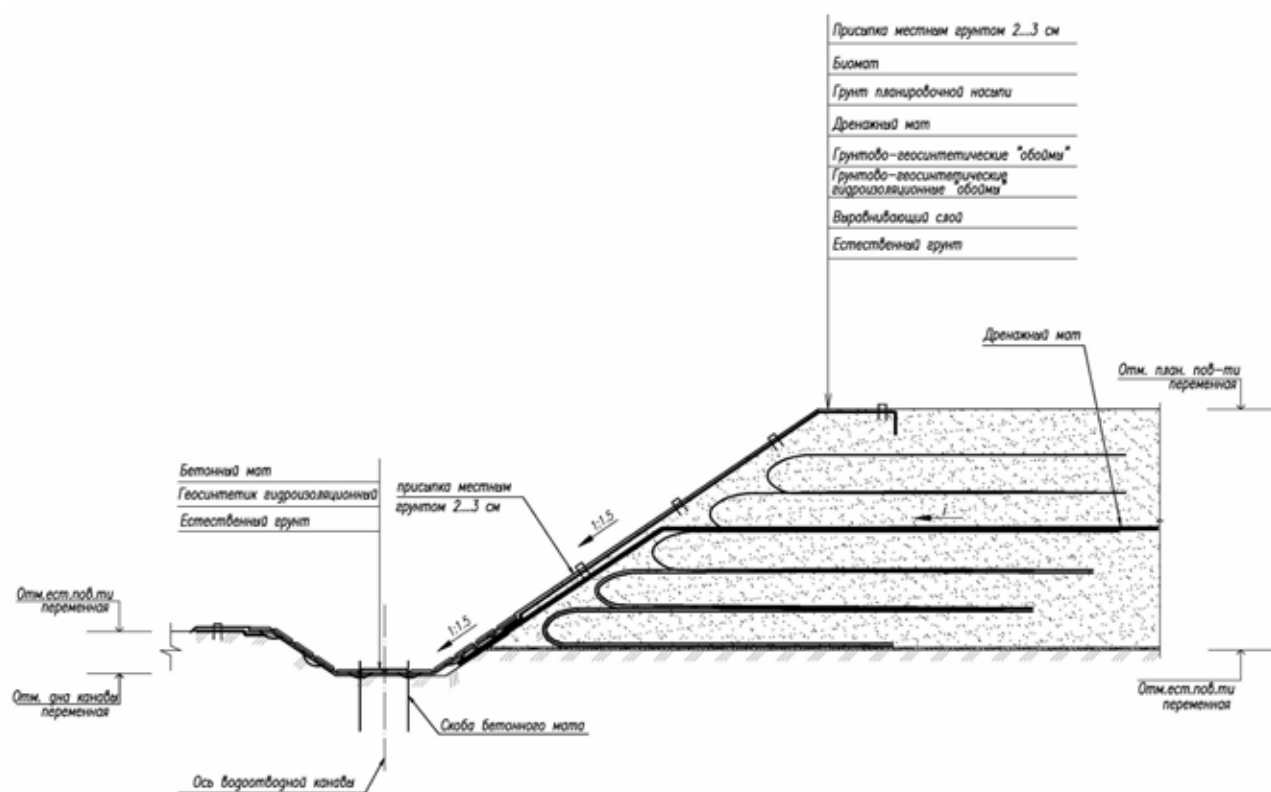


Рисунок 7. Устройство упрочнения верхнего слоя насыпи и отвода поверхностных вод по системе ливневой канализации и дренажным матам (поверхность автодороги находится в одном уровне с общепланировочной насыпью)

8. Водоотводу из массива насыпных грунтов (в случае необходимости) с помощью дренажных матов, труб и др. с одновременным упрочнением насыпных грунтов с помощью геоячеек, скрепленных между собой и заполненных песком (геобоксов).

Для создания дренажного слоя применяются материалы типа экструдированных геосеток, дополнительно выполняющих функцию армирующего материала. Простота их транспортировки и укладки, а также отсутствие помех при проведении строительных работ в процессе возведения насыпи, предопределило удобство использования.

Сброс поверхностных вод из системы ливневой канализации или автодорог, а также надмерзлотных вод из дренажного слоя насыпи осуществляется во внешнеплощадочные водоотводные каналы, расположенные по периметру насыпи. Кроме того, внеплощадные каналы принимают поверхностные воды, скапливающиеся на прилегающей территории у откосов насыпи (см.рис.8). Вода по внеплощадным каналам выводится за пределы территории размещения объектов. Сброс вод должен осуществляться в водотоки временного или постоянного характера, чтобы не активизировать эрозионные процессы. Загрязненные воды должны сбрасываться в специальные очистные сооружения.



Укрепление русел внутриплощадных и внешних водоотводных канав осуществляется с помощью гибких бетонных матов. Применение этих материалов позволяет создавать каналы различного по форме поперечного профиля с переменными его размерами по длине канавы, что очень сложно выполнить при использовании жестких конструктивных элементов. В случае деформирования русла таких канав практически не нарушается их функционирование. Что не маловажно, не происходит эрозионного размыва насыпных грунтов вдоль бортов канав. Использование не жестких материалов для устройства внешних водоотводных канав позволяет минимизировать воздействие на естественные грунты при проведении работ по планировке русла.

Все параметры водоотводных сооружений (водоотводных лотков, канав, заглубленных автодорог) при проектировании инженерной защиты от подтопления рассчитываются исходя из максимального суточного расхода дождевой воды и максимального снегонакопления.

Рассмотренные в данной статье технические решения комплексной защиты территорий от подтопления и опасных процессов имеют ряд достоинств, наиболее важными из которых являются:

- подготовка и улучшение свойств грунтов основания для оптимизации решений по основаниям и фундаментам (ОиФ) и термостабилизации грунтов (ТСГ);
- возможность организации водоотводной системы и ее функционирования уже на ранних стадиях строительства;
- осуществление комплексной защиты насыпного слоя от водонасыщения как с поверхности самой насыпи, так и за счет поверхностных вод с прилегающих территорий в течение всего периода эксплуатации, и как следствие предотвращение возникновения опасных мерзлотных процессов (термокарст, пучение, осадки, солифлюкция и др.);
- обеспечение устойчивости планировочных насыпей и их откосов (в том числе, высотами более 5 м);
- обеспечение проезда строительной техники по автодорогам в строительный период;
- сохранение естественного водного баланса района и нормальной экологической обстановки среды на застраиваемой и окружающей территориях.

ОАО «Фундаментпроект»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.1, стр.1

Телефон: +7 (499) 158 0481;

факс: +7 (499) 158 3078

www.fundamentproekt.ru

E-mail: fund@fundamentproekt.ru



ООО НПФ «Дорцентр», Тюмень

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ В РАЗВИТИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Авторы:

Политов А. А., генеральный директор ООО Научно-производственная фирма «Дорцентр»,
Стрижков С. Н., д.э.н., к.т.н., проф. заместитель генерального директора по науке ООО
Научно-производственная фирма «Дорцентр»

Введение

Суровый климат, вечная мерзлота с активными криогенными процессами, которые протекают повсеместно в распространенных высокольдистых вечно-мерзлых грунтах, полярная ночь, неустойчивость арктических экосистем к техногенным воздействиям, наличие криопэгов, значительных снегозаносов и других неблагоприятных воздействий предъявляют повышенные требования к принятию проектных и конструктивных решений в процессе выполнения инженерно-геокриологических изысканий и проектирования геотехнических систем в криолитозоне. Гражданское и жилищное строительство осуществляется в крайне неблагоприятных условиях экстремального сочетания инженерно-геологических, климатических, гидрологических, экологических и социальных факторов, характерных для региона полуострова Ямал и других районов распространения многолетнемерзлых грунтов.

Современное состояние нормативной базы

В настоящее время, к сожалению, не всегда производится учет всех вышеперечисленных факторов при строительстве в криолитозоне.

Новые технические решения, в том числе, впервые применяемые при строительстве, необходимо исследовать и изучать в течении длительного времени, с тем, чтобы выдать рекомендации по их широкому внедрению в практику проектирования и строительства в криолитозоне.

Существующая в настоящий момент нормативная база не является определяющей, необходимой и достаточной и не обеспечивает законодательно регламентированный уровень безопасности нефтегазопромысловых объектов и инженерных сооружений в криолитозоне.

Для особо сложных и ответственных объектов, в соответствии с действующим законодательством, необходимо производить работы по геотехническому мониторингу, научному исследованию и обработке его результатов на протяжении всего жизненного цикла геотехнической системы.

На уже построенных объектах необходимо создавать мерзлотные службы и привлекать независимые экспертные организации к геотехническому мониторингу и тепловизионным исследованиям систем термостабилизации грунтов оснований зданий и сооружений.

В исключительных случаях, для особо сложных и ответственных нефтегазопромысловых объектов, возникает необходимость разработки специальных технических условий (СТУ), что является одной из составных частей научного сопровождения проектирования.

Следует, так же, учитывать изменения климатических ритмов, и других природно-климатических факторов, влияющих на принятие проектных и управленческих решений.

Климатические параметры, отраженные в СНиПах существенно отличаются от фактических значений.

Влияние природных факторов и техногенеза

Следует внимательно относиться к влиянию техногенных воздействий и вмешательств (последствия техногенеза), как в процессе инженерной подготовки территорий, так и в период строительства и последующей эксплуатации объектов.

Недоучет влияния солнечной радиации, порой приводит к катастрофическим последствиям, в особенности при изменении альбедо поверхностей.

Особенно наглядно этот фактор проявил себя при наших исследованиях автомобильных дорог в криолитозоне Ямала.

В частности, на автодороге Салехард-Аксарка, в результате исследований и наблюдений, а также по результатам численного моделирования, установлено, что влияние солнечной радиации в совокупности с изменением альбедо поверхности, существенно повлияло и ускорило процессы локального растепления автодорожной насыпи с образованием просадок.

Следует внимательно относиться к влиянию техногенных воздействий и вмешательств (последствия техногенеза), как в процессе инженерной подготовки территорий, так и в период строительства и последующей эксплуатации объектов.

Причины просадок и деформаций

Наиболее распространенные причины просадок и деформаций автомобильных, железных дорог, зданий и сооружений в криолитозоне:

! деградация вечной мерзлоты в результате потепления климата и техногенных воздействий, а так же:



Особенно внимательно следует относиться к проектированию зданий и сооружений на уже застроенных территориях.

Первый принцип строительства с использованием СОУ

При проектировании и строительстве оснований и фундаментов зданий и сооружений по первому принципу широко используются системы термостабилизации грунтов (ТСГ) оснований.

Наиболее распространены сезонно-действующие охлаждающие устройства (СОУ).

СОУ нашли широкое применение как в России, так и за рубежом.

При проектировании и производстве СОУ наблюдаются следующие основные тенденции:

Резервировании надежности и повышение управляемости

Проявляется в разработке конструктивных решений с использованием специальных гильз, заполненных теплопроводящей незамерзающей жидкостью. Это техническое решение, позволяет в аварийных ситуациях производить оперативно замену вышедших из строя или поврежденных СОУ (термостабилизаторов) на новые, работоспособные системы в тот же день после обнаружения отказа СОУ. Особенно актуально это техническое решение на линейно-протяженных сооружениях, таких как автодороги, железные дороги, нефтегазопроводы построенные в криолитозоне в дали от баз снабжения. На таких объектах целесообразно создавать не снижаемый запас СОУ, равномерно распределяя его по длине всего линейного сооружения и хранящийся на спец складах вблизи пунктов линейных обходчиков (ремонтеров). Технические решения с использованием термогильз успешно внедрены на нефтепроводе Пурпе-Заполярье.

Техническое решение по резервированию надежности и повышению управляемости СОУ в термогильзах запатентовано автором (см. Патент РФ 11687 – «Система температурной стабилизации грунтов оснований на ММГ», 2012 г.).

Выявление отказов СОУ необходимо производить термографами и тепловизорами по специально разработанной ООО Научно-производственная фирма «Дорцентр» методике.

Одним из методов резервирования надежности и повышения управляемости является использование резервного трубчатого контура под основанием здания или сооружения расположенного в горизонтальной плоскости и позволяющего создавать охлаждаемое основание при подаче в него хладагента, в том числе в аварийных ситуациях с использованием холодильной машины.

Антикоррозионная защита

Кроме того, особое внимание уделяется качеству сварки стыков и долговечности и надежности антикоррозионных покрытий. В настоящее время все большее распространение находит использование метода газотермического напыления, а именно газотермическое оцинкование с толщиной слоя не менее 120 микрон с нанесением антикоррозионных составов на элементы и детали СОУ в заводских условиях при их производстве.

Качество заправки хладагентами

Немаловажное место занимает и заправка СОУ хладагентами.

Здесь необходимо уделять особое внимание подготовке и дополнительной очистке хладагентов перед технологическими операциями, предшествующим процессу заправки СОУ.

Это позволяет избежать образование не сконденсировавшихся газов в процессе эксплуатации СОУ, и как следствие, снижение отказов СОУ в процессе эксплуатации.

Предпочтение следует уделять природным хладагентам, таким как аммиак и углекислота (см. Таблицу 1).

Крупносерийное производство на специализированных заводах

При производстве СОУ следует переходить от мелкосерийного к серийному и крупносерийному производствам.

Для корпусов СОУ необходимо применять бесшовную трубу, изготовленную из марок стали 09Г2С.

Оребренные части теплоотдающих элементов возможно изготавливать как монометаллические (сталь-сталь), так и биметаллические (сталь-алюминий).

Теплоотдающие элементы могут быть выполнены как из стальных сварных пластин, дисков или навивного оребрения с полной проваркой оребрения к корпусу трубы и нанесением цинкового антикоррозионного покрытия методом горячего цинкования, так и накатные, из алюминиевой трубы формируемой при прокатке на стане в форме спиралевидных дисков.

Качество сварных стыков

Сварку стыков необходимо производить исключительно электродами ОК 50. При сварке корпусов СОУ допускается применение ручной и полуавтоматической сварки.

При этом, наивысшего качества можно достигнуть лишь при использовании автоматической контактно-стыковой сварки, в том числе, с использованием сварочных роботов.

Особое внимание следует уделять подготовке стальных поверхностей.

Перед нанесением антикоррозионных покрытий необходимо производить дробеструйную обработку поверхностей.

При антикоррозионной обработке использовать современные надежные и долговечные покрытия, например, газотермическое оцинкование с толщиной слоя не менее 120 микрон.

Обязательно использовать при проведении ВИК – рентгенконтроль.

Срок службы СОУ

Срок службы СОУ должен быть не менее продолжительности жизненного цикла здания или сооружения и составлять не менее 50 лет.

Основные технологические параметры при крупносерийном заводском производстве сведены в Таблицу 2.

Таблица 1. Свойства хладагентов и их применение в сезонно-действующих охлаждающих устройствах (СОУ)

Свойства хладагента	Токсичность	Взрывоопасность и воспламеняемость	Влияние на озоновый слой	Максимальное рабочее давление, атм	Удельная теплота испарения, кДж/кг	Влияние гидростатического столба жидкости	Влияние воды	Влияние воздуха и др. неконденсирующихся газов	Наличие в продаже	Наиболее целесообразное применение в СОУ	Выводы
Аммиак, R 717	+	-	-	5	1264	ограничено	-	+	+	ГЕТ, ВЕТ, ТК	Наибольшая теплота испарения, при использовании учитывать токсичные свойства
Двуокись углерода, R 744	-	-	-	35	235	-	+	ограничено	-	ГЕТ, ВЕТ, ТК, Глубинные СОУ	Наиболее безопасный хладагент, при использовании учитывать давления при транспортировке и эксплуатации
Хладон22, R22	-	-	+	5	206	+	+	+	ограничивается с 2015г. и прекращается с 2020 г.	ТК	Малая теплота испарения. Высокая стоимость. Применяется до 2020 г.
Пропан, R 290	-	+	+	5	425	ограничено	+	-	-		Не применяется из-за взрывоопасности

Таблица 2. Основные технологические параметры при производстве СОУ

Тип оребрения	Тип сварки и тип электродов	Контроль сварки	Подготовка поверхности под АКП	Тип антикоррозийного покрытия (АКП)	Контроль толщины и качества покрытия	Хладагент	Тип и материал корпуса Диаметр Корпуса	Выполнение очистки хладагента от примесей	Тип покрытия сварных стыков
Биметаллическое накатное, алюминий – сталь или сварное монометаллическое сталь (алюминий)	Автоматическая, контактно-стыковая, полуавтоматическая, 3-50	Компьютерный 100% и ВИК	Дробеструйная	Газотермическое Цинковое 160 мкм	Выполняется	Аммиак Углекислота, хладон	Бесшовная 09Г2С 33,7х3,5 или близкий диаметр	Выполняется	Газотермическое цинковое 160 мкм

Технический аудит проектных решений и выбора поставщиков СОУ

ООО Научно-производственная фирма «Дорцентр» имеет опыт работы по проведению технического аудита при выборе предприятий-производителей СОУ.

Пришло понимание того, что технический аудит является важнейшим инструментом формирования стратегии и программ инновационно-технического развития компаний-производителей СОУ.

Важнейшая цель техаудита – решение задач валидации, дающей оценку эффективной применимости новых технологий и техники в конкретных промышленных условиях под заданную производственную задачу.

В основе техаудита лежат технико-экономические методики обоснований и принятия оптимальных решений, конкурентная оценка вариантов по комплексу разнородных критериев, численное ранжирование требований и структурно-параметрический отбор лучших альтернатив, оценка сроков окупаемости инвестиций и прогноз-анализ рисков.

Такие задачи решаются на стыке науки и производства, и потому пока недоступны большинству специалистов.

Поэтому предприятиям нужно быстрее перестроиться и через техаудит дать start-up процедурам технологического обновления, чтобы обеспечить «прозрачность» принятия решений и эффективность модернизации на пути техпереворота.

Значительный эффект техаудит принесет инвесторам и подрядчикам, в процессе проектирования и строительства объектов в криолитозоне с использованием СОУ для снижения производственно-финансовых рисков.

Научное сопровождение проектирования

Наши исследования, проводимые в рамках научного сопровождения проектирования строительных объектов, позволяют оперативно решать выявляемые при изысканиях, проектировании и строительстве противоречия и обеспечить, тем самым, пониженный уровень строительных и эксплуатационных рисков и повысить безопасность в процессе эксплуатации.

Полученный опыт и апробированные на практике проектные и технические решения, с закреплением положительных результатов исследований в нормативно-технических документах явятся вкладом в создание научно-обоснованной базы при создании системы технического регулирования и контроля в строительстве для условий криолитозоны, с возможностью широкого внедрения при строительстве перспективных объектов: жилых и гражданских зданий, нефтегазопромыслов, нефтегазопроводов, дорог и инженерных сооружений.

Особо актуальным является систематизация, обобщение, обсуждение и обмен опытом накопленных знаний, результатов научных исследований, наблюдений и результатов геокриологического и геотехнического мониторинга, методик математического моделирования термодинамических и тепловых взаимодействий объектов и геотехнических систем с многолетнемерзлыми грунтами оснований, технологических и тепло-гидравлических параметров трубопроводов, аппаратов и сооружений в процессе строительства и эксплуатации в криолитозоне.

Для наше предприятие проводит научно-практические конференции с привлечением специалистов и экспертов в области исследований, проектирования, строительства и эксплуатации геотехнических систем, расположенных в криолитозоне. При этом, как показывает опыт научного сопровождения проектирования и строительства, суммарные затраты на выполнение такого рода работ не превышают 0,1 ... 0,5 % от стоимости строительства.

Проектно-изыскательские работы в криолитозоне

Мы производим комплексные инженерно-строительные изыскания для строительства объектов в криолитозоне: инженерно-геологические, топогеодезические, гидрологические и экологические, в том числе в сложных природно-климатических условиях, а также крупномасштабную аэросъемку и создание картографической продукции, оценку гео-экологического состояния территории и оценку воздействия проектируемых объектов на окружающую среду, поиск и разведку местных строительных материалов с составлением паспортов карьеров, защитой запасов и проектов их разработки, землеустроительные и кадастровые работы, проектирование строительства, реконструкции промышленных и транспортных объектов, аэродромов и вертолетных площадок, проектирование мостов, путепроводов, тоннелей, транспортных развязок, обследование и паспортизация автомобильных дорог, улично-дорожной сети городов, мостов и путепроводов, обследование и испытание строительных конструкций зданий и сооружений.

Проекты, реализованные в сложных условиях

Организация основана высококвалифицированными специалистами, работающими в области инженерно-строительных изысканий и проектирования объектов обустройства нефтяных и газовых месторождений, промышленных предприятий и транспортных объектов более 25 лет. В компании работают инженеры, кандидаты и доктора наук, выпускники Московского автомобильного института (МАДИ), Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), Тюменского и Томского архитектурно-строительного университетов, Сибирского университета путей сообщения, Тюменского нефтегазового университета и Новосибирского института инженеров геодезии и картографии. Организация инженерно-строительных изысканий основана на использовании инновационных технологий производства работ с использованием космических технологий дистанционного зондирования земли, воздушного лазерного сканирования с цифровой аэрофотосъемкой, геофизических методов аэроэлектроразведки и сейсморазведки и др. Предприятие полностью оснащено современной транспортной и технологической техникой, оборудованием, программными продуктами для выполнения инженерно-строительных изысканий в криолитозоне и в сложных природно – климатических условиях. За этот период времени предприятие приобрело опыт работы в криолитозоне на следующих проектах: Программа модернизации и развития сети автомобильных дор Уральского Федерального округа до 2025 г. Проект строительства нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан». Проект строительства железнодорожной линии «Полуночная – Обская – Салехард» и «Салехард – Надым» в рамках проекта Урал Промышленный – Урал Полярный, общая протяженность выполненного комплекса инженерно-строительных изысканий составила 440 погонных

км. Проект развития автодорожного коридора по направлению Тюмень –Тобольск – Сургут – Надым –Салехард». Инженерно-строительные изыскания и проект строительства автодороги «Сургут – Салехард» на участке «Надым – Салехард» общей протяженностью 291км. Инженерно-строительные изыскания «ВЛ220 кВ Уренгойская ГРЭС – Мангазея №1,2» протяженностью 220 км. Инженерно-строительные изыскания и объекты транспортной инфраструктуры в составе проекта строительства железнодорожной линии «Обская – Бованенково» и строительства газопровода «Бованенково – Ухта». Иженерно-строительные изыскания и проекты обустройства нефтегазовых месторождений Западной Сибири – Самотлорского, Таллинского, Мамонтовского, Приразломного, Приобского, Тарасовского, Харампурского, Муравленковского. Инвентаризация и постановка на кадастровый учет линейных объектов компаний «Газпром», «РАО ЕЭС» и «Транснефть». Создание геоинформационной системы «Автомобильные дороги» Московской области. Инженерно-строительные изыскания и проекты строительства межпромысловых автомобильных дорог Правдинское –Салымское –Приразломное – Приобское –г. Ханты-Мансийск», «Федоровское –Холмогорское – г. Ноябрьск –пос. Вынгапуровский», «Холмогорское –пос. Муравленковский – пос. Пурпе», «Подъезд к пос. Тарко-Сале». Инженерно-строительные изыскания и проект строительства совмещенного мостового перехода через р. Обь в районе г. Салехарда с пролетными строениями под железнодорожное и автодорожное движение. Общая протяженность перехода 8,85 км, в т. ч. мост 2450 п. м. Инженерно-строительные изыскания и проект строительства совмещенного мостового перехода через р. Надым на 991км автомобильной дороги «Сургут Салехард» с пролетными строениями под железнодорожное и автодорожное движение, общая протяженность перехода 3,45 км, в т. ч. мост 1320 п. м. и многие другие.

Инновационные технологии инженерно-геодезических изысканий в криолитозоне

Для выполнения работ по инженерным изысканиям предприятие начало широко использовать цифровую аэрофотосъемку, воздушное лазерное сканирование для создания топографических планов. Использование инновационных технологий позволяет сократить трудозатраты и стоимость выполнения полевых работ, увеличить вариантность предлагаемых решений, значительно повысить качество проектных решений при значительном сокращении сроков проектирования. С 2009 года предприятие приобрело и использует систему лазерного картографирования ALTM-3100 производства канадской компании Ortech Inc. Съёмочный комплекс ALTM-3100 сегодня – самая технически совершенная и экономически эффективная лазерная локационная система в своем классе. Мы располагаем необходимым организационным, финансовым и технологическим потенциалом для выпуска проектной и изыскательской продукции, удовлетворяющей требованиям Заказчика. На предприятии разработана, задокументирована, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии система менеджмента качества. Менеджмент процессов осуществляется в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования».

Выводы и рекомендации

1. Возрастание колебаний климата и увеличение масштабов и темпов хозяйственного освоения территории криолитозоны обостряют проблему строительства и эксплуатации автомобильных дорог, в районах распространения вечной мерзлоты. Рост температуры мерзлых грунтов и уменьшение их несущей способности представляют серьезную угрозу для уже построенных и проектируемых автомобильных дорог, приводя к деформациям и просадкам дорог, мостов, искусственных сооружений.

2. При выборе технических решений по стабилизации автодороги следует производить анализ следующих факторов:

- инженерно-геологические и геокриологические условия;

- температурный и термовлажностный режимы насыпи вдоль ее трассы;
- внешние природно-климатические факторы: влияние атмосферных осадков, прямой и рассеянной солнечной радиации, водотоков, эрозийных и склоновых процессов, под воздействием которых может произойти нарушение устойчивости насыпи;

3. До начала выполнения проектных работ и принятия решений производить численные эксперименты и математическое моделирование:

- прогнозов изменения геокриологических условий в процессе строительства и эксплуатации;
- прогнозов изменения эксплуатационных условий относительно естественных, которые могут привести к увеличению величины сезонного промерзания – оттаивания и образованию талых зон или новообразованию мерзлоты;
- прогнозов изменения величины снеготаносов, которые могут привести и к значительному повышению температуры грунтов, что в совокупности с другими факторами, приводит к растеплению многолетнемерзлых пород.

4. Для выявления более точных причин появления просадок проводить более глубокие исследования сложных участков автодорог, по результатам которых закладывать опытно-экспериментальные участки (полигон) с использованием инновационных технологий и конструкций термостабилизации земляного полотна, укрепления обочин и откосов, водопропускных труб и других инженерных сооружений, наблюдательной сети геокриологического мониторинга. Результаты исследований и натурных наблюдений использовать при разработке нормативных документов и распространить на наиболее ответственные объекты дорожного строительства в криолитозоне.

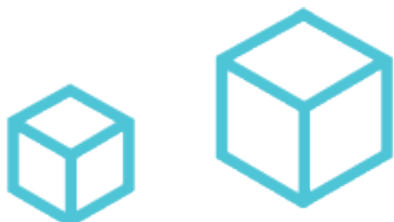
5. Более широко использовать в проектировании и строительстве СОУ и решения по температурной стабилизации грунтов оснований автомобильных насыпей, автодорог и инженерных сооружений.

6. Шире использовать методы тепловизионной диагностики, которая позволяет значительно повысить качество, информативность, точность и снизить трудоемкость работ по обследованию систем ТСГ.

7. С целью снижения производственно-финансовых рисков в процессе проектирования и строительства объектов в криолитозоне широко использовать технический аудит при выборе проектных решений и поставщиков СОУ.

8. Необходимо ликвидировать отставание в разработке современной нормативно-правовой и научно-методической базы на всех уровнях – от международного и федерального до отраслевого (уровень СРО) для полноценного развития проектирования и строительства автодорог в криолитозоне.

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-производственная фирма «Дорцентр»
625048, г. Тюмень, ул. Салтыкова-Щедрина, д.53/7
Тел. / факс: +7 (3452) 552-51
dorcentr.ru
E-mail: info@dorcentr.ru



ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова
Сибирского отделения РАН, Якутск

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ НА НАМЫВНЫХ ГРУНТАХ В ПРЕДЕЛАХ КРИОЛИТОЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННО-ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ Г. ЯКУТСКА)

Автор:

Шестернев Д. М., д.т.н., профессор, зав. лаборатории инженерной геокриологии

Начало урбанизации территории современного Якутска относится к 1642-1643 годам, в течение которых острог, заложенный Петром Бекетовым в 70 км на правом берегу ниже по течению р. Лены, был перенесен на территорию нынешнего Якутска. Новая территория острога была расположена на левом берегу р. Лены в среднем ее течении. К настоящему времени площадь города составляет более 122 кв. км, а численность населения около 300 тыс. чел. На территории города большое количество пойменных озер и стариц, наиболее крупными из которых являются: Сайсары, Тёплое, Талое, Хатынг-Юрях, Сергелях. Центральная часть Якутска отделена от русла реки Лены широкой равниной, получившей название «Зелёный луг». Зелёный луг, представляет собой пойму реки Лена и затопляется в половодье. Климат резко континентальный, с небольшим годовым количеством осадков. Зима в Якутске сурова, средняя температура января составляет около -40°C . Температура, ниже -60 последний раз отмечалась 2 января 1951 года. Зима длится с октября по апрель включительно. Средне-многолетняя температура воздуха за 50-60 лет повысилась с $-10,3$ до $-8,8^{\circ}\text{C}$, годовая амплитуда температуры составляет $102,8^{\circ}\text{C}$.

На территории города многолетнемерзлые грунты распространены повсеместно, а их мощность изменяется в пределах первых сотен метров, при значительной дифференциации температур. В пределах пойменных террас, сложенных песчаными и песчано-гравийными отложениями мощностью до 30,0-40,0 м температура грунтов изменяется в пределах от $-0,1$ до $-0,2^{\circ}\text{C}$, низких и высоких террас, сложенных песчано-глинистыми отложениями – может достигать $-3,0^{\circ}\text{C}$ и ниже. Следует отметить, что в 30-50 годы XX столетия, аналогичные температуры грунтов отмечались за пределами Якутска, а на застроенных территориях одноэтажными деревянными зданиями – температуры были значительно ниже и колебались от -6 до -8°C . Анализ влияния урбанизации на изменения температуры грунтов в г. Якутске на глубине 10 м. был выполнен в ИМЗ СО РАН. В результате установлено, что наиболее широкие диапазоны их изменения характерны для застроенных территорий более 160 и 70-160 лет тому назад – соответственно $-2,5\dots-5,7$ и $-2,5\dots-6,5^{\circ}\text{C}$. На участках города, возраст застройки которых мене 70 лет, температура грунта колеблется в пределах от -1 до -4°C . Обращает на себя внимание то, что в пределах строительства на намывных грунтах мощностью от 5 до 12 м (возраст застройки мене 70 лет), температуры колеблются в диапазоне положительных и отрицательных значений ($+2,0\dots-3,0^{\circ}\text{C}$). Необходимо также подчеркнуть, что в пределах резервной территории застройки (пойма р. Лена) температура грунтов отрицательна, но колеблется преимущественно от 0,0 до $-2,0^{\circ}\text{C}$ [Дорофеев, Сыромятников, 2013].

Анализ изменения температурного режима грунтов в пределах г. Якутска, более чем трехсотлетняя история урбанизация его территории позволили нам на его примере рассмотреть опыт фундаментостроения в целом и на намывных грунтах в частности.

К.Ф. Войтковский, С.С. Вялов, П.И. Мельников, Г.В. Порхаев, Н.А. Цытович и мн. др. выделяли три основных периода фундаментостроения в пределах криолитозоны России: первый, дореволюционный (от первых поверхностных фундаментов до первого фундамента с проветриваемым подпольем); второй – с 1917 по 1941 г. (широкое применение различных типов фундаментов, с применением проветриваемых подпольных пространств) и современный – с 1941 по настоящее время (переход на преимущественное применение свайных фундаментов с проветриваемыми подпольными пространствами).

Выполненные исследования сотрудниками Северо-Восточного федерального университета по систематизации эффективности используемых типов фундаментов, а также приемов и методов, обеспечивающих эффективные условия эксплуатации зданий и сооружений, показали, что на территории Якутска значительное их количество функционирует по Принципу II использования вечномерзлых грунтов в качестве основания. Для обеспечения эксплуатаций зданий, построенных с использованием Принципа I, применяются преимущественно проветриваемые подполья, холодные первые этажи, сезонно-охлаждающие устройства, продухи и т.п. Наряду с этими, исследования ИМЗ СО РАН показали также то, что в Якутске с использованием Принципа I возведены преимущественно многоэтажные здания, построенные в конце второй половины XX столетия и малоэтажные каменные здания и сооружения – построенные в этот же период и ранее. Деформациям подвержены преимущественно малоэтажные здания, у которых, мероприятия, используемые для сохранения грунтов оснований в мерзлом состоянии, оказались, в современных условиях малоэффективными. Деформации зданий, построенных по Принципу II, вызваны преимущественно неравномерным оттаиванием многолетнемерзлых грунтов основания. Используемые поверхностные фундаменты на подсыпках, в этом случае оказались также малоэффективными.

Архив публикаций по проблеме использования намывных грунтов для строительства промышленных и гражданских сооружений в криолитозоне содержит всего 10-15 работ, наиболее полной в фундаментальном и прикладном отношении из которых является работа Л.Т. Роман и др. [2008]. Из этой работы следует, что начало истории использования намывных грунтов для строительства зданий относится к середине 60-х годов прошлого столетия. В это время (1965-1967 гг) в г. Якутске на территории речного порта на намывных грунтах мощностью 2,0-4,5 м было построено ряд зданий с сохранением грунтов оснований в многолетнемерзлом состоянии (Принципу – I). Фундаменты зданий были свайные, длина свай 6-8 м. Обеспечение соблюдения выбранного принципа достигалось с помощью проветриваемого подполья. Дальнейший мониторинг температурного режима грунтов оснований показал, что к 1980 г их температура составила – 3оС. Несущая способность основания, позволила выполнить увеличение этажности ранее построенных зданий. Вторым примером использования Принципу – I для строительства на намывных грунтах является строительство и эксплуатация одного из сооружений завода по ремонту автомобилей. Размеры здания в плане составили 100x130 м. Намывной слой грунта здесь достигал уже 4-6 м. Чтобы усилить эффект теплового воздействия на сохранение грунтов в мерзлом состоянии использовалось проветриваемое подполье в сочетании с вентилируемыми каналами. Эксплуатационные характеристики этого здания находятся в удовлетворительном состоянии. Наконец, наиболее ярким примером по мнению Л.Т. Роман и др. [2008], должен служить микрорайон 202 (МКР 202), возведение которого было осуществлено на намывных грунтах в 1980-1988 гг. в г. Якутске. Определяющий вклад в разработке технологии строительства внесли Якутский филиал Красноярского ПромстройНИИпроекта, директор В.Л. Полещук, научные сотрудники Л.Т. Роман, А.Н. Цеева и др. На опытном полигоне ими были изучены закономерности формирования физико-механических свойств намывных и подстилающих грунтов, оттаивающих после намыва, разработана техно-

логия двухэтапного намыва грунтов. Для строительства и эксплуатации экспериментальных зданий, были опробованы три типа фундаментов: столбчатые, свайные и плитные – оболочка. Наиболее технологичными оказались сборные столбчатые фундаменты, принятые в качестве основных фундаментов, при строительстве МКР 202. Мощность намывтого слоя песка составляла 6-11 м, глубина заложения фундамента 4,5 м. Несомненно, учитывался и опыт строительства фундаментов в речном порту и здания завода по ремонту фундаментов. Наряду с этим были проведены и аналитические исследования, которые по мнению Л.Т. Роман и др. являются безупречным подтверждением в пользу использования Принципу – I для строительства зданий в МКР 202. Кроме того в конце XX – начале XXI века, в прибрежной зоне р. Лена в г. Якутске был построен комплекс многоэтажных зданий на намывных грунтах с использованием Принципа II (с допущением формирования чаши оттаивания на расчетную глубину). Это дало возможность использовать подвальные помещения для оборудования автомобильных стоянок.

Дальнейшая история функционирования жилого комплекса в МКР 202 показала, что здания здесь эксплуатируются на протаявших грунтах оснований. Основной причиной деградации вечномерзлых грунтов оснований зданий и переход их в не мерзлое состояние, с температурой значительно выше 0оС, принято считать утечки из теплотехнических сетей. Нам представляется, что значительный вклад в этот процесс оказывают намывная толща песка, теплопроводность которой составляет всего 0,5 Вт/м·°С, а также дополнительное утепление массивов грунтов в весенне-летние паводковые периоды. В этом случае проветриваемые подполья не обеспечивают предполагаемого поднятия нижней границы вечной мерзлоты в толщу намывных грунтов

Переход грунтов оснований из мерзлого в талое состояние, должен был бы стать причиной значительных деформаций зданий, но этого не произошло. По-видимому, сборные столбчатые фундаменты (столбчатые фундаменты опираются на железобетонную плиту) в результате перераспределения неравномерных деформаций плитой, обеспечили техническую устойчивость зданий и сооружений. Таким образом, построенные здания по Принципу I, в настоящее время, вероятнее всего, эксплуатируются по Принципу II. В этом случае опыт строительства и эксплуатации зданий МКР 202 свидетельствует о необходимости дополнительного анализа условий строительства при наличии криолитозоны деградационного типа и, кроме того, необходимо еще раз оценить влияние мощности намывных грунтов на температуру ниже лежащих горизонтов многолетнемерзлых пород, используемых в качестве оснований.

Ограничение глубины оттаивания при строительстве по Принципу II предусматривает использование различного рода теплоизолирующих мероприятий, а также стабилизацию верхней поверхности вечномерзлого грунта.

Известно, что среднегодовые температуры воздуха, структура и количество осадков в связи с глобальным изменением климата существенно изменились. Не является исключением и территория г. Якутска. В последние годы интерпретация динамики изменений температур воздуха во времени в некоторых работах существенно отличается не только в значениях, но и в направленности. Например в монографии Л.Т. Роман и др. [2008] показано, что средние значения градиент температур воздуха, примерно с 2000-2010 года, меняют свою направленность от положительного тренда к отрицательному. Откуда следует, что с этого времени начинается новая фаза похолодания климата. Данные Ю.Б. Скачкова [2011] и Л.Н. Хрусталева [2011] практически совпадают и из них следует, что повышение среднеегодовых значений температуры воздуха будет продолжаться до 2060 года. Причем в Якутске к этому времени среднегодовые температуры воздуха достигнут значений – 3...-4°С. Такое повышение среднего-

летних значений температур воздуха не может не сказаться на строении и свойствах многолетнемерзлых грунтов в верхней части криолитозоны, и не оказать отрицательного влияния на здания и сооружения, построенные в ее пределах.

Кроме того нами установлено, что незначительные мощности намывных грунтов практически не оказывают влияния на термическое состояние подстилающих массивов грунтов, а когда их мощность достигает больше мощности потенциального сезонного промерзания, они становятся теплоизоляторами.

Анализ архивных материалов показывает, что в строении исследуемой территории юрские породы (пески и выветренные песчаники с прослоями алевролитов) перекрываются толщей четвертичного аллювия. Эта толща имеет мощность 18–21 м. Низы ее разреза представлены гравелистыми песками с галькой и мелкими валунами. Средняя часть того же разреза состоит большей частью из мелких и средних песков. Верхи рассматриваемой толщи, находящиеся большей частью в объеме деятельного слоя, представлены песком, суглинками и супесями с прослоями мелкого, реже среднего песка.

До намыва пойменная территория МКР 202 и его окрестностей, включая ныне застраиваемую территорию 203 квартала, имела сложные геокриологические условия. Инженерно-геокриологические разрезы этой территории отличались наличием в них мерзлых толщ сливающегося, не сливающегося типов и новообразованных мерзлых пород, контактирующих с гидрогенными несквозными таликами. Замкнутые талики частично подтопленной поймы имели глубину до 3-5 м. Мощность таликов на ежегодно подтопленной пойме составляла 4,2–9 м и более. Многорукавное русло Городской протоки р. Лены и левобережная часть ее поймы – это зона образования глубоких гидрогенных несквозных таликов мощностью до 30 м.

Согласно результатам натурных наблюдений и моделирования на опытном полигоне, промерзание толщи намывных грунтов высотой 6-7 м может продолжаться более 20 лет [Павлов и др., 1979]. Нам представляется, что при моделировании верхние граничные условия были заданы без учета дополнительные теплоисточников, а теплофизические характеристики намывной толщи были существенно завышены. Интегральное воздействие неучтенных факторов проявляется в сторону повышения, а не понижения температур грунтов, следовательно, на намывных толщах при их мощности более 8-10м идет устойчивый процесс деградации криолитозоны.

Намывная территория квартала 203 в настоящее время представляет собой участок, где слой сезонного промерзания не сливается с верхней поверхностью вечномерзлого грунта, залегающей на глубине 17,2 – 21,9 м. В процессе намыва и последующего достаточно продолжительного периода произошло оттаивание подстилающего мерзлого основания. Как показывают данные бурения в 2012-2013 гг., в нижней части талого слоя с глубины 8-10 м залегают водоносные грунты, свидетельствующие о фильтрации воды р. Лены и которые определяют температурный режим основания. В этих условиях при застройке квартала 203 может быть применен только Принцип II с применением усиленных фундаментов, воспринимающих и перераспределяющих усилия, вызванные неравномерной осадкой основания. Причем плитный тип фундаментов, используемый при строительстве МКР-2, может быть использован и при строительстве 203 кв. Однако если в первом случае он использовался в качестве «несущего слоя» для оборудования сваек-стоек, и создания проветриваемого подполья, то во втором случае, его использование позволяет создать эксплуатируемые подземные автомобильные стоянки и(или) офисы и другие типы помещений.

Возвращаясь к результатам анализа применения Принципа II при строительстве малоэтаж-

ных зданий в г. Якутске следует подчеркнуть, что большинство их находится в предаварийном состоянии. Следовательно, необходимо создавать новые, или применять уже существующие проверенные типы поверхностных фундаментов, в том числе и на намывных грунтах. К такому типу фундамента, можно отнести поверхностные проветриваемые фундаменты, которые уже апробированы при строительстве малоэтажных каменных зданий в Норильске и Игарке [Гончаров..., 1988]. Причем эти типы фундаментов, в зависимости от геокриологических условий, на наш взгляд можно использовать при строительстве как по Принципу I, так и по Принципу II

Выводы

1. Проектные решения при строительстве новых кварталов на пойменных территориях р. Лена в г. Якутске и в других областях криолитозоны Сибири должны разрабатываться индивидуально и учитывать существующие геокриологические условия и кинетику их изменения в пространстве и во времени с учетом изменения климата и воздействия техногенной нагрузки.
2. Строительство на намывных грунтах мощностью меньше мощности потенциального сезонного промерзания грунтов при прочих равных условиях целесообразно использовать Принцип I, при большей мощности потенциального сезонного промерзания грунтов – Принцип II.
3. Основным типом фундаментов при строительстве на намывных грунтах, исходя из опыта строительства в г. Якутске следует считать плитный фундамент.

Список литературы:

- Гончаров Ю.М. Эффективные конструкции фундаментов на вечномерзлых грунтах / Ю.М. Гончаров. – Новосибирск: Наука, 1988. – 129 с.
- Дорофеев И.В. Вековые изменения температуры многолетнемерзлых грунтов в Якутске / И.В. Дорофеев, И.И. Сыромятников И.И. // Вопросы географии Якутии. – 2013. – Вып. 11. – С. 103-108
3. Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны / Павлов А.В. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 229 с.
4. Роман Л.Т. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне / Л.Т. Роман, А.А. Цернант, В.Л. Полещук, А.Н. Цеева, Н.И. Леванов. – М.: 2008. – 323 с.
5. Скачков Ю.Б. Изменение температуры грунтов слоя годовых теплооборотов на якутском теплоснабжающем стационаре за последние сорок лет / Ю.Б. Скачков, П.Н. Скрябин, С.П. Варламов // Материалы IX Международного симпозиума, 3-7 сентября 2011 г., Мирный. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. – С. 444-449.
6. Хрусталева Л.Н., Пармузин С. . Емельянова Л.В. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата / Л.Н. Хрусталева, С.Ю. Пармузин, Л.В. Емельянова. – М.: 2011. – 260 с.

Государственное бюджетное учреждение науки
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ СО РАН)

677010, г. Якутск -10, ул. Мерзлотная, 36
телефон: +7 (4112) 33 4753
mpi.ysn.ru/index.php/ru/
e-mail: shesdm@mail.ru

ОАО Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС), Москва

САМООХЛАЖДАЮЩИЕ ОПОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ

Автор:

Пассек В. В., зав. Центральной лабораторией инженерной теплофизики, д.т.н., проф.

Более 60 % территории России расположено в зоне распространения вечномерзлых грунтов. Но именно здесь, на северных землях, залегают основные природные ресурсы, разработка которых определяет жизнеспособность экономики страны. Поэтому эти регионы требуют дальнейшего освоения, в том числе сооружения транспортных систем, жилых и производственных массивов.

Вечномерзлые грунты представляют собой хорошее основание для сооружений, но только в том случае, если эта мерзлота сохраняется при эксплуатации. Если грунты про-таивают, то они превращаются зачастую в текучую массу, абсолютно непригодную для использования в качестве оснований.

В естественных природных условиях мерзлота имеет распространение в регионах с отрицательной среднегодовой температурой воздуха. При одной и той же температуре воздуха температура мерзлоты, и даже вообще ее наличие, зависит от теплобалансовых характеристик поверхностных покровов зимой и летом. В результате строительства дорог, городов, различных сооружений изменяются условия на поверхности грунта: появляются участки с резко увеличенной толщиной снежного покрова (что препятствует поступлению холода зимой), нарушается растительный покров (что увеличивает теплоступление в грунт летом), возводятся сооружения, имеющие круглый год положительную температуру, изменяется режим поверхностных и грунтовых вод и т.д. В результате мерзлота либо растепляется, что уменьшает несущую способность грунтов, либо деградирует.

Для компенсации отепляющего влияния сооружений разработан целый комплекс различных мероприятий. Существует ряд различных классификаций этих мероприятий [1, 2].

Очень важно на мероприятия по охлаждению грунтов посмотреть ещё с одной точки зрения, разделив их на два класса: поверхностного и глубинного охлаждений.

Сущность поверхностного охлаждения сводится к тому, что охлаждение массива грунтов производится через дневную поверхность. Это достигается созданием на поверхности условий теплообмена, способствующих повышенной передаче холода в зимний период и пониженной передаче тепла – в летний. Для мостов – это, например, уширенные площадки у береговых опор. Сущность этого технического решения сводится к тому, что в регионах с сильным снегопереносом в зоне устоя моста отсыпается площадка радиусом примерно 20 – 30 м, возвышенная над естественным уровнем земли на 1 – 3 м. В зимнее время с возвышенных мест снег в указанных регионах сдувается, и через верхнюю поверхность площадки интенсивно поступает холод в грунт. Общий вид моста с уширенными площадками показан на рис. 1, а на рис. 2 дана его принципиальная схема. В результате охлаждающего действия площадки в зоне столбов устоя формируется устойчивое мёрзлое ядро, характеризующееся изотермами t_2 , t_3 .

Для усиления эффекта поверхностного охлаждения могут быть применены дополнительные мероприятия: устройство каменной наброски, торфа, различных пустотелых коробчатых плит и т. п.

Достоинством поверхностного охлаждения является относительная простота устройства.

Основным и весьма существенным недостатком является очень малая скорость замораживания на участках с нарушенной мерзлотой (таликах), которые могут существовать как до начала строительства, так и возникнуть в процессе возведения или эксплуатации сооружений. В этом случае восстановление мерзлоты может происходить многие годы и даже десятилетия. За это время могут произойти деформации сооружений. Массовость подобных деформаций наблюдается в таких городах как Якутск и Норильск, где зачастую основным мероприятием по охлаждению является проветриваемое подполье.

Сущность глубинного охлаждения сводится к тому, что с помощью охлаждающих установок холод переносится непосредственно в глубинные слои грунтового массива.

К данным мероприятиям относятся жидкостные охлаждающие системы С.И. Гапеева [3], В.И. Макарова [4] или парожидкостные системы Лонга [5], которые в России преобразовались в целый ряд вариантов и новых разновидностей [6]. Все они представляют собой вертикальные или наклонные трубы, заполненные различным хладагентом и погруженные в грунт (не полностью, а частично – верхняя часть труб выступает на поверхности). Передача холода в грунтовой массив происходит только в зимний период.

Основным преимуществом мероприятий глубинного охлаждения является значительно большая скорость замораживания грунтов, чем при поверхностном охлаждении.

Для определения эффективности глубинного охлаждения по сравнению с поверхностным был проведён ряд расчётов. Критерием сравнения была принята скорость замораживания талого массива грунта со сторонами и глубиной 10 м. Расчёты проводились для нескольких населённых пунктов в различных климатических зонах. Результаты были оформлены в виде изображённого на рис. 3 графика. По нему видно, что при среднегодовой приведённой температуре воздуха (далее СГПТВ) $t_2 = -10$ °С для замораживания растеплённого массива потребуется одинаковое количество времени как поверхностному, так и глубинному охлаждению, поэтому для удобства сравнения за единицу времени была принята эта величина. При повышении СГПТВ характер двух кривых изменяется. Кривая поверхностного охлаждения резко взмывает вверх при СГПТВ выше -4 °С, сигнализируя о падении его эффективности, в то время как кривая глубинного охлаждения полого и начинает приобретать крутизну только при достижении СГПТВ положительных температур. Это свидетельствует о том, что кратковременное или глобальное потепление климата незначительно сказывается на эффективности глубинного охлаждения. В соответствии с границами применимости двух рассматриваемых видов охлаждения график поделён на зоны.

Перейдём к узловой проблеме, затронутой в данной статье. По возможности сооружение должно обеспечивать свою несущую способность без дополнительных мер по её поддержанию, т.е. «лечению». Сущность проблемы заключается в следующем.

Не принижая достоинства перечисленных выше жидкостных и парожидкостных охлаждающих установок, хотелось бы указать на их главный недостаток: они предназначены для «лечения» сооружений, которые уже при своём создании являются «больными», т. е. по определению сразу требуют «лекарств». Эти «лекарства», кстати, не всегда экологически безопасны (поскольку содержат керосин, фреон и др.), долговечны и надёжны.

Совсем другое дело, когда сооружение после возведения остаётся «здоровым» и само способствует регулированию требуемого температурного режима грунтов оснований. Для ре-

шения этой проблемы разработан комплекс самоохлаждающихся систем фундаментов сооружений, основанный на зимнем перемещении холода из атмосферы непосредственно в глубинные слои грунта за счет естественной конвекции воздуха. Принцип работы тот же, что и в жидкостных установках С.И. Гапеева и В.И. Макарова. Самоохлаждающаяся система предполагает самопроизвольное включение процесса охлаждения в зимний период и отключение в летний и представляет собой комбинацию полостей и каналов, расположенных под различным углом к вертикали, которые частично размещены в грунте основания сооружения, а частично соприкасаются с открытой воздушной средой атмосферы и могут быть замкнуты и незамкнуты для доступа наружного воздуха. Важное уточнение — все или часть элементов системы одновременно являются несущими конструкциями самого сооружения. Остановимся на наиболее простой самоохлаждающейся системе для сооружений на вечной мерзлоте — термоопоре [7], которая получила широкое распространение в конструкциях мостов на железнодорожной линии Обская—Бованенково—Карская (рис. 4).

Принципиальная схема работы термоопоры приведена на рис. 5. В верхней, возвышающейся над землей, части в зимнее время воздух охлаждается, затем за счет конвекции опускается вниз и передает холод в грунт, после чего поднимается в надземную часть установки, где опять охлаждается и т. д. В летний период конвекция прекращается. Возможность применения термоопор в различных сооружениях на вечной мерзлоте проиллюстрирована на рис. 6.

Итоги работы по разработке самоохлаждающихся опорных систем на вечной мерзлоте. В результате 45-летней комплексной работы, включающей математическое моделирование тепловых процессов, конструктивно-технологические разработки, эксперименты, внедрение конструкций и натурные за ними многолетние наблюдения сделано следующее.

Выявлено:

- такой малотеплоемкий хладагент, как воздух, способен при соответствующих конструктивных решениях охлаждающих систем, способствовать эффективно-му охлаждению грунтов;
- негерметичность полости оболочки не может привести к образованию конденсата [8];
- коррозия и др. подобные процессы не могут являться препятствием для внедрения термоопор.

Разработаны десятки новых технических решений (получено 27 патентов):

- конструкций опор мостов, водопропускных труб, насыпей, зданий и др. с применением термоопор и других видов данной системы;
- эффективных технологических процессов возведения термоопор.

Проведены многолетние натурные наблюдения за поведением реальных сооружений с применением рассматриваемого комплекса. Результаты наблюдений учтены при разработке рекомендаций и норм.

Проведены многолетние теоретические исследования с применением математического моделирования тепловых процессов. Выявлены закономерности процессов, которые учтены при разработке рекомендаций и норм.

Разработаны нормативно-рекомендательные документы, регламентирующие расчёт, конструирование и сооружение термоопор.

Выявлено, что глубинное охлаждение грунтов с помощью термоопор:

- может быть осуществлено на большей части территории России, даже за пределами зоны вечной мерзлоты;
- позволяет возводить сооружения, устойчивые против глобального потепления.

Преимущества разработанного комплекса по сравнению с аналогами

По сравнению с поверхностным охлаждением:

- более высокая скорость охлаждения грунтов;
- более благоприятный характер охлаждения грунтов (сразу охлаждаются глубокие слои);
- более широкая область применения, где возможно сохранение или новообразование мерзлоты;
- устойчивость к глобальному потеплению.

По сравнению с жидкостными или парожидкостными установками:

- совмещение охлаждающей и несущей конструкции в единое целое;
- более высокая долговечность и надёжность;
- эстетика, архитектурный вид;
- экологическая безопасность.

По сравнению с обоими вышеуказанными методами:

- удобство и надёжность теплофизического мониторинга (не требуется термо-скважин).

Список литературы:

1. Пассек В.В. Тепло – и массообмен как единое самостоятельное научное направление в транспортном строительстве // Труды ЦНИИСа – М., 2002. – вып. № 213.
2. Цернант А.А. Функциональная классификация методов и устройств для управления тепловым режимом грунтовых массивов в криолитозоне // Труды ЦНИИСа – М., 2002. – вып. № 213.
3. Гапеев С.И. Укрепление мерзлых оснований охлаждением. — Л.: Стройиздат, 1969.
4. Макаров В.И. Термосифоны в северном строительстве. — Новосибирск: Наука, 1985.
5. Long E.L. Means for Maintaining Permafrost Foundations. Pat. USA. № 3, 217, 791, cl 165—45, 1964.
6. Баясан Р.М. Термостабилизация грунта в основании объектов газотранспортных систем. «Тепломассообмен — ММФ. Международный форум». Минск, 1988. С. 34—37.
7. Пассек В.В., Петров В.И. Термоопоры — эффективный и перспективный вид конструкций на вечной мерзлоте. — М.: ОАО ЦНИИС, 2009.
8. Каспэ И.Б., Величко В.П. Температурно-влажностный режим термоопор // Научные труды ОАО ЦНИИС «Строительство железных и автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты» / под ред. Цернанта А.А. и Пассека В.В. – М., 2013. – вып. № 268. – С. 21-28.

ОАО ЦНИИС

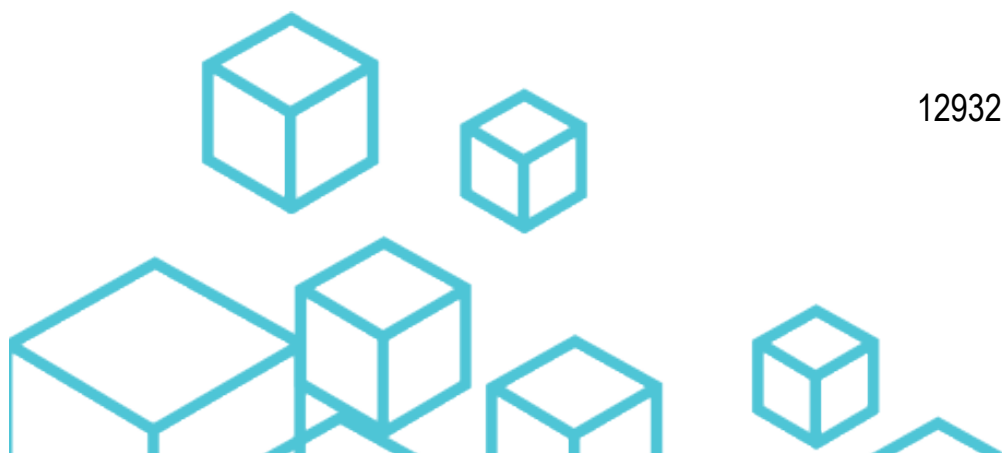
129329, г. Москва, ул. Кольская 1,

Телефон: +7 (499) 180 9398

Факс: +7 (499) 189 7253

www.tsniis.com

e-mail: mail@tsniis.com



ОАО «Фундаментпроект», Москва

ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМАМИ КРУГЛОГОДИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

Автор:

Мельникова Е. А., руководитель группы Проектного отдела

Промышленное освоение северных регионов с распространением многолетнемерзлых грунтов (ММГ) в последние годы поставило перед проектировщиками и строителями достаточно сложную задачу – возведение сооружений больших размеров в плане (более 100,0 м) и со значительными по величине статическими и динамическими нагрузками, в том числе от технологического оборудования на фундаменты и полы по грунту, с выполнением условия сохранения ММГ основания в мерзлом состоянии на период строительства и эксплуатации. При этом, мерзлотно-грунтовые условия, как правило, являются неблагоприятными для обеспечения требуемой несущей способности оснований (высокотемпературные, пластичномерзлые, засоленные грунты и грунты с высоким содержанием органических примесей несЛИВАЮЩЕГО типа с включениями прослоев и линз льдов).

В соответствии с СП 25.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах») многолетнемерзлые грунты свайных оснований зданий и сооружений используются в период строительства и эксплуатации по принципу I – в мерзлом состоянии. Для обеспечения I принципа использования грунтов необходимо предусмотреть мероприятия по понижению температур природных грунтов до значений, обеспечивающих несущую способность свайного основания. В качестве мероприятий обычно закладываются охлаждающие устройства круглогодичного или сезонного действия. Требуемые параметры и режим эксплуатации систем охлаждения определяются при проектировании на основании прогнозных теплотехнических расчетов, моделирующих режим эксплуатации системы – здание, грунт основания, климат, охлаждающие устройства.

ОАО «Фундаментпроект» при проектировании основания Главного корпуса объекта ТЭС Полярная, территориально расположенного в г. Салехард, реализовал техническое решение по обеспечению несущей способности свайного основания на период строительства и эксплуатации с применением горизонтальной системы охлаждения круглогодичного действия.

Применение системы охлаждения круглогодичного действия было обусловлено, в первую очередь, сокращением сроков строительства и значительными геометрическими размерами сооружения в плане, что полностью исключало применение сезоннодействующих охлаждающих устройств гравитационного принципа действия.

Здание Главного корпуса имеет каркасное исполнение с размером в плане равным 114,0 м на 91,5 м. По технологическим соображениям устройство подполья в основании Главного корпуса невозможно. В основании здания запроектированы: монолитная железобетонная плита и свайные фундаменты из железобетонных свай квадратного сечения 350x350 мм, 400x400 мм длиной 12,0 м (длина свай ограничена условиями транспортировки), сваи заделаны в низкие монолитные железобетонные ростверки и максимальные нагрузки, передаваемые на сваи, составляют 820,0...1140,0 кН.

Инженерно-геокриологическое состояние грунтов свайного основания Главного корпуса следующее (план-схема показана на рис. 1):

- в осях А-Д и 1-4 грунты свайного основания находятся в мерзлом состоянии с температурами на глубине 10 м. от минус 0,8 °С до минус 2,0 °С. Многолетнемерзлые грунты представлены песками мелкими и пылеватыми, суглинками, супесями, торфом.
- в осях А-Д и 5-11 грунты свайного основания находятся преимущественно в талом состоянии на всю глубину разведанных скважин. Температура грунта, замеренная по скважинам на глубине 10 м., равна минус 0,1 °С. Талые грунты представлены песками мелкими и пылеватыми водонасыщенными, суглинками текучими и текучепластичными.

Схема расположения скважин приведена на рисунке 1. Необходимо отметить, что результаты термометрических замеров в отдельных скважинах отличаются, несмотря на малое расстояние между ними (например, в скважинах 7-р и 4 или в скважинах 8-р и 6), что говорит (при исключении человеческого фактора) об изменчивости природного состояния грунтов основания по площади и по глубине.

На площадке общепланировочная насыпь запроектирована высотой 2,3...3,3 м. Грунты слоя сезонного оттаивания (промерзания) представлены песками мелкими и пылеватыми и являются сильнопучинистыми.

Для определения технического решения, определяющего мероприятия по термостабилизации грунты, выполнены теплотехнические расчеты температурного режима грунтов основания в программе PROGNOZ [1], предназначенной для составления прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами и расчета несущей способности свай.

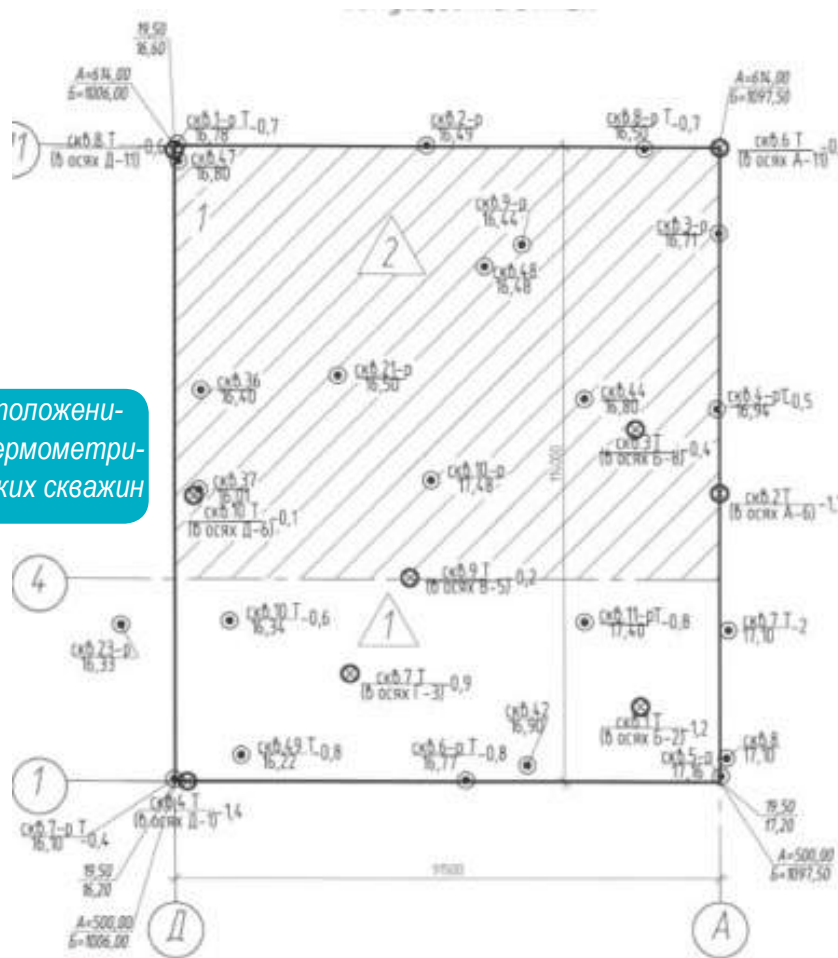


Рис. 1. План – схема здания с расположением инженерно-геологических и термометрических скважин

На основе анализа инженерно-геокриологических условий для проведения прогнозных теплотехнических расчетов выделено два расчетных участка:

- в осях 1 – 4 и А – Д (расчетный участок №1) температура грунта на глубине нулевых колебаний амплитуд температур равна минус 0,8 °С;
- в осях 5 – 11 и А – Д (расчетный участок №2) температура грунта на глубине нулевых колебаний амплитуд температур равна минус 0,1 °С.

Результаты прогнозных теплотехнических расчетов показали, что за период эксплуатации здания Главного корпуса будет наблюдаться оттаивание природных многолетнемерзлых грунтов в основании здания до глубины 18,0 м за 20 лет эксплуатации. Исходный температурный режим грунтов свайного основания не обеспечивает передачу максимальных проектных нагрузок на сваи.

В соответствии с результатами прогнозных теплотехнических расчетов полную максимальную проектную нагрузку на сваи можно передать при достижении средней эквивалентной температуры (по результатам термометрических замеров в скважинах сети геотехнического мониторинга):

- в осях А-Д и 1-4 не выше минус 1,0 °С;
- в осях А-Д и 4-11 не выше минус 2,0 °С.

Для обеспечения несущей способности свайного основания на весь период эксплуатации Главного корпуса в проекте разработаны и на практике реализованы мероприятия по термостабилизации грунтов, выполнение которых было предусмотрено в два этапа.

Этап 1. Предпостроечное объемное промораживание грунтов основания с помощью паро-жидкостных вертикальных сезоннодействующих термостабилизаторов (рисунок 2).

Этап 2. Сохранение температурного состояния, созданного после выполнения этапа 1, и дополнительное понижение температур грунтов под полами здания в эксплуатационный период с помощью горизонтальной системы охлаждения круглогодичного действия с принудительной циркуляцией теплоносителя в трубах.

В начале холодного периода (октябрь-ноябрь) 2012-13 гг. на участке основания корпуса, сложенном тальными и высокотемпературными грунтами, установлены вертикальные термостабилизаторы конструкции ОАО «Фундаментпроект». Термостабилизаторы заправлены легкокипящим хладагентом – хладагентом R-22. Хладагент относится к IV классу малоопасных нетоксичных веществ. Термостабилизаторы, установленные по сетке 3х3 м, подают холод в интервале глубин от 0,0 м до 8,0 м и обеспечивают промораживание грунта свайного основания.

Схема расстановки, заглубление в грунт и необходимая продолжительность работы вертикальных термостабилизаторов в конкретных условиях (с учетом их конструкции и периода установки, а также температуры и скорости наружного воздуха) задана по результатам прогнозных теплотехнических расчетов и требуемого температурного состояния грунтов основания здания, обеспечивающего на строительный период несущую способность свайных опор. Продолжительность периода предпостроечного промораживания определена при условии начала работы термостабилизаторов в декабре – январе 2012 года на момент достижения средней эквивалентной температуры природных грунтов на глубине от 1,0 до 8,0 м от абсолютной отметки 14,80 м не выше минус 0,7 °С по результатам термометрических замеров в скважинах.

Так как работы по разработке котлована и погружению термостабилизаторов выполнялись в зимний период, то укладка теплозащитного экрана для увеличения эффекта промораживания с поверхности проведена весной на мерзлое основание после прекращения работы термостабилизаторов предпостроечного промораживания.

В соответствии с результатами термометрических замеров, предоставленных ОАО «ЭСК СОЮЗ», проектные значения температур были достигнуты и термостабилизаторы к июлю 2013 года демонтированы для возможности выполнения работ по устройству ростверков.

После 4-х месяцев работы термостабилизаторов предпостроечного промораживания талые грунты в основании были заморожены по всему объему до температур минус 4,0...6,00С. Результаты термометрических замеров в скважинах, расположенных в осях 4-11 приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ скв.	Дата замера	Глубина от отметки чистого пола первого этажа (19,65 м)							
		5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5
ТС-5	22.04.13г.	-6,8	-9,0	-8,6	-7,2	-5,9	-4,9	-4,2	-3,2
ТС-6	27.03.13г.	-14,6	-12,2	-10,1	-8,6	-7,1	-5,7	-4,3	-3,1
ТС-7	27.03.13г.	-14,1	-12,6	-11,2	-9,8	-7,9	-6,1	-4,4	-3,1
ТС-9	21.02.13г.	-6,9	-5,9	-4,6	-3,4	-2,1	-1,1	-0,6	-0,4
ТС-10	21.02.13г.	-12,3	-11,6	-10,6	-9,3	-7,8	-6,3	-4,7	-3,4
ТС-11	21.02.13г.	-12,1	-11,3	-9,9	-8,8	-7,3	-5,7	-4,3	-3,2
ТС-12	21.02.13г.	-10,0	-8,4	-6,6	-5,1	-3,1	-1,6	-1,1	-1,0

В данных конкретных условиях строительства предпостроечное промораживание показало высокую эффективность и не снизило темп строительства, так как работы по разработке котлована размером в плане более 100,0 м на 120,0 м и установка термостабилизаторов выполнялась параллельно.

Горизонтальная система круглогодичного охлаждения, предназначенная исключать его отепляющее воздействие на мерзлые грунты основания в период эксплуатации теплого здания, запроектирована в виде единой системы полиэтиленовых труб, уложенных горизонтально в грунтах основания под всей площадью здания. Учитывая значительные нагрузки на свайные опоры, и, следовательно, большую высоту заглубленных ростверков и монолитной силовой плиты, трубы горизонтальной системы охлаждения укладываются на 4,5 м глубже отметки чистого пола первого этажа. Под укладку труб горизонтальной системы охлаждения и устройство ростверков в холодное время года разработан котлован на глубину 5,0 м от планировочной отметки земли, что также обусловлено (в целях повышения эффективности работы системы охлаждения) необходимостью повсеместной выемки слабых ненесущих торфяных грунтов.



Рис. 2. Термостабилизаторы, установленные у свай (этап 1) [2]

Надежность горизонтальной системы охлаждения в эксплуатационный период обеспечена предусмотренной в проекте резервной системой охлаждения. Дополнительно, для предотвращения теплового воздействия режима эксплуатации здания на температурный режим подстилающих грунтов свайного основания предусмотрена укладка теплозащитного экрана (ТЗЭ) из полистирольных экструзионных плит «Пеноплэкс» толщиной 300 мм. В осях А-Д и 1-4 предусматривалось устройство только горизонтальной системы охлаждения с укладкой теплозащитного экрана ТЗЭ толщиной 200 мм.

Горизонтальная система охлаждения конструктивно состоит из основной горизонтальной системы охлаждения ОГС и резервной горизонтальной системы охлаждения РГС. Основная система охлаждения ОГС представляет собой систему параллельных труб диаметром 32 мм с шагом, определенным по теплотехническому расчету. По трубам циркулирует теплоноситель – водный раствор этиленгликоля с температурой минус 15,0°С на входе в подземный контур. Шаг между трубами охлаждающими горизонтальной системы не более 2,0 м. Трубы объединены общим коллекторами по прямому и по обратному потокам. Каждая петля труб работает автономно. Этиленгликоль циркулирует непрерывно в подземном охлаждающем контуре ОГС по принципу противотока. Постоянный расход теплоносителя и необходимый напор поддерживаются работой насоса. Характеристики насосного оборудования определены по результатам гидравлического расчета.

Резервная система охлаждения РГС по схеме раскладки и конструктивному исполнению полностью дублирует основную систему охлаждения ОГС. Фланцы резервной системы охлаждения заглушены до установления факта разгерметизации основной системы охлаждения ОГС. Резервная система охлаждения подключается в работу в случае нарушения герметичности контура основной горизонтальной системы охлаждения.

Нарушение герметичности контура системы охлаждения определяется по изменению расхода в гидравлической магистрали, при выходе разности расходов за допустимый диапазон подается сигнал на остановку насосного оборудования.

Охлаждение теплоносителя (этиленгликоля) осуществляется преимущественно в испарителе парокомпрессионной холодильной машины ПКХМ. Парокомпрессионная холодильная машина (ПКХМ) для охлаждения этиленгликоля запроектирована на базе винтового компрессора и размещается в контейнере.

Состав и технические характеристики оборудования ПКХМ, а также стоимость определяются на основании:

- теплотехнических расчетов состояния грунта свайного основания;
- гидравлических расчетов этиленгликолевого контура;
- расчета цикла холодильной машины.

В зимний период при суточной температуре наружного воздуха не выше минус 25 °С для экономии электроэнергии выполняется отключение фреонового контура ПКХМ и охлаждение теплоносителя происходит за счет прокачки его через теплообменник – охладитель жидкости, в котором теплосъем осуществляется за счет обдува потоком наружного воздуха. Теплообменник – охладитель жидкости размещается на крыше контейнера (рисунк 3).



Рис. 2. Термостабилизаторы, установленные у свай (этап 1) [2]

Работы по установке свай и устройству основной и резервной систем охлаждения выполнены одновременно с установкой термостабилизаторов предпостроечного промораживания в осях А-Д и 4-11.

Результаты прогнозного расчета несущей способности свай основания Главного корпуса после предварительного предпостроечного промораживания и первого года непрерывной работы основной системы охлаждения приведены на графике рисунка 4.

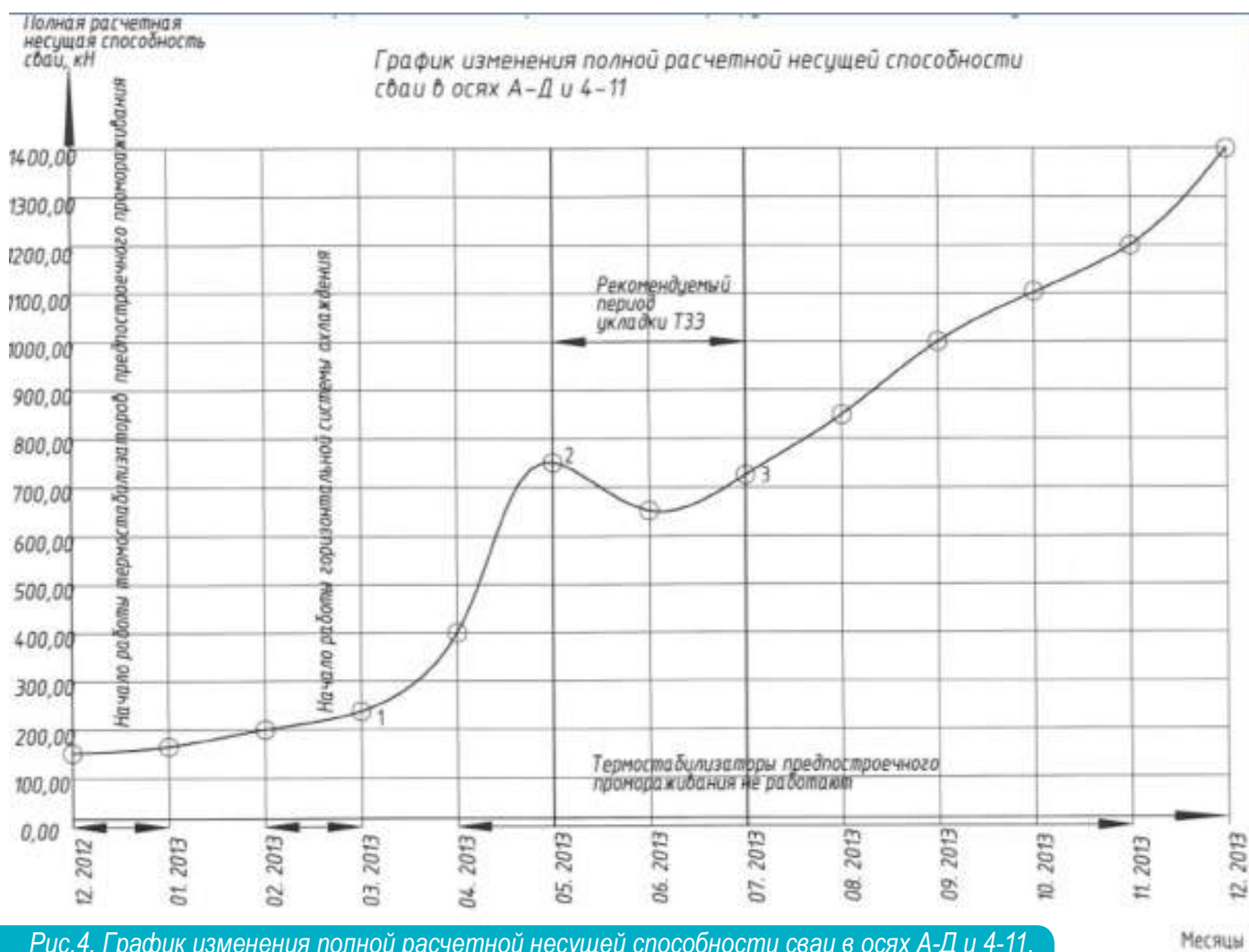


Рис.4. График изменения полной расчетной несущей способности свай в осях А-Д и 4-11.

Для сохранения результатов предпостроечного промораживания рекомендуется выполнить пуск горизонтальной системы эксплуатации не позднее февраля 2013 года. В связи с организационными затруднениями на строительной площадке на август 2013 года горизонтальная система термостабилизации не была запущена и температурное состояние грунтов основания продолжает повышаться, хотя средняя температура грунта по глубине термометрических скважин по результатам последних измерений (август 2013 года) ниже прогнозного значения равного минус 0,70С и составляет минус 2,00С.

В настоящее время (август 2013 г.) система охлаждения прошла испытания на прочность и плотность, выполняются работы по заполнению и пуску в эксплуатацию оборудования установки охлаждения жидкости.

Выводы

1. Результаты измерений температурного состояния грунтов основания сооружения подтвердили эффективность применения предпостроечного промораживания и понижения температур талых и пластичномерзлых грунтов основания сооружения, а также совпадение расчетных температур с измеренными, точность которого достаточна для прогнозных инженерных расчетов.

2. В настоящее время горизонтальная система принудительного замораживания установлена, опробована и запущена. К заседанию РРОМГиФ доклад будет дополнен результатами ее работы.

Список литературы:

1. Программа PROGNOZ соответствует требованиям нормативных документов РСН 67-87 и СП 25.13330.2012. Сертификат соответствия РОСС RU.СП15.Н00512, выдан 04.07.2012 года органом по сертификации программной продукции в строительстве РОСС RU.0001.11СП15.
2. Фотоматериалы предоставлены авторским надзором ОАО «Фундаментпроект».

ОАО «Фундаментпроект»

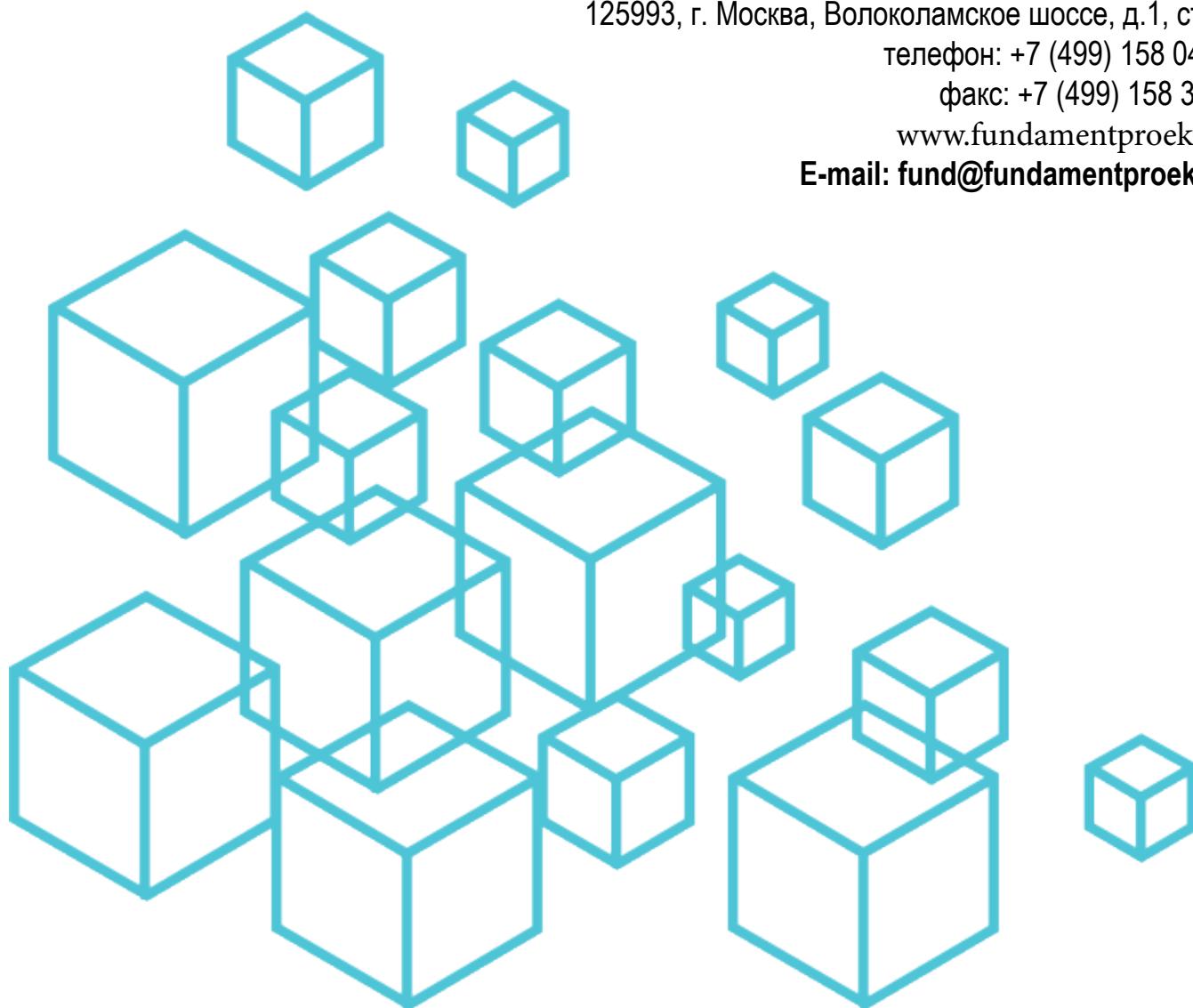
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.1, стр.1

телефон: +7 (499) 158 0481;

факс: +7 (499) 158 3078

www.fundamentproekt.ru

E-mail: fund@fundamentproekt.ru



ЗАО «ОЗСК», Озерск

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МОРОЗНЫМ ПУЧЕНИЕМ

Автор:

Бурмак В. В., генеральный директор

Правительством РФ поставлена задача по снижению стоимости возводимых объектов во всех отраслях промышленности с сохранением качества строящихся объектов и сроков эксплуатации. Решение данной не простой задачи требует поиска новых идей, технологий и материалов.

ЗАО «Уральский завод полимерных технологий «Маяк» (ЗАО «УЗПТ Маяк») более 10 лет занимается созданием новых полимерных материалов. В 2009 г. был получен термоусаживаемый полимер «Reline» на основе сложной модификации композиции полиолефинов, превосходящий обычный полиэтилен по многим техническим характеристикам. Высокая износостойкость, механическая прочность и широкий диапазон температуры эксплуатации от – 60С до + 130С открыли для данного материала широкие перспективы для применения в различных отраслях промышленности.

Ещё в 90-х годах институтом ООО «ВНИИГАЗ» было предложено использовать полиэтилен в качестве противопучинного покрытия, снижающего силы морозного пучения на 30-50%. Были проведены многолетние положительные полевые испытания на полигоне в районе г.Норильска и выпущена инструкция на производство противопучинных свай РД 51-00158623-10-95, предписывающая использование полимерных материалов в качестве противопучинных мероприятий. Однако из-за недостаточных прочностных характеристик при низких температурах полимерного материала, а главное ввиду необходимости получения полимеров от японской фирмы NKK – серийного применения данная технология не получила.

Развитие технологий в промышленности дало новый толчок развития данного технического решения.



В 2011г. ЗАО «УЗПТ Маяк» была изготовлена опытная партия свай с противопучинным термоусаживаемым полимерным покрытием ОСПТ «Reline». В 2011-2014гг. ОАО «Фундаментпроект» и ООО «ВНИИГАЗ» проводили лабораторные исследования и на месторождении Медвежье (ООО «Газпром добыча Надым», ЯНАО) натурные полевые испытания свай с применением противопучинного покрытия ОСПТ «Reline», результатом которых стало подтверждение уникальных ка-

Рис.1. Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline» на свайной конструкции

чественных характеристик материала, снижение касательных сил морозного пучения было подтверждено в пределах 50-60%.

На основании проведенных испытаний и учитывая сроки эксплуатации объектов (не менее 25 лет), ОАО «Фундаментпроект» выдало Заключение о применении в расчетах по СП 25.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88) оснований и фундаментов сооружений по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения для свай, покрытых оболочками противоположными ОСПТ «Reline» к значениям t_{fh} коэффициента 0,42.



Рис. 2 Испытательный стенд. Полевые испытания на полигоне ООО «Газпром добыча Надым» (месторождение Медвежье).

Основой противопучинной технологии является полимерный материал «Reline» – многокомпонентный полиэфин. Производство материала производится с использованием гамма-квантовой модификации.

Покрывается на сваю в зоне сезонного промерзания, оттаивания на слой адгезива, обеспечивающего силу касательного сцепления, препятствующее сдвигу оболочки по свае не ниже 50 кг на 1 кв.см., что в десятки раз выше касательных сил морозного пучения.

Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline» перекрывает зону сезонного промерзания, оттаивания по 200 мм с каждой стороны, чтобы компенсировать неточность установки сваи в грунт и колебания глубин промерзания, оттаивания по ландшафту (Рис.3).

Оболочка сохраняет свою пластичность при температуре до -60°C , при этом уникальные свойства материала не дают произойти смерзанию ее с грунтом. Грунт не может «захватить» сваю и при его подъеме свая остается в исходном положении.

Отмечено, что качество поверхности, а именно наличие на поверхности царапин от движения грунта не влияют на ее работоспособность, так как определяющими являются именно пластичность и невозможность смерзания материала оболочки с грунтом.

Для обеспечения противопучинного качества, толщина оболочки должна быть не менее 1мм. С учетом многократного воздействия грунта на оболочку в период эксплуатации 25 лет механиче-

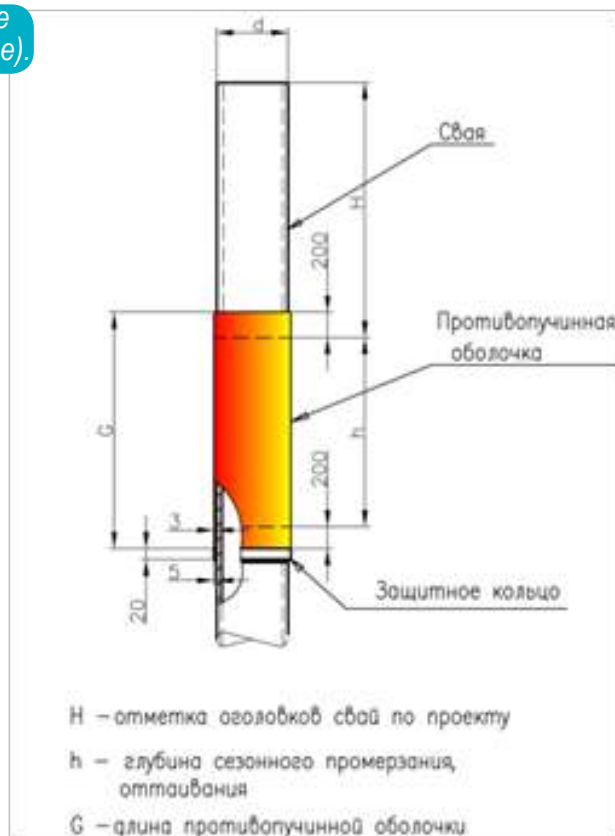


Рис.3 Схема нанесения противопучинной оболочки

ский износ может составить до 0,5мм. Для обеспечения 100% гарантии работоспособности, оболочка наносится с рабочей толщиной стенки не менее 2,5мм.

Нанесение противопучинного покрытия «Reline» на сваю возможно как в полевых, так и в заводских условиях. Заводское нанесение было выбрано основным способом, как наиболее производительное и технологичное.

ЗАО «ОЗСК» является партнером ЗАО «УЗПТ Маяк» и для выпуска противопучинных свай совместно со специалистами института ОАО «Фундаментпроект» г.Москва разработали Серию 1.411.3-11см.13 на «Сваи металлические трубчатые СМОТ».

Данная Серия стандартизирует большинство технических решений, используемых при проектировании и строительстве свайных фундаментов в РФ, в том числе с использованием противопучинного покрытия ОСПТ «Reline».

В июле 2014 года на Серию 1.411.3-11см.13 получено Техническое свидетельство № 4220-14 Министерства строительства РФ, разрешающее её применение в промышленном и гражданском строительстве на территории РФ.

Применение свай СМОТ с использованием противопучинного покрытия ОСПТ «Reline» дает значительный экономический эффект, который достигается за счет уменьшения длины свай, значительного снижения объема строительно-монтажных работ, снижения эксплуатационных затрат.

По данным технико-экономического анализа экономическая выгода от применения свай СМОТ составляет от 5 до 40% от стоимости материалов и строительно-монтажных работ в целом (в зависимости от типов грунтов и свайных нагрузок).

Сваи СМОТ так же имеют множество других преимуществ и на всех стадиях жизни объекта от проектирования до эксплуатации (см. Таблицу 1).

Таблица 1. Преимущества применения свай СМОТ

Стадия	Преимущества
На стадии проектирования:	
	<ul style="list-style-type: none"> • значительное сокращение объемов и сроков проектирования при применении стандартизированной продукции;
	<ul style="list-style-type: none"> • ускорение прохождения экспертизы проекта;
	<ul style="list-style-type: none"> • упрощение процедуры авторского надзора.
На стадии строительства:	
	<ul style="list-style-type: none"> • значительное сокращение объемов и сроков выполнения строительно-монтажных работ;
	<ul style="list-style-type: none"> • усиление контроля за качеством и сроками поставки материалов;
	<ul style="list-style-type: none"> • уменьшение объемов перевозок.
На стадии эксплуатации:	
	<ul style="list-style-type: none"> • гарантийный срок на покрытие противопучинное ОСПТ «Reline» составляет 30 лет;
	<ul style="list-style-type: none"> • не требуются дополнительные затраты в процессе эксплуатации.

Заклучение

Сваи СМОТ с термоусаживаемыми противопучинными оболочками ОСПТ «Reline» позволяют полностью заменить существующие противопучинные технологии, используемые при строительстве свайных оснований. Их применение является новым наиболее эффективным, долговечным и экономически выгодным техническим решением при строительстве и эксплуатации свайных фундаментов на пучиннистых грунтах в различных регионах РФ.

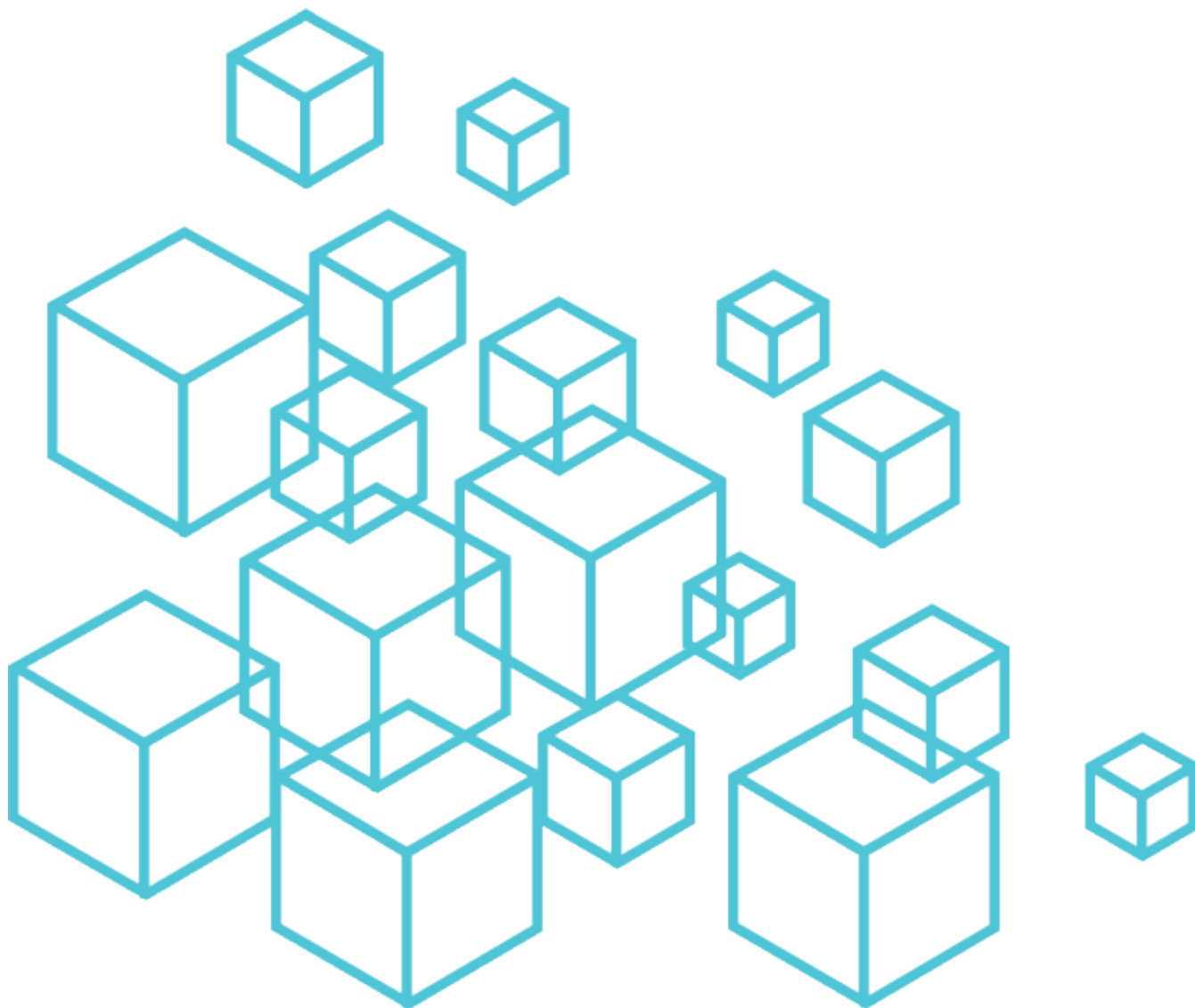
ЗАО «Озёрский завод свайных конструкций» (ОЗСК)

Адрес: Челябинская обл., г. Озёрск, ул. Красноармейская, 5 корп. 3

Тел: +7 (35130) 45026

E-mail: sales@ozsk74.ru

www.ozsk74.ru



Филиал ОАО «ЦИУС ЕЭС»-ЦИУС Северо-Запада, Санкт-Петербург

ЗАПОЛЯРНАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВЛ 220 КВ: СОСТОЯНИЕ, АВАРИИ, РЕМОНТЫ И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Автор:

Сенькин Н. А., главный специалист по ВЛ

Возведение фундаментов промышленных и энергетических объектов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера и многолетнемерзлых грунтов (ММГ), относится к категории наиболее сложных инженерно-строительных задач [1-7].

В «Положении ОАО «Российские сети» о Единой технической политике в электросетевом комплексе», утвержденном Советом директоров 23.10.2013, предусматривается применение технологий по устройству фундаментов опор, обеспечивающих сокращение затрат времени на монтаж и сведение к минимуму объема земляных работ. Это реализуется при следующих технологиях: вибропогружение, вдавливание свай-оболочек и завинчивание винтовых свай, применение стержневых заделок и использование эффективных рабочих буровых органов для проходки скважин в крепких породах и скальных грунтах.

Как правило, фундаменты воздушных линий электропередачи (ВЛ) в условиях ММГ, раньше называемых вечномёрзлыми (ВМГ), возведены по первому принципу строительства, т.е. с сохранением мёрзлого состояния на протяжении всего периода их эксплуатации. Многолетний опыт строительства фундаментов ВЛ на таких грунтах свидетельствует, что свайные фундаменты (СФ) для северных и заполярных ВЛ являются наиболее рациональными, обеспечивающими технические, экономические и экологические преимущества по сравнению с традиционными фундаментными решениями (сборные железобетонные подножки, поверхностные фундаменты и т.п.). При этом фундаменты заполярных ВЛ с применением традиционных призматических железобетонных свай часто характеризуются значительным морозным выпучиванием и даже разрушением по причине их недостаточной анкеровки в грунтовом основании и высокого смерзания боковой поверхности с морозопучинистым грунтом (рис. 1). Поэтому в промышленном и электроэнергетическом строительстве в Заполярье издавна применяются стальные трубчатые сваи, особенно в районах нефтегазовых месторождений.

Выполнен анализ основных Типовых технологических карт (ТТК) по устройству фундаментов ВЛ в условиях ВМГ, разработанных Новосибирским филиалом института «Оргэнергострой»



Рис. 1. Аварийное опирание анкерно-угловой опоры ВЛ 220 кВ на фундаменты по причине потери заделки железобетонных свай в морозопучинистом основании и их не-равномерном выпучивании (на переднем плане: специальное забивное либо вибропогружаемое анкерующее устройство разработки ОАО «Институт Энергосеть-проект» [6]; фото: 10.2003)

в 1979 году, представленных в «Информационной системе «Техэксперт 6.2014: Интранет» (табл.). В таблицу в конспективной форме внесена информация об основных комплектах типовых технологических карт на устройство свайных фундаментов в ММГ. Информация о комплектах машин и оборудования, реализующих передовые технологические решения 70-80-х годов XX-го века, весьма полезна для оценки современного уровня новой бурильно-крановой техники по устройству свайных фундаментов для опор ВЛ 35-500 кВ в условиях ММГ. Например, на весьма высоком месте в практике электроэнергетического строительства до сих пор находится многофункциональная установка – сваебойный агрегат СП-49 на базе тракто-раболотника (рис. 2).

В крайней справа графе таблицы даны лишь отдельные современные машины с техническими характеристиками, обеспечивающими основные функции в ТТК (обязательно с их превы-

Рис. 2. Отечественный сваебойный агрегат СП-49А с дизель-молотом типа СП-76 для вертикальных и наклонных свай, ударно погружающий стальную сваю-оболочку диаметром 0,8 м на глубину 8,0 м через «подбабок» на строящейся ВЛ 220 кВ «Печорская ГРЭС – Ухта» (2013), в качестве альтернативы вибропогружаемой технологии



шением). Данный перечень требует более пристального специального исследования с разработкой современных технических требований и адаптации машин под условия Крайнего Севера и ММГ [7-8].

В ОАО «Завод Стройдормаш» (Алапаевск) разработана одна из самых удобных для использования в условиях Крайнего Севера бурильно-сваебойная машина БМ-811М, снабженная второй кабиной для оператора. БМ-811М с краном г/п 3тс, отличающаяся точной наводкой на ось скважины (функция перемещения мачты относительно шасси до 0,8 м и поворота платформы), позволяет бурить скважины шнеком в грунтах до IV категории, включая водонасыщенные и многолетнемерзлые грунты, диаметром до 0,5 м и на глубину до 15 метров (Рис. 3 и 4). Еще более универсальной является машина МБШ-812-СФА на шасси УРАЛ-4320 (6х6),

предназначенная для строительства свайных фундаментов различного назначения, включая сооружение буронабивных свай по современной технологии SOB или CFA с использованием полого бесконечного шнека. Максимальная глубина бурения 20м, а диаметр – до 0,8м.

Таблица. Типовые технологические карты на устройство свайных фундаментов в ММГ

№ пп	ТТК на устройство свайных фундаментов под опоры ВЛ 35-500 кВ		Расчетные инженерно-геологические условия	Комплект машин и оборудования, параметры	
	шифр и год изд.	название (общая функция)		по ТТК	современные отечественные аналоги
1	К-1-25-1 1979	«Сооружение СФ станком ударно-канатного бурения с установкой свай-краном»	Переувлажненные грунты I-VII категорий с температурой грунта Т ниже минус 1°C (Т < -1°C)	Станок БС-1М на лыжах с жестким сцеплом (глубина и диаметры бурения: 300м, 250-700мм); тракторный кран ТК-53 (Lстр=11,5м)	ООО «Амурский металлост» (Благовещенск): станок БС-3 (150м, 0,45-1,50м)
2	К-1-25-2 1979	«Сооружение СФ бурильно-крановой машиной БМ-801С»	Твердосплавные грунты IV-V групп с Т < -1,5 °С	Машина БМ-801С (глубина и диаметры бурения: 6м, 0,3-0,65м) с краном (п/п 3тс) на базе трактора ТТ-4С	ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): МБМ-530 (3-13м, 0,5-0,8м) на тракторном МТ4-4
3	К-1-25-3 1979	«Сооружение СФ станком торномеханического бурения ТВС»	Твердосплавные супесчаносуглинистые грунты III группы с крупнообломочными вкл. (до 10-20%) с Т < -1°C	Станок ТВС (глубина и диаметры бурения: 10м, 0,3-0,5м) в кране (п/п 5тс) на базе ДЗТ-250М	Отсутствуют по общей функции
4	К-1-25-4 1979	«Забивка металлических свай СМ-8 и СМ-10 агрегатом СП-49 с лидером»	Пластично-связанные грунты I и II группы без крупнообломочных включений при Т: не ниже -0,3°C для супесей; -0,7°C – суглинков; -0,9°C – глин;	Свайловый агрегат СП-49 (стрела 18м, макс длина свая – 12м) с котлом С-330 на базе Т-100МБ (рис. 2); бурильно-крановая УББ-50М (глубина и диаметры бурения: 50м, 58-230мм) на ГАЗ-66; бульдозер Т-100М	Например, ОАО «Челябинский тракторный завод - Уралтрак»; более совершенный СП-49D на базе Т100МБ (Т-170Б)
5	К-1-25-5 1979	«Устройство СФ ударновибродавливающей агрегатом УВВС-6010 без лидера»	То же	Свайловикатель УВВС-6010 (мощность вибромолота – 60 кВт, макс длина свая – 12м, наибольш. вес свая – 8тс) с вибромолотом МВГ-8 (4,66тс) на базе трактора Т-100МБ	Отсутствуют по общей функции
6	К-1-25-6 1979	«Вибродавление ЖБ свай в лидерные скважины агрегатом УВВС-6010»	То же	То же	Отсутствуют по общей функции
7	К-1-25-7 1979	«Погружение металлических свай в лидерные скважины агрегатом УВВС-6010»	То же	То же	ОАО «Стройдормаш»: бурильно-свайовая машина БМ-331 на базе ТТ-4М
8	К-1-25-8 1979	«Забивка металлических свай СМ8 и СМ-10 агрегатом СП-49»	То же	Свайловый агрегат СП-49 с шланговым дизель-молотом С-330; бурильно-крановая машина БМ-303 на базе трактора Т-74	Например, ОАО «Челябинский тракторный завод - Уралтрак»; более совершенный СП-49D на базе Т100МБ (Т-170Б)
9	К-1-26, 1979	«Сооружение фундаментов в трещиноватых скальных грунтах, сооружаемых в горных условиях»	Трещиноватые скальные грунты	Бурильные машины БТС-2 (глубина и диаметр: до 25м и 108мм) на тракторе Т-100 и УПБ-25 (до 15м и 62-102мм) на базе ДВС «Дружба»; бетонокомпрессор, вибратор и т.п.	Например, ЗАО «НПЦ СБТ»; мобильные и переносные установки «Кольбри» и «Стерн»
10	СТО-К Трансстрой-023-2007	«Применение грунтово-винтовых свай с тягой из трубчатых винтовых штанг для опор и высотных сооружений»	Для песчаных, глинистых и скальных грунтов, а также в скальных рыхлых песках, торфях, глинах текучей консистенции, просадочных грунтах	Микро сваевая фирма «Schnebeck GmbH» «Титан»; телескопическая трубчатая винтовая штанга (модули длиной 2-6м и диаметром 50-250мм)	Например, ЗАО «НПЦ СБТ»; мобильные и переносные установки «Кольбри» и «Стерн»
11	ТТК, СП6, 2012	«Устройство буронабивных свай по технологии непрерывного полового шнека (CFA) (автор-разработчик: С.Д.Васильев)»	Широкий диапазон грунтов (обводненные, рыхлые и скальные породы, глина, известняк, мрамор и т.д.); 3-я температурная зона	Бурильная установка SANY SR 200M CFA ROTARY DRILLING R10 (макс. глубина бурения 60 м, макс крутящий момент 160 кНм, макс диаметр бурения 600-1200 мм); автокран п/п 25тс; автобетоносмеситель СБ-82 и т.д.	ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): универсальная машина шнекового бурения: свайловый БМ-811М (рис.3) и МБМ-812-CFA (полый шнек)
12	ТТК (не утв. ОАО «ФСК ЕЭС»)	«Устройство фундаментов опор ВЛ на винтовых сваях»	Широкий диапазон грунтов, включая ММГ (кроме скальных и горфов)	ОАО «Алапаевский завод машиноустройства - Стройдормаш»; универсальная бурокрановая машина УБМ-85 на базе 6м «Урал-4320 (8x6)» (рис. 4)	ОАО «АЗМ-СДМ»: УБМ-85-11, северного исполнения с дополнительной кабиной



Рис. 3. Бурильно-сваебойная машина БМ-811М: эффективное бурение лидерных скважин на глубину 15м перед завинчиванием винтовых свай (переход ВЛ 220 кВ через р.Печора в Республике Коми; фото: 03.2014)



Рис. 4. Бурильно-сваебойная машина БМ-811М: бурение лидерных скважин диаметрами 150-400мм и копровая забивка 500 свай стальных труб-свай диаметрами 168-426мм с конусными наконечниками на глубину 6-11м в выветрелые аргиллиты при обустройстве Дулисьминского месторождения (север Иркутской области, фото: 11.2010)

Применение стальных винтовых свай (ВС) является более эффективным и универсальным решением для фундаментной части при опирании стоек ВЛ и ПС на грунтовые основания, включая слабые, сезонно – и вечномерзлые грунты. В связи с развитым наконечником – винтовой лопастью несущая способность ВС при работе на сжатие-выдергивание возрастает в несколько раз по сравнению со сваем из такой же стальной трубы без глубинной анкеровки.

В соответствии с Целевой программой «Унификация фундаментов для электросетевых объектов в связи с внедрением промышленных способов скоростного строительства ВЛ и ПС» в НИЛКЭС ОАО «СевЗапНТЦ» разработан проект «Унифицированные конструкции фундаментов на винтовых сваях для опор ВЛ 35-500 кВ», а в ОАО «АЗМ-Стройдормаш» (Алапаевск) разработана принципиально новая универсальная бурильная машина УБМ-85 для бурения скважин и завинчивания ВС с краном-манипулятором (теле-скопическая стрела вылетом до 12 м) с механизмом завинчивания МВ-85 и патроном-захватом для строповки ВС (рис. 5).



Рис. 5. Универсальная бурильная машина УБМ-85 и бурильно-крановая машина БКМ-515 на свайных работах в Новом Уренгое по устройству фундаментов из стальных винтовых свай в ММГ (06.2007)

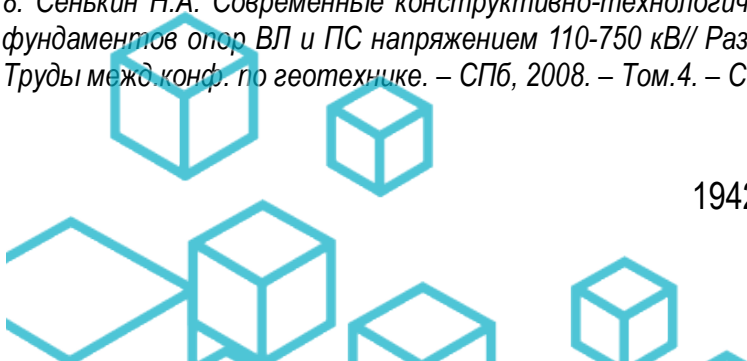
В 2007-10 годах в ЦИВЛ ОАО «Фирма ОРГРЭС» разработаны технологические карты на устройство кустов ВС типа СВЛ-256 в мёрзлых грунтах и сварных стальных ро-стверков для последующей установки башен связи и опор ВЛ в условиях Заполярья. Здесь бурение лидерных скважин выполнялось машиной БКМ-515 с индивидуальным подъездом к каждой точке, а свайные работы – машиной УБМ-85 с одной стоянки для завинчивания групп свай. Практически подтверждена высокая эффективность «кустовых» свайных работ, так удельные затраты машин и труда на установку сваи в 6-ти свайном кусте по сравнению с одиночной сваей оказались на 25-30% ниже. При этом, если работать одной УБМ-85 со сменой рабочих органов на каждой свае (не менее 0,5 ч на замену) затраты машин на устройство 6-ти свайного куста увеличиваются более чем в 1,7 раза [8].

Реальные горизонтальные отклонения завинченных свай от проектного положения в 6-ти свайном ростверке достигают 50-150 мм, что значительно превышает нормативные допуски при установке опор ВЛ (± 10 мм). Задача повышения точности позиционирования рабочего органа бурильной и сваезавинчивочной техники приобретает особую актуальность.

Наиболее перспективным для скоростного строительства ВЛ и подстанций в электроэнергетике является направление модернизации свайных машин за счет оснащения их системой «артикуляции» посредством манипулятора, предназначенным для кустового бурения и завинчивания свай непосредственно с одной стоянки, особенно при выполнении работ на пикете ВЛ в условиях транспортной недоступности либо на площадке действующей подстанции, имеющей ограниченные габариты и стесненные условия.

Список литературы:

1. Жуков В.Ф. *Земляные работы при устройстве фундаментов и оснований в области вечной мерзлоты* (Институт мерзлотоведения им.В.А.Обручева). – М.-Л.: АН СССР, 1946. – 142 с.
2. Габля Ю.А. *Фундаменты опор линий электропередачи в сложных грунто-вых условиях*. – М.: Энергоиздат, 1981. – 192.
3. Гончаров Ю.М., Таргулян Ю.О., Вартанов С.Х. *Производство свайных работ на вечномёрзлых грунтах*. – Л.: Стройиздат, 1981. – 160 с.
4. Сенькин Н.А. *Актуальные задачи в проектировании и строительстве ВЛ ЕНЭС: железобетонные и свайные фундаменты* // Энергоэксперт, 2013, №1-2.
5. Сенькин Н.А. *Состояние, ремонты и реконструкция заполярной ВЛ 220 кВ «Инта-Воркута»* // Воздушные линии, 2014, №2. – С.53-67.
6. Лошаков Ю.Е., Ольшанский В.Г. *Проблемы эксплуатации существующих опор ВЛ в сложных геотехнических условиях Севера Западной Сибири и их решение путем разработки новых конструкций фундаментов опор с учетом опыта проектирования* // Воздушные линии, 2013, №3. – С. 67-76.
7. Крушинских М.Ю., Пальгуев И.П., Ячменев С.В. *Практический опыт оптимизации технологического процесса, увеличения производительности и сокращения затрат при строительстве фундаментов ЛЭП* // Воздушные линии, 2014, №2. – С.3-7.
8. Сенькин Н.А. *Современные конструктивно-технологические решения и свайная техника для возведения фундаментов опор ВЛ и ПС напряжением 110-750 кВ* // Развитие городов и геотехническое строительство: Труды междунар. конф. по геотехнике. – СПб, 2008. – Том.4. – С.661-665.



ОАО «ЦИУС ЕЭС» - ЦИУС Северо-Запада
1942044, г. Санкт-Петербург, Пироговская наб., 9
Телефон: +7 (495)710 6060
www.cius-ees.ru
e-mail: senkin_na@sz.cius-ees.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТИТАН ДЛЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Автор:

Junker Alexej (Юнкер Алексей), главный инженер-геотехник

Технология

Буроинъекционные микросваи ТИТАН являются одним из самых быстрых, простых и надежных способов устройства свайных фундаментов. Суть технологии заключается в том, что сборная металлическая конструкция одновременно выполняет три функции.

1. Сама штанга является буровым инструментом. Для её забуривания не требуется погружать в грунт (и извлекать) ни шнеки, ни обсадные трубы, ни другой дополнительный инструмент. Для каждого вида грунта имеются на выбор подходящие буровые коронки, которыми оснащается наконечник сваи.

2. Трубчатые штанги ТИТАН и буровые коронки с отверстиями позволяют одновременное нагнетание цементного раствора в процессе бурения, автоматически заполняя буровую скважину со дна.

3. Таким образом, свая наращивается с поверхности с помощью соединительных муфт дополнительными штангами до требуемой длины и остаётся в скважине в качестве армирующего элемента сваи.

Бурение без обсадной трубы и одновременное нагнетание цементного раствора через буроинъекционную штангу значительно ускоряет и упрощает процесс устройства микросвай ТИТАН.

Основные элементы
анкерных свай **ТИТАН**

Сферическая гайка

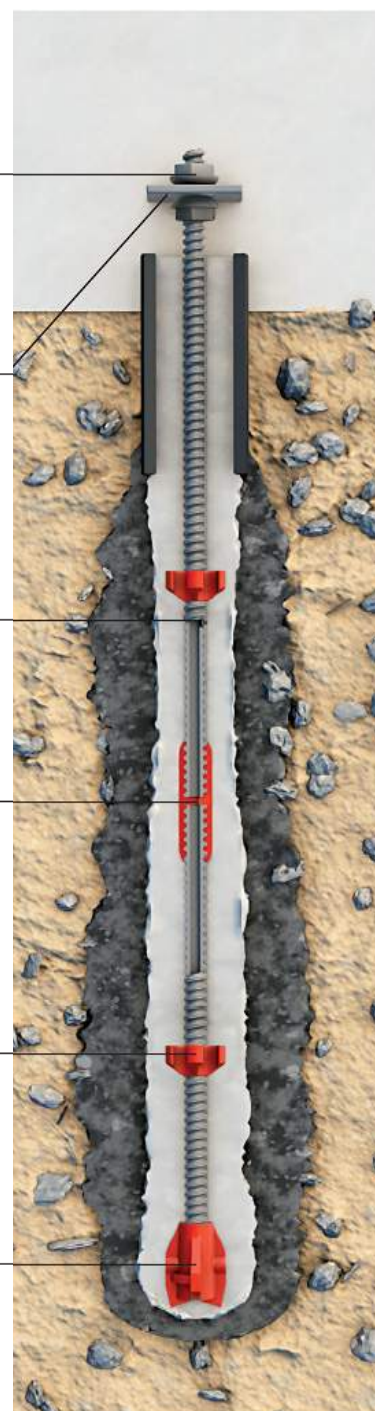
Опорная пластина

Буроинъекционная штанга -
стальной несущий элемент

Соединительная муфта

Центратор

Буровая коронка



Установка микросвай ТИТАН

1. Бурение с промывкой



Устройство микросвай, анкерных свай и грунтовых нагелей ТИТАН заключается всего лишь в их непосредственном бурении с промывкой, как правило, жидким цементным раствором (в/ц = 0,7 – 1,0) и последовательном нагнетании густого цементного раствора (в/ц = 0,4 – 0,6). Промывной цементный раствор выносит буровую крошку из скважины, проникает в окружающий корень сваи грунт, улучшает его, укрепляет стенки бурового отверстия против обрушения и создаёт плавный переход между телом сваи и грунтом.

2. Нагнетание цементного раствора

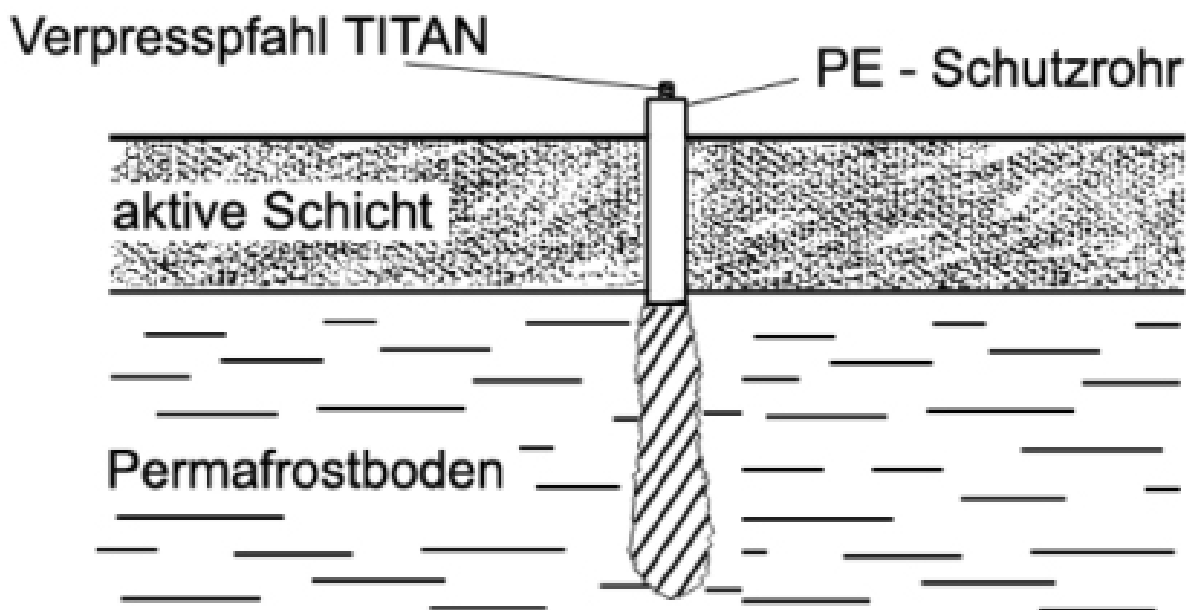


Таким образом, в зависимости от свойств грунта возможно увеличение диаметра изготовленной сваи до двойного диаметра буровой коронки. Поверхность стенок анкерных свай ТИТАН получается неровной и благодаря этому обеспечивается их хорошее сцепление с грунтом.

После того как достигается расчётная глубина сваи, буровая штанга продолжает вращаться и нагнетается густой цементный раствор, который вытесняет промывную жидкость. При этом достигается давление до 80 бар, что в слабых грунтах способствует их уплотнению, а также расширению диаметра сваи.

Дополнительные меры при работе со сваями ТИТАН в вечномёрзлых грунтах

При расчёте несущей способности свайного фундамента следует учитывать воздействие сил морозного пучения в пределах глубины сезонного промерзания активного слоя. Уменьшение влияния касательных сил морозного пучения на микросвай ТИТАН может быть достигнуто с помощью применения стальных или пластмассовых защитных труб на глубину деятельного слоя.



В случае производства свайных работ при минусовых температурах следует изменить состав цементного раствора соответственно температурным условиям. Примесь химических противоморозных добавок в цементный раствор предотвращает замерзание воды в растворе при низких температурах, и гарантирует твердение цементной смеси. Эти противоморозные добавки снижают температуру замерзания воды до -20°C .

При производстве микросвай ТИТАН в зимних условиях необходима защита насосной станции и шлангов для прокачки цементной смеси от промерзания (например, установка миксерной насосной станции в отапливаемом помещении, палатке или строительном вагончике).

Технология ТИТАН охватывает широкий спектр подземных работ

Малые деформационные значения микросвай ТИТАН позволяют их применение не только в качестве свайных фундаментов зданий, но и в качестве оснований мостов, эстакад и более сложных сооружений. Основания, состоящие из групп микросвай, способны воспринимать все виды, направления и значения нагрузок, как например, силы на вдавливание, выдергивание, поперечные силы, крутящие и торсионные моменты и даже динамические воздействия. В сейсмоактивных зонах ростверки из нескольких «корневых» микросвай более эффективны и надежны по сравнению с массивными свайными фундаментами.

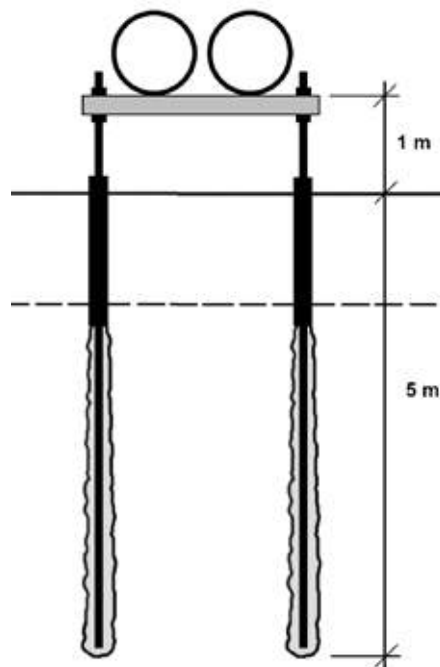
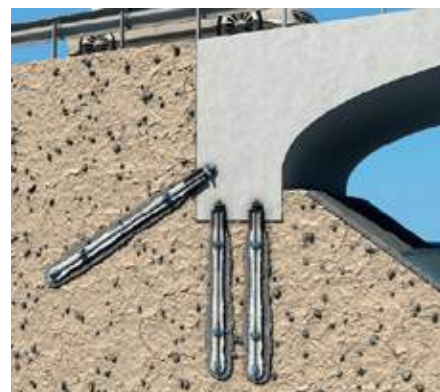
Реконструкция и усиление существующих фундаментов и оснований

Особенно в промышленном секторе переоснащение производственных цехов новым оборудованием зачастую требует усиления или даже полной реконструкции существующих фундаментов. Технология устройства микросвай ТИТАН позволяет применение малогаборитных буровых установок для выполнения такого рода работ в стесненном пространстве внутри помещений. Они широко используются для усиления ленточных, плитных и свайных фундаментов как самих зданий, так и для оборудования (станков, конвейеров, кранов и т.д.) с динамическими нагрузками. Помимо этого микросваи ТИТАН можно применять для остановки уже прогрессирующих деформаций.

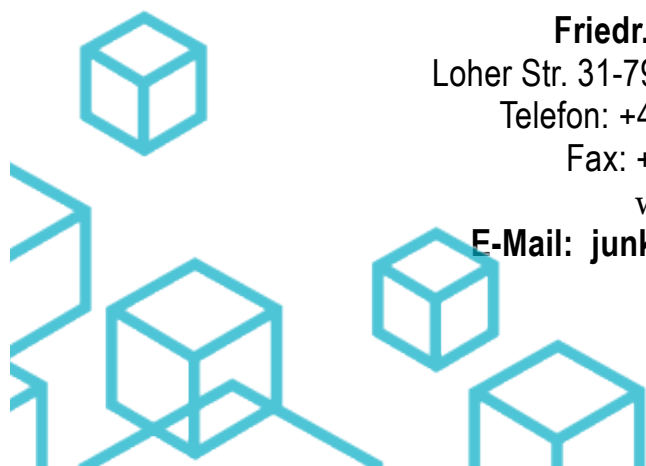
Сравнительно малый диаметр свай ТИТАН позволяет их установку в близи и даже через существующие фундаменты без существенных негативных воздействий.

С помощью технологии ТИТАН был выполнен ряд проектов со сложнейшей задачей – освоить подземное пространство под существующим зданием. Микросваи устанавливаются изнутри по периметру стен в качестве ограждения котлована. В процессе разработки грунта стенки котлована поэтапно закрепляются анкерными сваями титан. После достижения проектной глубины котлована строится дополнительный подземный этаж. Такое решение чаще всего применяется при реконструкции исторических зданий. Разрушение фасада и нарушение общего внешнего вида недопустимо, но в тоже время есть необходимость сооружения дополнительных служебных и технических помещений для современного оборудования здания.

Высокая скорость производства свайных работ значительно сокращает срок реконструкции здания и перерыва его эксплуатации.



Вариант надземной прокладки магистрального трубопровода в вечномёрзлых грунтах с возможностью регулировки высоты для компенсации деформаций на протяжении срока эксплуатации и совмещения с системами CO₂.



Friedr. Ischebeck GmbH
Loher Str. 31-7958, 256 Ennepetal
Telefon: +49 (2333) 8305-949
Fax: +49 (2333) 8305-55
www.ischebeck.de
E-Mail: junker@ischebeck.de

ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН, Якутск

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА «ЛЕДОВЫЙ КОМПЛЕКС» Ж/Д АЯМ)

Автор:

Литовко А. В., н.с. лаборатории инженерной геокриологии

На сегодняшний день завершено строительство Амуро-Якутской железнодорожной магистрали Беркакит-Томмот-Нижний Бестях (АЯМ). Протяженность АЯМ более 800 км в направлении с юга на север, практически в субмеридиональном направлении. По существу она является первой очередью строительства Трансконтинентальной магистрали (ТКМ) через Берингов пролив. Строительство второй очереди ТКМ в сторону Берингового пролива сдерживается отсутствием железнодорожного моста через р. Лена, в сторону Магадана – реконструкцией и строительством федеральной автомобильной магистрали «Колыма». Кроме того, решается важная государственная задача разработки типового инженерно-геокриологического мониторинга диагностики и управления взаимодействием технической системы АЯМ с окружающей средой, для обеспечения эффективного строительства и эксплуатации АЯМ, как природно-технической системы (ПТС «АЯМ»), при взаимодействии с геологической и входящей в ее состав криогенной средой, как литотехнической системы (ЛТС).

Устойчивость железной дороги Беркакит-Томмот-Якутск в значительной степени связана с устойчивостью самой вечной мерзлоты, служащей основанием и средой инженерных объектов. Помимо температуры, на устойчивость вечной мерзлоты существенно влияет ее льдистость, которая, как известно, увеличивается к северу. Наиболее сложными геокриологическими условиями, по данным Института мерзлотоведения СО РАН и изыскательских работ, проведенных проектными организациями «Мосгипротранс», «Уралгипротранс», «ЮжЯкутТИ-СИЗ» и др., характеризуется участок трассы км 670 – км 750, где развит ледовый комплекс, льдистость грунтов оснований которого достигает 50-60% [1].

Краткое описание геокриологического строения территории прохождения железной дороги можно представить как:

- сплошное распространение многолетнемерзлых пород наблюдается в северной части Амгинского плато (км 530 – км 630), на Усть-Майском плато (км 630 – км 700), на террасах р. Лены (км 700 – км 818);
- мощность многолетнемерзлых пород превышает 100-300 м, достигая на северном участке трассы 400-500 м;
- среднегодовые температуры здесь изменяются в северном направлении от – 1 до – 7°C;
- на остальной территории трассы ММП имеют прерывистое, массивно-островное и островное распространение, мощность от 20-30 до 100-200 м;
- прерывистое распространение ММП характерно для Чульманского плато (км 0 – км 130) и Алданского плоскогорья (км 130 – км 294), а также Средне-Амгинского плато (км 386 – км 530), где среднегодовая температура пород составляет от – 1 до – 3°C.

В комплекс мероприятий, обеспечивающих предотвращение деградации криоэрозийной зоны в основании насыпи, входили:

1) вертикальные парожидкостные сезонные охлаждающие устройства (СОУ) в сочетании с теплоизолятором – пенополистиролом на 39 участках (км 693 – км 710, км 730), общей протяженностью 4,9 км (грунты IV категории просадочности);

2) тепловая изоляция из экструдированного пенополистирола толщиной 5 см на откосах и бермах (на км 709 протяженностью 129 м);

3) устройство консольных солнцезащитных навесов на откосах (на км 709 протяженностью 100 м); 4) устройством СОУ (на км 709 протяженностью 100 м). Мероприятия 1, 2, 3 и 4 использованы на опытном участке, в пределах которого геокриологические условия примерно одинаковы.

Далее следует анализ эффективности выбранных мероприятий, оценка которых выполнена по результатам проведения инженерно-геокриологического мониторинга ИМЗ СО РАН, выполненного с начала строительства ж/д АЯМ (конец XX века)[2].

На участке распространения пород ледового комплекса при возведении земляного полотна широко использовался теплоизоляционный материал из пеноплекса (рис.1)



Рис.1 Укладка пеноплекса

Один из примеров его использования – район ПК 6932, где он был уложен во время отсыпки в тела бермы и насыпи. В зиму 2010/2011 гг. на бермах были установлены сезонноохлаждающие устройства (СОУ) (рис.2).

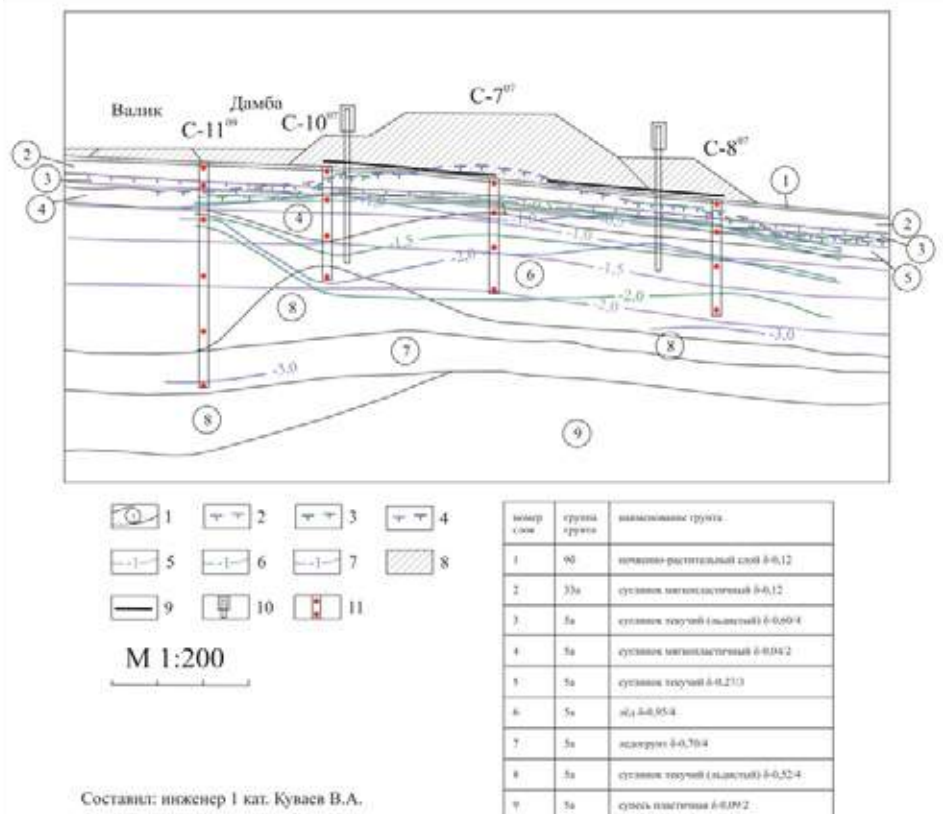


Рис.2 Установка СОУ (пк 6932)

На оси земляного полотна, начиная с 2010 г. отмечена четкая тенденция к охлаждению грунтов основания насыпи. Более заметное охлаждение грунтов наблюдается под бермой справа. Под левой бермой отмечено слабое охлаждение грунтов (Рис.3).

Рис.3 Изменения термоизоплет грунтов и верхней границы многолетнемерзлых пород под основаниями насыпей в районе ПК 6932.

1 – номер слоя грунтов;
верхняя граница многолетнемерзлых пород:
2 – в 2007 г.,
3 – в 2011 г.,
4 – в 2013 г.; термоизоплеты грунтов:
5 – в 23.09.2007 г.,
6 – в 17.09.2011 г.,
7 – в 30.08.2013 г.;
8 – скальный грунт с заполнителем до 10 %;
9 – теплоизолирующий слой из термоплекса;
10 – сезонноохлаждающее устройство (СОУ);
11 – термометрическая скважина.



В августе 2010 г. экспериментальные наблюдения в скважинах на бермах пикетов 6932 и 6935 показали, что теплоизоляционная эффективность его зависит от глубины укладки. С увеличением глубины укладки ослабевает тепловое влияние пеноплекса. Так, при укладке его на глубине 0,7 м мощность сезонного протаивания грунтов под бермой ПК 6935 составила 1,70 м, а при укладке на глубине 1,1 м (ПК 6932) – 1,95 м (Рис.4).

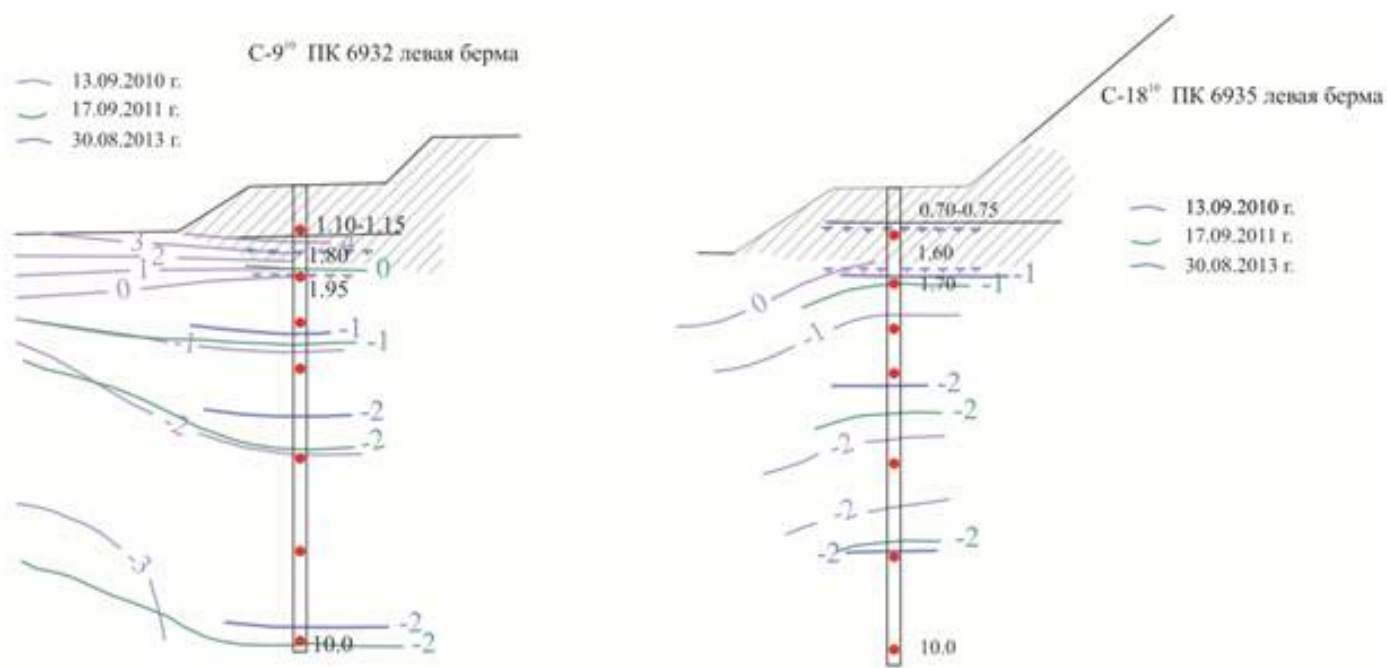


Рис.4 Изменение глубины протаивания и температуры грунтов оснований берм при укладке теплоизоляционного материала на разных глубинах в районе ПК 6932 и 6935.

Составил: инженер 1 кат. Куваев В.А.

В зиму 2010/2011 гг. на бермах вышеперечисленных пикетов начали действовать сезонно-охлаждающие установки (СОУ). Трехгодичный цикл наблюдений в термометрических скважинах с разной удаленностью от СОУ показали, что охлаждающий эффект его на расстоянии 0,5 м заметное (Скв-18), а на удалении 1,3 м (Скв-9) резко снижается. Результаты наблюдений последующих лет, также подтвердили подобное влияние. По температурным данным на берме ПК 6935 верхняя кровля многолетнемерзлых пород приподнялась до уровня укладки пеноплекса (0,7 м), а на берме ПК 6932 она осталась в таком же уровне (1,95 м). Положительный эффект с применением сочетания СОУ и пеноплекса наблюдается также на участке в районе ПК 7089.

В районе ПК 7088 на насыпи высотой 2,5-3,0 м с консольными навесами на откосах (Рис.5).

В 2012-2014 гг. температуры грунтов под бермами сохранили тенденцию к охлаждению (рис.). Верхняя кровля многолетнемерзлых пород поднялась до уровня естественной поверхности. Температура грунта под основанием бермы на отметке 1,5 м в конце теплого сезона составила – 2,5 оС [3].



Рис.5 Консольные навесы

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. На устойчивость земляного полотна и его искусственных сооружений оказывает трансформация температурного режима под воздействием организованного стока воды, водоемов, формирующихся у бровок нефилтрующихся насыпей.
2. Экспериментальные мониторинговые исследования конструкций берм показали эффективность применения пеноплекса для обеспечения повышения эксплуатационных характеристик железной дороги, проходящей через заболоченные и переувлажненные территории (мари и др. участки).
3. Установка СОУ и укладка пеноплекса вызывают заметное охлаждение грунтов под правой бермой (подгорная часть), слабое – под левой с нагорной стороны. Теплоизолирующее влияние пеноплекса ослабевается с увеличением глубины укладки. Охлаждающий эффект СОУ заметен до 0,5 м, на удалении 1,3 м резко снижается. Консольные навесы на откосах насыпи высотой 2,5-3 м не оказали ожидаемого охлаждающего эффекта на грунты основания.

Список литературы:

1. Варламов С.П., Скрыбин П.Н., Скачков, Шендер Н.И. Геокриологические условия проектируемой железной дороги Томмот-Кердем на территории развития ледового комплекса // Наука и образование. – 2006. – № 4 (44). – С. 78-83.
2. Шестернев Д.М., Литовко А.В. Геокриологические проблемы эксплуатации участка железной дороги АЯМ

«Беркакит – Томмот» / Д.М. Шестернев, А.В. Литовко // Проблемы инженерного мерзлотоведения. Материалы IX международного симпозиума 3-7 сентября 2011 г. в г. Мирном. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2011. – С. 260 – 265.

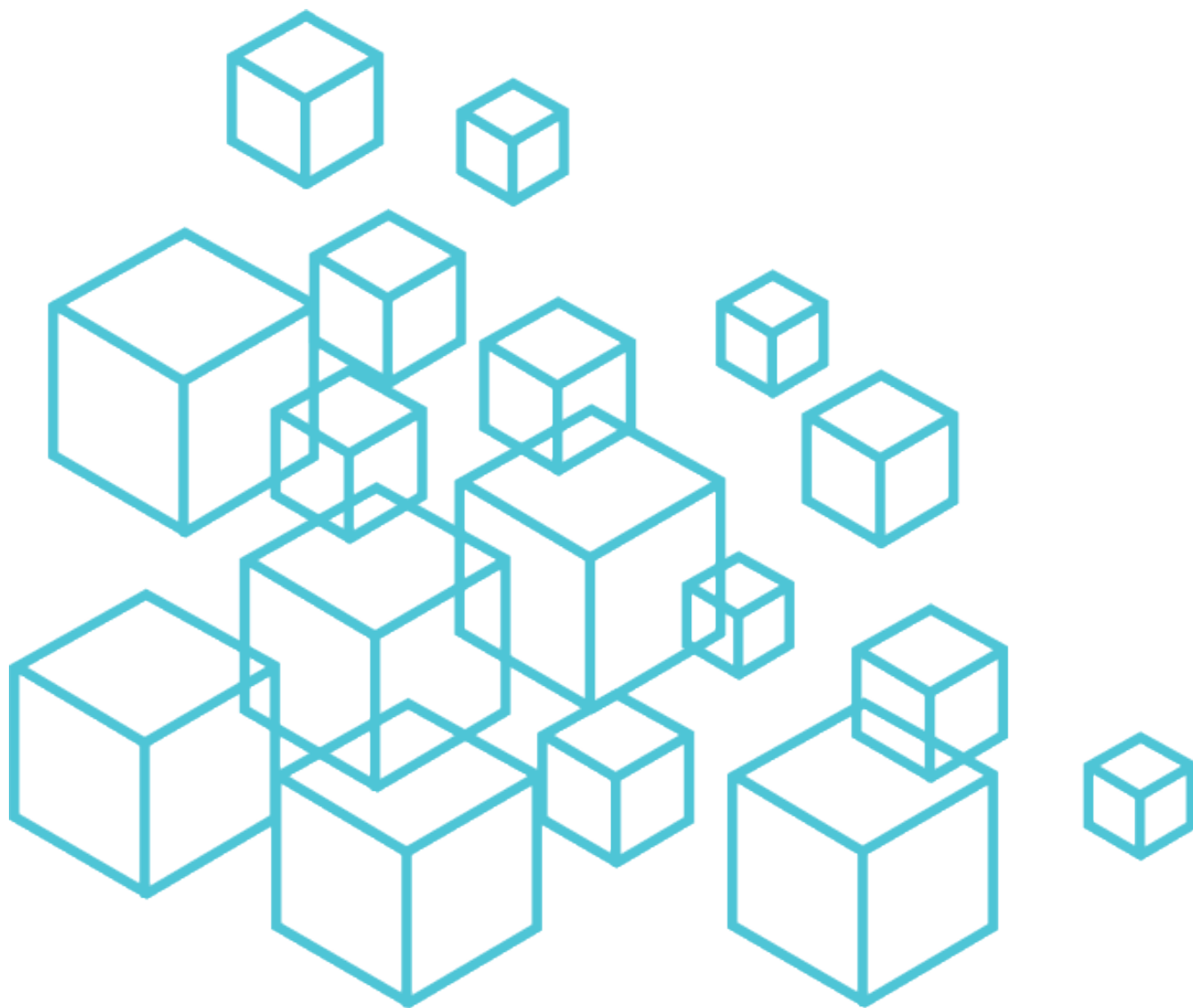
3. Шестернев Д.М., Варламов С.П., Скрыбин П.Н., Литовко А.В. Материалы научно-технического отчета г.к.№1090 Т.1 Инженерно-геокриологические условия территории железной дороги АЯМ «Беркакит – Томмот-Якутск» 2013, 174 с.

**Государственное бюджетное учреждение науки
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ СО РАН)**

677010, г. Якутск -10, ул. Мерзлотная, 36

Телефон: +7 (4112) 33 4476

mpi.ysn.ru/index.php/ru/



ГК «ВиброТехСтрой», Санкт-Петербург

ПОГРУЖЕНИЕ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА В ВЕЧНОМЁРЗЛЫХ ГРУНТАХ В ПОРТУ САББЕТА

Авторы:

Галунин В. В., генеральный директор;

Карандин Ю. А., главный инженер

Компания ООО «ВиброТехСтрой» является официальным представителем концерна «PTC Fayat Group» (Франция) строительное оборудование и концерна АО «PARAMO» (Чехия) масла и смазки.

В 2013 году нашей компанией был приобретен вибропогружатель PTC 200 HD RK в комплекте со станцией 1200С, для выполнения работ по погружению труб диаметром 1420 мм. на глубину погружения до 48 метров и под углом в 15 ° в городе Северодвинске. На тот момент и по сегодняшний день это самый мощный вибропогружатель серии HD в России.

Несколько слов о модели PTC 200 HD RK: общая масса с зажимом 24800кг, ширина 2,3м., высота без зажима 4,8 м., эффективная амплитуда 30,0 мм. Серия HD это вибропогружатели средней частоты, с постоянным моментом, созданные для тяжелых работ, простые в техническом исполнении и в то же время очень надежные. PTC 200 HD RK предназначен для погружения труб малого, среднего и большого диаметра (от 790мм. до 3330мм.).

Комплектация RK позволяет выполнять работы по погружению профилей под **углами до 45 °**.



В итоге, эту работу наша компания выполнила в полном объеме и в более короткий срок, чем было определено данным проектом.

Оценить возможности данного оборудования в работе, были приглашены представители таких компаний как: «Мостострой №6», ООО «Морстрой», ООО «ГТ-Север», ООО «МРТС – Инжиниринг».

Оборудование показало себя с лучшей стороны и результатом стала поставка двух комплектов РТС 200HD RK в – ОАО «Межрегионтрубопроводстрой» и ООО «МРТС – Инжиниринг».

Сейчас оба комплекта выполняют работы по погружению труб в районе поселка Сабетта.

Немного технической информации о данном проекте:

Производится погружение труб диаметром 1420 мм. длина труб от 16 до 24 метров. Погружение выполняется до проектной отметки (примерно 2 метра над уровнем земли). Погружение осуществляется без предварительного пропаривания грунта и только за счет возможностей вибропогружателя. Толщина линзы вечной мерзлоты на участке работ варьируется от 2 до 3 метров.

На данный момент погружено порядка 250 труб. Производительность в среднем 8-10 труб за 11 – часовую рабочую смену (переброска оборудования, перестановка кондуктора, погружение). На этом объекте планируется погрузить не менее 1000 труб.

Сейчас идет подготовка к погружению труб длиной 48 метров (стыковка труб до проектной длины будет производиться в горизонтальной

плоскости, затем готовый элемент заводится в зажим вибропогружателя и в вертикальном положении устанавливается в кондуктор).

Наша компания предлагает своим клиентам широкий спектр услуг:

Специалисты помогут подобрать необходимое вам оборудование: вибропогружатель, гидромолот, установки для уплотнения грунта. Следует отметить, что РТС изготавливает универсальные энергостанции к которым подключаются и вибропогружатели и гидромолота. Нет необходимости в отдельной энергостанции для каждого инструмента. Так же энергостанции изготавливаются в «северном» исполнении (морозостойкие уплотнения, подогрев дизельного двигателя, подогрев гидравлического масла).

После поставки оборудования производится его пуско-наладка сертифицированным инженером, проводится обучение персонала работе с оборудованием, в дальнейшем мы обеспечиваем техническое обслуживание в гарантийный и пост гарантийный срок эксплуатации.

Для скорейшего решения технических проблем в арсенале компании есть собственный склад комплектующих в Санкт-Петербурге, наши специалисты готовы выехать в любую точку страны в кратчайшие сроки. Так же проводим консультации техников по телефону и электронной почте.

Так как наша компания является представителем концерна АО «PARAMO» который является производителем широкого ассортимента смазочных материалов (масла и смазки «MOGUL»), мы обеспечиваем наших клиентов всеми необходимыми смазочными материалами на всем сроке эксплуатации оборудования.

Помимо всего выше сказанного предлагаем РВД и резино-технические изделия в «Арктическом» исполнении.

Таким образом, мы предлагаем нашим клиентам полную техническую поддержку на всем сроке эксплуатации оборудования.

Вибропогружатель PTC 200 HD RK



ГК «ВиброТехСтрой»

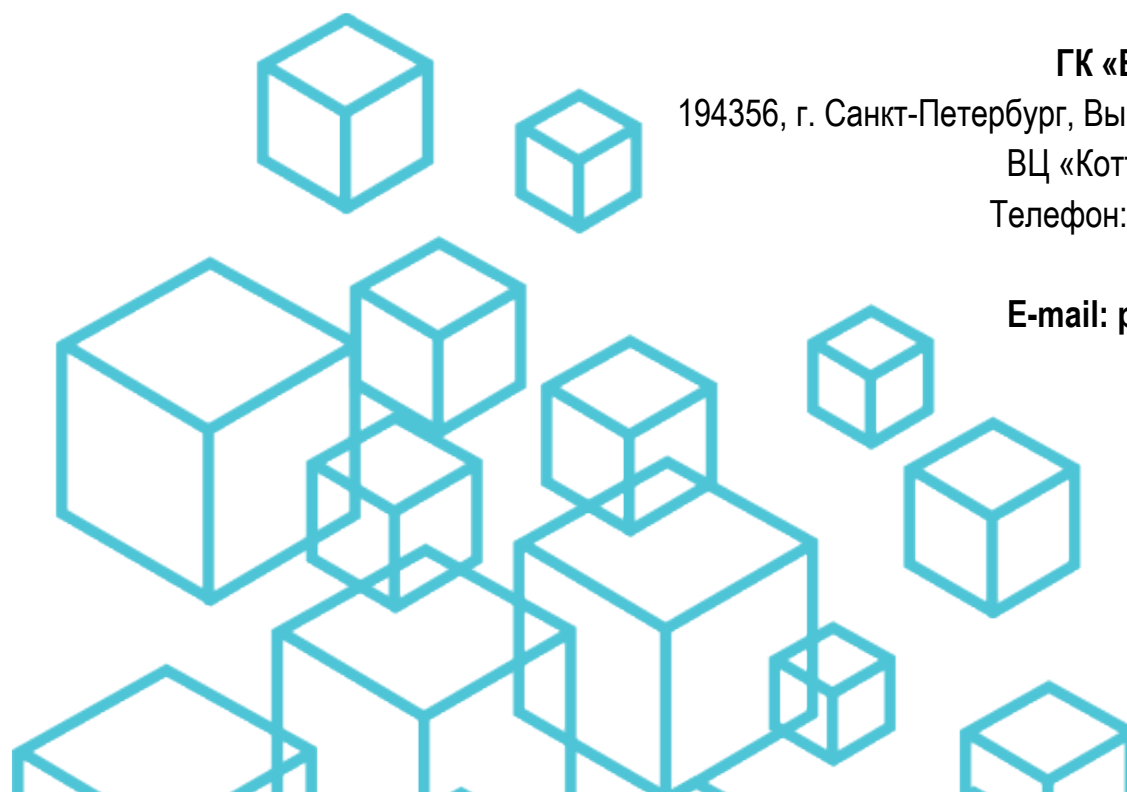
194356, г. Санкт-Петербург, Выборгское ш., 212,

ВЦ «Коттеджи в Озерках»

Телефон: +7(812) 635 7022

www.ptcvibro.ru

E-mail: ptc-vibro@mail.ru



ОАО НПП «Эталон», Омск

СИСТЕМА ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ С ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ ПО РАДИОКАНАЛУ

Автор:

Еремин И. И., заместитель генерального директора

Развитие транспортной инфраструктуры северных регионов РФ и реализация национальных нефтегазовых проектов XXI века тесным образом связаны с развитием новых крупных центров добычи углеводородного сырья и формированием новых систем магистрального трубопроводного транспорта газа, конденсата и нефти [1].

Безопасность функционирования объектов железнодорожного и нефтегазового комплекса на территориях распространения многолетнемерзлых пород во многом определяется эффективностью систем мониторинга опасных геокриологических процессов, развитие которых связано как с природными факторами, так и с влиянием самих технических объектов. В зависимости от комплекса природных факторов, формирующих геокриологические условия, грунты могут находиться в многолетне – и сезонномерзлом, сезонноталом, талом и переохлажденном состояниях, а, следовательно, обладать различными прочностными и деформационными свойствами [3]. Исходя из этого возникает необходимость изучения свойств и проведения геотехнического мониторинга грунтов, в состав которого входит наблюдение за температурным и гидрогеологическим режимами с целью изучения состояния грунтов оснований, оценка их несущей способности и возможных деформаций.

Согласно комплексному анализу данных метеостанций и геокриологических стационаров для севера России возможные изменения трендов температуры грунтов охватывают широкий диапазон – от 0,004 до 0,05 °C/год (средние для всего региона значения тренда составляют 0,03 °C/год).

Высокие тренды потепления грунтов, так же как и воздуха, наблюдаются в центральной части Западной Сибири, в Якутии и на юге Красноярского края [2].

В настоящее время широкий круг ученых-климатологов и геокриологов отмечает, что за последние 20-25 лет температура воздуха в области криолитозоны повысилась на 0,2-2,5 °C. Повышение температуры верхних горизонтов мерзлых пород за этот период достигает 1,0-1,5 °C и распространяется до глубины 60-80 м. По различным оценкам прогнозируемое повышение температуры воздуха на Севере в первой четверти XXI в. составит 1,0-2,0 °C и может достичь 3-4 °C к середине столетия. При таком потеплении климата произойдет существенное сокращение площади сплошных мерзлых пород в Северном полушарии и южная граница их распространения в Западной Сибири может отодвинуться на север на 200-500 км.

Можно сделать вывод, что изменение теплового баланса многолетнемерзлых пород под воздействием инженерных сооружений и глобального потепления климата становится одним из основных факторов, определяющих устойчивость инженерных сооружений.

Деградация мерзлых пород приводит к резким изменениям условий функционирования оснований и фундаментов, поскольку прочностные и деформационные свойства грунтов напрямую зависят от температуры.

В результате недостаточного учета особенностей геокриологических условий и их природных и техногенных изменений происходят многочисленные деформации сооружений, иногда даже аварийного характера.

В этом направлении, на наш взгляд, необходимо контролировать, а где то и управлять, температурным режимом грунтов в процессе эксплуатации объектов.

Осуществлять термостабилизацию грунтов оснований можно с помощью вентилируемого подполья, теплозащитных экранов, сезонно-действующих охлаждающих установок (горизонтального и вертикального типов), а также охлаждающих установок круглогодичного действия.

Таким образом, одной из главных проблем успешного проектирования объектов в северо-восточной части РФ является разработка и промышленное применение новых адекватных технических решений по контролю и управлению температурным режимом грунтов оснований различных сооружений.

В связи с этим ОАО НПП «Эталон» разработало системы мониторинга температур протяженных объектов.

Разработанные системы мониторинга предназначены для полевого определения температуры грунтов по ГОСТ 25358-2012, где требуется получить данные о температурном состоянии грунтов. Внедрение разработанных технических решений позволяет повысить точность измерений и надежность, упростить существующие системы мониторинга температур, расширить области их применения.

Разработчики ОАО НПП «Эталон» предприняли попытку устранить недостатки известных систем мониторинга температур, таких как: сложность, дороговизна, низкая точность измерений и слабая герметичность, которая приводит к отказу устройств в условиях промышленной применяемости.

Архитектура разработанных измерительных систем очень гибкая и позволяет в зависимости от поставленной задачи осуществлять оперативный, автономный или непрерывный мониторинг температуры грунта под основаниями зданий и сооружений, вдоль земляного полотна железных дорог, тем самым обеспечивая работоспособность и безопасность функционирования объектов в условиях вечной мерзлоты.

Для проведения оперативных замеров используется комплект оборудования состоящий из контроллера ПКЦД-1/100 и термокосы МЦДТ 0922, представленных на рисунке 1. ПКЦД-1/100 позволяет устойчиво считывать показания термокос с интервалом опроса от 10 секунд до 1 часа, а также сохранять информацию об измеренной температуре каждого датчика в термокосу в энергонезависимую память прибора. Термокоса МЦДТ 0922 обладает малой тепловой инерцией, кабель сохраняет гибкость при эксплуатации даже в условиях отрицательных температур.



Таким образом, пользователь может разместить на различных объектах (в термометрических скважинах) несколько десятков термокос и в течении 10...40 мин провести замеры, оценить результаты и сохранить данные с термокосы о температуре каждого объекта с помощью одного контроллера ПКЦД-1/100 с последующей передачей и обработкой на ПК.

Для проведения автономных замеров температурных полей удаленных и труднодоступных объектов (термометрических скважин) используется комплект оборудования, состоящий из логгера ЛЦД-1/100 и термокосы МЦДТ 0922 или МЦДТ 1201. Логгер совместно с термокосой размещается в термометрической скважине ниже уровня земли и работает автономно в течение нескольких лет.

Рис. 1 – Термокоса (МЦДТ 0922) с контроллером (ПКЦД-1/100)



Вариант размещения данной системы в термометрической скважине представлен на рисунке 2. Измеренные значения температуры с термоксы записываются на карту памяти формата MicroSD, расположенную внутри логгера. Сбор данных проводится путем извлечения карты из логгера, либо ее заменой на новую, либо копированием файла с данными на ПК виде архива.

Время непрерывной работы логгера с термоксовой без замены элемента питания зависит от количества одновременно подключаемых датчиков и периода проведения измерений. Например, при сохранении измерений два раза в сутки с термоксы, состоящей из 10 датчиков, логгер автономно без замены питания проработает около 10 лет.

Для решения задач непрерывного мониторинга температуры и оповещения об ее критических изменениях под зданиями и сооружениями, рекомендуется использовать систему СТМ ПО, представляющую собой совокупность контроллеров СКЦД-6/200, подключенных к распределительному блоку БРИЗ с использованием линии связи RS-485, и термоксов МЦДТ 0922 и (или) МЦДТ 1201. К каждому контроллеру можно подключить от одной до шести термоксов, содержащих суммарно до 200 датчиков. Схема возможной реализации системы СТМ ПО приведена на рисунке 3.

Рис. 2 – Размещение в скважине термоксы с логгером

Порядок подключения термоксов произвольный, контроллер сам определяет конфигурацию получившейся системы и проводит сканирование каналов для обнаружения подключения/отключения термоксов с интервалом 5 секунд.

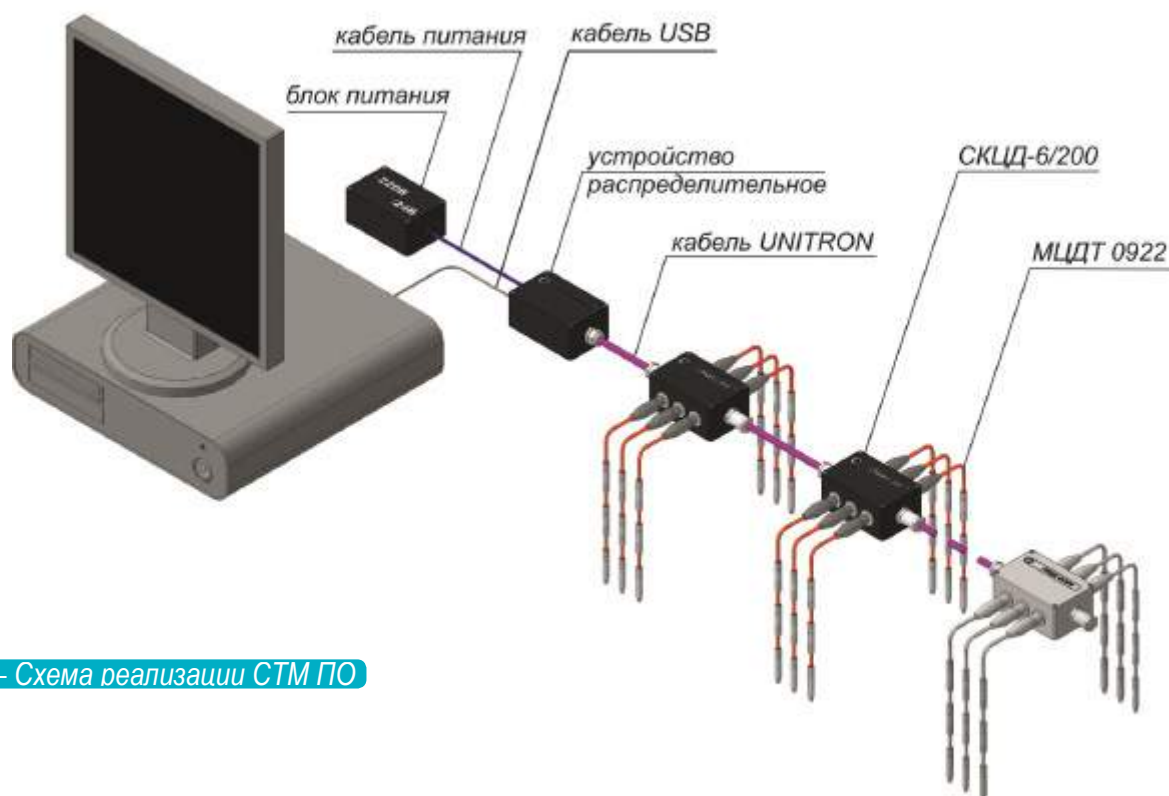


Рис. 3 – Схема реализации СТМ ПО

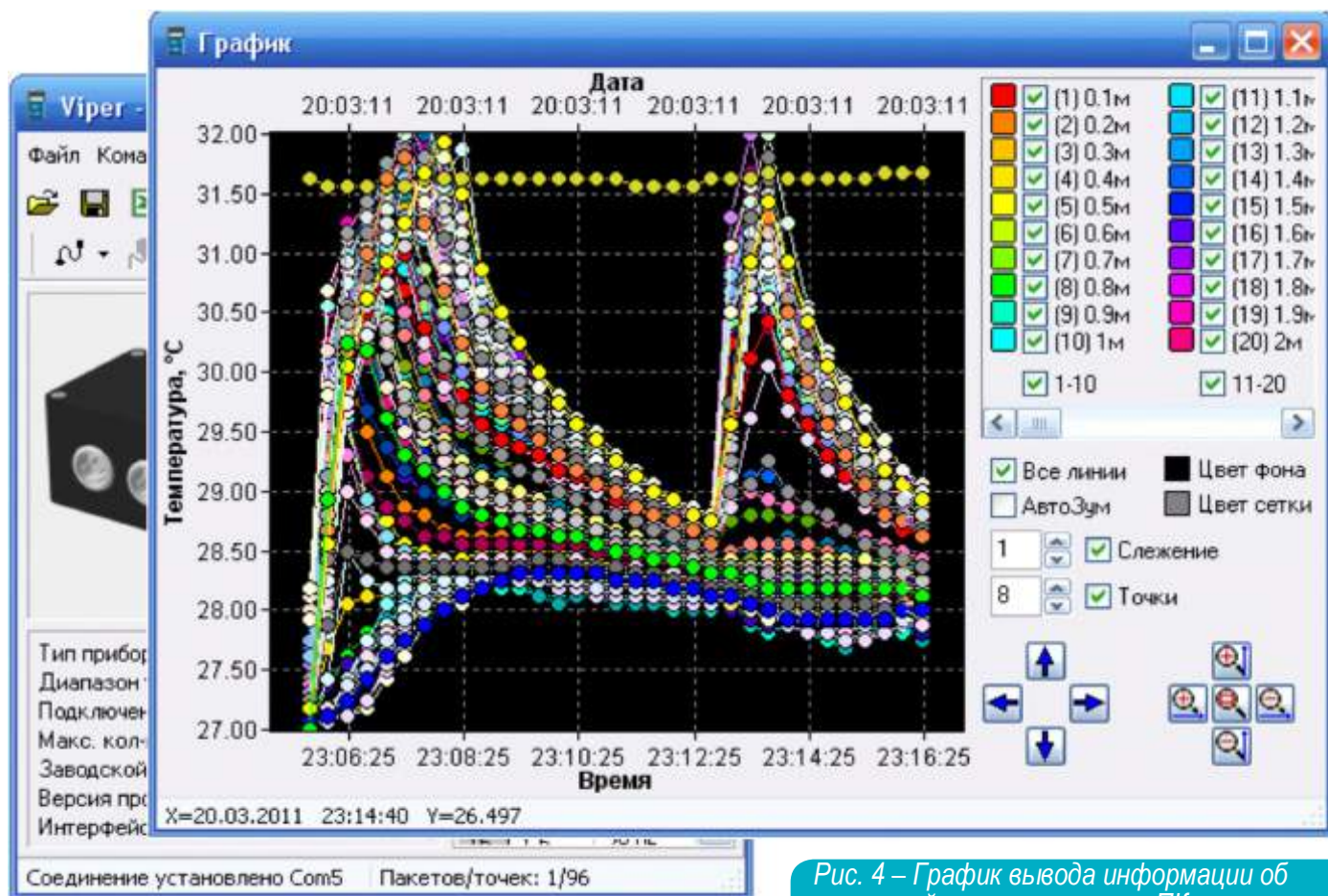


Рис. 4 – График вывода информации об измеряемой температуре на ПК

Связь между STM ПО и компьютером обеспечивается путем подключения БРИЗ к ПК при помощи кабеля интерфейсного USB.

На рисунке 4 представлен один из графиков вывода информации об измеряемой температуре на ПК, позволяющий в реальном времени отслеживать малейшие изменения температуры и сигнализировать, если ее величина превысила допустимую норму.

Таким образом, рассмотрев возможные варианты реализации мониторинга температуры грунтов, необходимо отметить, что совместно со специалистами Мерзлотной станции Центра ИССО ОАО РЖД в октябре 2012 г. организовано испытание трех комплектов автономного варианта системы мониторинга температуры на объекте земляного полотно «Км 2339» перегона Курьян-Тында.

Температурный мониторинг объекта начат Мерзлотной станцией сразу после строительства охлаждающей скальной конструкции в 1991 г. Наблюдения за температурами грунтов выполняются два раза в год на моменты максимального оттаивания (осень) и максимального промерзания (весна).

В октябре 2012 г. в две скважины установлены логгеры ЛЦД-1/100 и термокосы МЦДТ 0922. Скважина № 6 расположена на правой бровке насыпи со скальной конструкцией на откосе (рисунок 5), скважина № 9 находится в полевых ненарушенных условиях. Периодичность измерений температур логгерами – четыре раза в сутки.

Анализ работы логгеров за годовой цикл показал:

- высокую точность и надежность приборов. За годовой период не зафиксировано ни одного сбоя. Сравнение температур, измеренных термокосами Мерзлотной станции в 2011 г. и логгерами ЛЦД-1/100 с термокосами МЦДТ 0922 в 2012 г., на глубинах ниже глубины нулевых годовых колебаний температур показало сходимость в пределах погрешности измерений ± 0.1 °С (таблица 1);

Охлаждающая конструкция низкого качества (не выдержана крупность камня, большой процент содержания мелкозема, низкая морозостойкость камня)



Рис. 5 – Погружение логгера и термокосы в скважину № 6, май 2013 г., «Км 2339» перегона Курьян-Тында

- долгий срок автономной работы. За год падение напряжение литиевого элемента питания составило 0.1 В. Если скорость разрядки элемента питания сохранится, срок автономной работы без замены батареи составит не менее 8 лет.

- исключение ошибок измерений, обусловленных человеческим фактором. Таких как: опускание термокосы на разную глубину в различные годы, «недовыстойка», ошибки переноса данных в полевой журнал и т.д.

Непрерывные измерения логгера в связке с термокосой в течение годового цикла дали качественно новую информацию о температурном режиме объекта земляного полотна:

- определена фактическая глубина зоны нулевых годовых колебаний температур (таблица 1), которая в скважине № 6 составила 13 м;
- в скважине № 7 «плато» температур 0 °С при замерзании и оттаивании грунта держалось

четыре декады, что обусловлено фазовыми переходами воды в лед и обратно и свидетельствует о высокой влажности грунта (рис. 7);

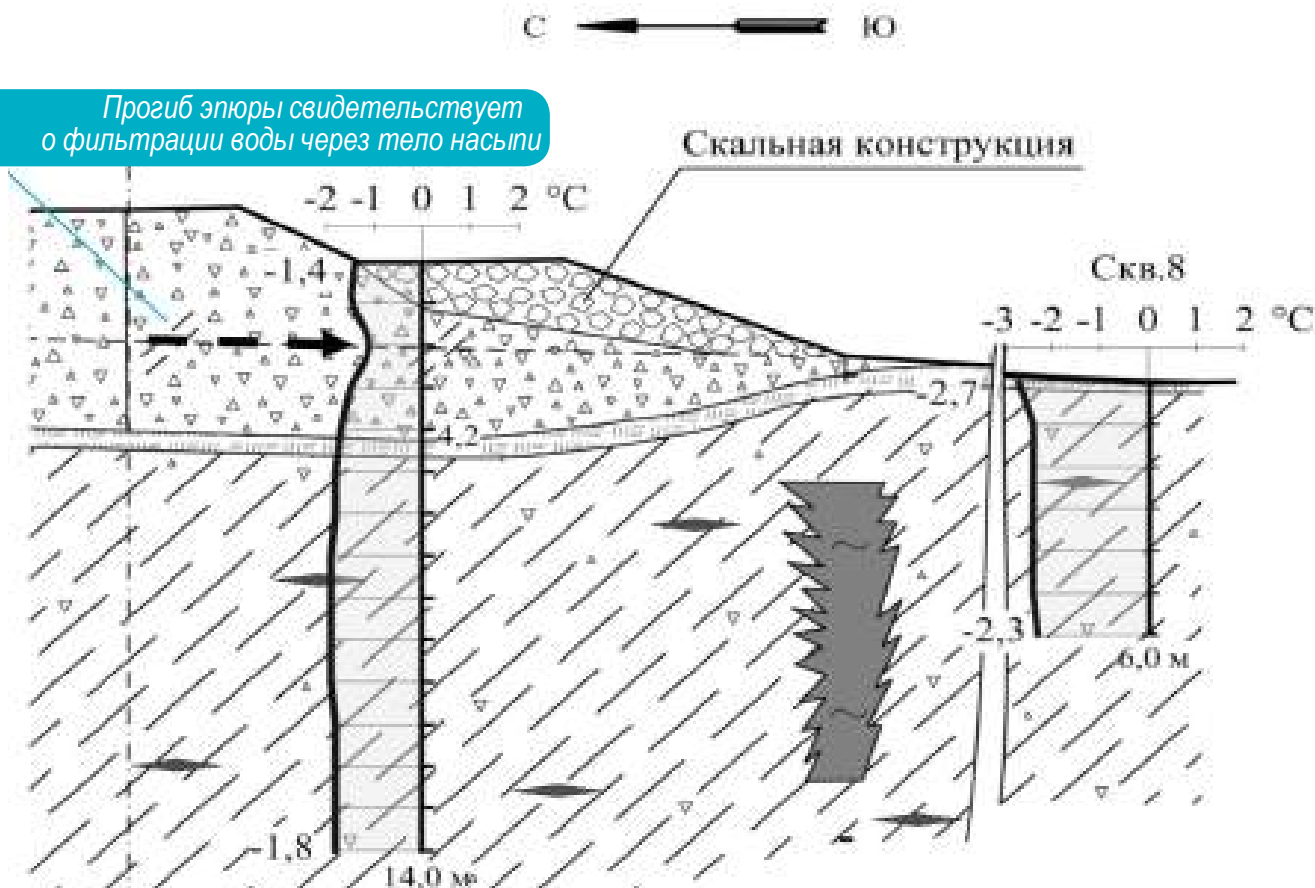


Рис 6. – Эюры среднегодовых температур грунтов

• наглядно видно отставание экстремумов температурных волн нижних горизонтов от верхних слоев (рис. 7);

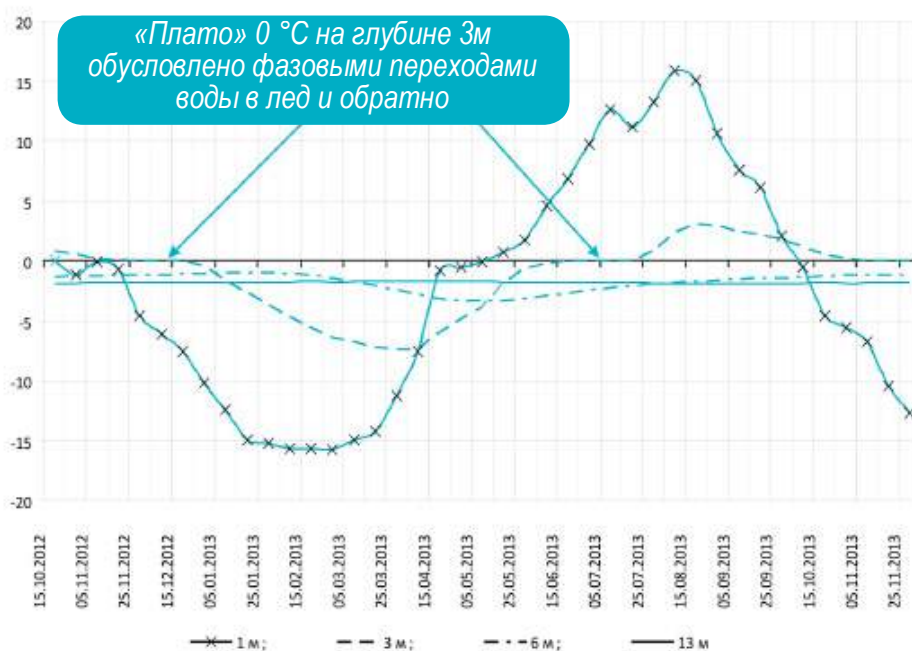


Рис. 7 – Изменение во времени температур грунтов на различных глубинах в скв. №7 с 15.10.2012 по 25.11.2013 гг., «Км 2339» перегона Курьян-Тында ДВост.жд

- стало возможным вычислить среднегодовые температуры грунтов (рис.6). Если среднегодовая температура на поверхности элемента земляного полотна отрицательная, деградация мерзлоты не происходит, а если температура $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше – происходит оттаивание многолетней мерзлоты. Эта информация позволяет определить эффективность любых охлаждающих мероприятий.

- анализ среднегодовых температур на «Км 2339» (рис. 6) показал, что в полевой скважине № 8 температуры грунтов понижаются.

В скважине № 6 среднегодовая температура поверхности охлаждающей скальной конструкции составляет $-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как расчетная температура поверхности равняется $-2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о низком качестве охлаждающей конструкции.

Прогиб эпюры среднегодовых температур грунтов в скважине № 6 на глубине 3 м говорит о фильтрации воды через тело насыпи небольшой интенсивности.

По результатам температурного мониторинга можно сделать следующие выводы. Несмотря на снижение эффективности охлаждающей скальной конструкции на 50% и фильтрацию воды через тело насыпи, оттаивание земляного основания не происходит (Рис. 8).

Для предотвращения деформаций насыпи необходимо построить гидроизолированную канаву с левой стороны полотна от водораздела до ИССО, достроить охлаждающие скальные конструкции на примыкающих нестабильных участках пути (Рис. 8).

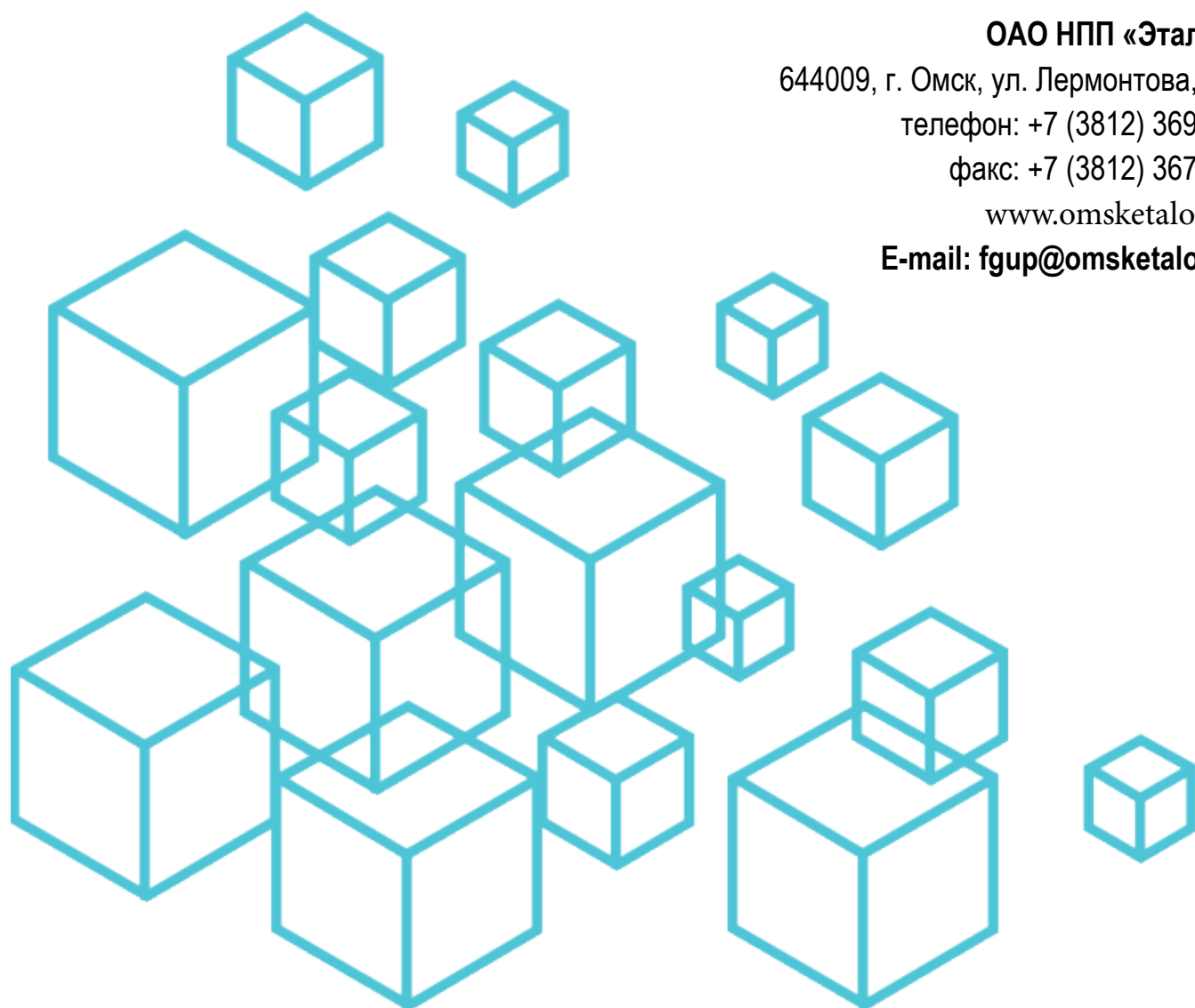


В перспективе Мерзлотная станция Центра ИССО планирует использовать информацию с логгеров ЛЦД-1/100 и термокос МЦДТ 0922 для последующей оценки динамики изменения среднегодовой температуры с целью прогноза изменения температурного режима оснований сооружений, оценки эффективности охлаждающих мероприятий за один годовой цикл, корректировки исходных данных для повышения точности теплотехнических прогнозов и т.д.

Следует отметить необходимость разработки методов математической обработки качественно новой информации с логгеров, что в перспективе позволит получать дополнительную практическую пользу.

Список литературы:

1. Попов А.П., Милованов В.И., Жмулин В.В., Рябов В.А., Бережной М.А. К вопросу о типовых технических решениях по основаниям и фундаментам для криолитозоны // *Инженерная геология*, 2008, сентябрь, с. 22-38.
2. Павлов А.В., Малкова Г.В. Мелкомасштабное картографирование трендов современных изменений температуры грунтов на севере России // *Криосфера Земли*, 2009, т. XIII, №4, с. 32-39.
3. Корниенко С.Г. Изучение и мониторинг мерзлых грунтов с использованием данных космической съемки // *Материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой отрасли»*.
4. Минкин Марк *Строительство нефтегазовых объектов на Севере // Материалы семинара «Вопросы проектирования фундаментов на особых грунтах. Новые геотехнические конструкции и методы их расчетов»*, 2010.



ОАО НПП «Эталон»

644009, г. Омск, ул. Лермонтова, 175

телефон: +7 (3812) 369 453

факс: +7 (3812) 367 882

www.omsketalon.ru

E-mail: fgup@omsketalon.ru

ООО «Симмэйкерс», Москва

ИННОВАЦИИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Автор:

Гишкелюк И. А., директор по науке, кандидат технических наук

Проектирование фундаментов, трубопроводов, скважин и других сооружений на вечномёрзлых грунтах включает расчет теплового режима грунтов и обоснование мероприятий, обеспечивающих соблюдение теплового режима в процессе строительства и эксплуатации. Для решения этой задачи необходимо использовать программное обеспечение для математического моделирования тепловых процессов в грунтах с учетом фазовых превращений «лед-вода». Для математического описания теплового режима грунтов предложено используется **нелинейное уравнение теплопроводности вида:**

$$\left(C(T) + \rho_b L \frac{\partial w_w(T)}{\partial T} \right) \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(-\lambda(T) \nabla T) + C_w \mathbf{u} \nabla T = 0, (1)$$

где T – температура; $C(T)$ – зависимость объемной теплоемкости грунта от температуры; $w_w(T)$ – зависимость количества незамерзшей влаги в грунте от температуры; ρ_b – плотность грунта; L – удельная теплота фазового перехода; t – время; $\lambda(T)$ – зависимость теплопроводности грунта от температуры; C_w – объемная теплоемкость воды; \mathbf{u} – вектор скорости фильтрации грунтовых вод.

В данном уравнении учтен конвективный перенос тепла в грунте, поскольку при значительных скоростях фильтрации влаги в грунте тепловой поток за счет конвекции соизмерим с тепловым потоком за счет кондукции. В качестве зависимости теплоемкости $C(T)$, теплопроводности $\lambda(T)$ и количества незамерзшей воды $w_w(T)$ в уравнении (1) можно использовать любую таблично заданную функцию. С другой стороны в предложенную модель заложена возможность вычисления зависимости теплоемкости, теплопроводности и количества незамерзшей воды от температуры в соответствии с выражениями из СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах».

Для учета теплового взаимодействия грунта с инженерным сооружением и атмосферой к уравнению теплопроводности (1) **формулируется граничное условие вида:**

$$\mathbf{n} \cdot (-\lambda \nabla T) + \alpha_b (T_b - T) + \alpha_c (T_c - T) + q = 0$$

где α_b – коэффициент теплообмена между грунтом и атмосферой; T_b – температура воздуха; α_c – коэффициент теплообмена между грунтом и инженерным сооружением; T_c – температура инженерного сооружения; q – тепловой поток на границе области моделирования.

Здесь следует отметить, что значение коэффициентов теплообмена пользователям программного обеспечения для теплотехнических расчетов часто не известно. В связи с этим

в предлагаемой математической модели имеется возможность вычисления коэффициентов теплообмена между инженерным сооружением и грунтом с использованием следующих уравнений:

- для сооружений с плоской конструкцией теплоизоляции между грунтом и сооружением (фундаменты, основания резервуаров и др.):

$$\alpha_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{liq}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)}$$

, где α_{liq} – коэффициент теплопередачи от газа или жидкости, при наличии (например, нефти в резервуаре), к слою теплоизоляции; δ_i – толщина i -го слоя изоляции; λ_i – теплопроводность i -го слоя изоляции.

- для сооружений с трубчатой конструкцией теплоизоляции между грунтом и сооружением (трубопроводы, скважины и др.):

$$\alpha_c = \frac{1}{d_{n+1} \left(\frac{1}{\alpha_{liq} d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)}$$

, где α_{liq} – коэффициент теплопередачи от газа или жидкости (например, нефти в трубопроводе или скважине) к стенке трубы; λ_i – теплопроводность материала i -ой стенки; d_{i+1} и d_{n+1} – наружный диаметр трубы; d_i и d_1 – внутренний диаметр трубы, равный $d_i = d_{i+1} - \delta_i$; δ_i – толщина i -й стенки.

Для вычисления коэффициента теплообмена между грунтом и атмосферой в зависимости от скорости ветра возможно использовать уравнение:

$$\alpha_v = \begin{cases} 6.16 + 4.19 v & 0 < v < 5 \\ 7.56 v^{0.78} & 5 < v < 30 \end{cases}$$

, где v – скорость ветра.

Нелинейное уравнение теплопроводности (1) допускает аналитическое решение только в частном одномерном случае. Рассмотрение же трехмерного случая требует использования численных методов. В настоящее время для численного решения нелинейного уравнения теплопроводности (1) известно много методов. Основным требованием, предъявляемым к численным методам, является осуществление решения уравнения теплопроводности с требуемой точностью за приемлемое время. При этом задача усложняется тем что, при модели-

ровании теплового взаимодействия сооружения с вечномерзлым грунтом с требуемой точностью часто требуется дискретизация рассматриваемой области в несколько миллионов ячеек расчетной сетки. Такое количество ячеек в расчетной сетке объясняется следующим:

- большой размер расчетной области требует большого количества ячеек для её дискретизации;
- увеличение размера ячейки также ограничено, так как ее максимальный размер зависит от геометрических размеров элементов, находящихся в расчетной области, – толщины теплоизоляционных материалов, геометрических размеров элементов сооружений (диаметр трубопроводов, скважин и др.), границы различных грунтов и др.;
- необходимо выполнять учащенную дискретизацию области, где грунт переходит из талого состояния в мерзлое, т.к. увеличение размера ячеек расчетной сетки на границе фазового перехода приводит к резкому увеличению погрешности численного решения.

В свою очередь решение нелинейного уравнения теплопроводности на расчетных сетках, состоящих из нескольких миллионов узлов, требует очень больших вычислительных ресурсов, в том числе большое количество процессорного времени и большой объем оперативной памяти. Именно по этой причине такие широко известные программные комплексы, такие как ANSYS, ABAQUS и COMSOL, не в состоянии решать подобные задачи. В этих программах для численного решения нелинейного уравнения теплопроводности используется неявная формулировка метода конечных элементов. Преимущество неявной численной схемы заключается в возможности использования значительно большего шага по времени из-за безусловной устойчивости схемы, что позволяет сократить время расчета. Однако при решении задач промерзания и растепления грунта имеет место резкое изменение свойств материалов в результате фазовых превращений. В связи с этим для неявной схемы нельзя применять большие шаги по времени из-за проблемы сходимости. При этом данная численная схема требует решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) на каждом временном шаге и на каждой итерации по нелинейности. Решение СЛАУ – это наиболее сложная вычислительная задача во всем процессе расчета, которая обладает слабой степенью параллелизации и требует больших вычислительных ресурсов. Использование чисто явной схемы (как, например, это сделано в программе «TermoStab 67-87») связано с проблемой устойчивости этой численной схемы. Для устойчивости явной схемы необходимо использовать небольшой шаг по времени, что не позволяет за приемлемое время осуществить прогноз температурного режима грунтов на несколько лет. Таким образом, получается, что использование существующих методов моделирования тепловых процессов либо вообще не позволяет найти решение нелинейного уравнения теплопроводности на расчетных сетках, состоящих из нескольких миллионов узлов, либо требует для нахождения решения осуществления вычислений в течение нескольких дней.

В связи с этим математическое моделирование тепловых режимов вечномерзлых грунтов потребовало разработки инновационных методов решения нелинейного уравнения теплопроводности. Разработанный численный метод базируется на совместном использовании неявной и явной аппроксимации производной по времени в уравнении теплопроводности. Суть метода заключается в следующем. Моделируемая область разбивается на несколько подобластей. Для каждой подобласти вычисляется шаг по времени, обеспечивающий устойчивость явной схемы и оценивается ее вычислительная сложность. Также оценивается сходимость

и вычислительная сложность неявной схемы. В результате для численного решения нелинейного уравнения теплопроводности в данной подобласти используется схема (явная или неявная), обладающая меньшей вычислительной сложностью. Выбор между двумя схемами для каждой из подобластей позволяет использовать вычислительные преимущества обеих схем. В одних подобластях, в которых отсутствуют фазовые превращения, предпочтительней использование неявной схемы, а в других (в которых имеют место фазовые превращения) – явной схемы.

Еще больше сократить время расчета при сохранении точности численного решения нелинейного уравнения теплопроводности позволило распараллеливание разработанной численной схемы, обладающей большой степенью параллелизации, под графические процессоры. При распараллеливании разработанного нами численного метода под графические процессоры происходит существенное сокращение времени решения тепловой задачи – более чем в 10 раз (рисунок 1). Для сравнения – в современных программах для моделирования ABAQUS и ANSYS перенос вычислений с 8-ми ядерного центрального процессора (CPU) на 442 ядра графического процессора (GPU) показывает небольшое сокращение времени расчета – максимум в 2.4 раза (рисунок 1). Это обусловлено меньшей степенью параллелизации используемых в этих программах численных методов, в сравнении с предлагаемым нами инновационным методом.

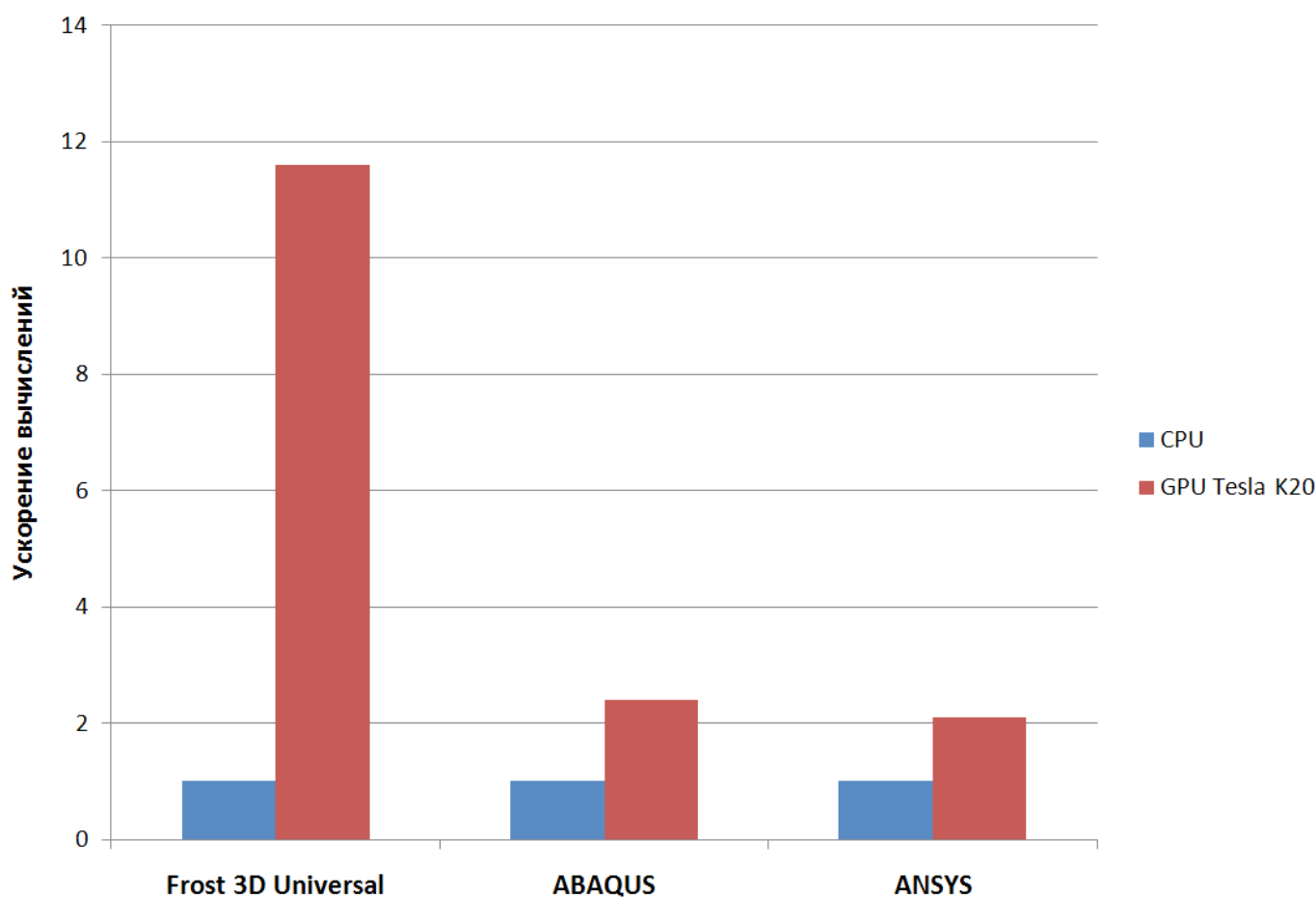


Рисунок 1. Ускорение расчета при моделировании тепловых процессов за счет параллелизации вычислений под графические ускорители

На практике разработанный инновационный метод математического моделирования тепловых режимов вечномёрзлых грунтов позволяет осуществлять многолетний прогноз теплового режима грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений для участков, имеющих большие пространственные масштабы. Такие задачи возможно решать в программном комплексе «Frost 3D Universal», в котором внедрен предлагаемый инновационный метод.

На рисунке 3 представлены результаты моделирования теплового режима грунтов под сооружениями и трубопроводами нефтеперекачивающей станции (рисунк 2). Размер моделируемой области – 500x400 метров, прогноз осуществлялся на 5 лет. Время выполнения данного расчета с использованием разработанного инновационного метода составило менее 3-х часов.

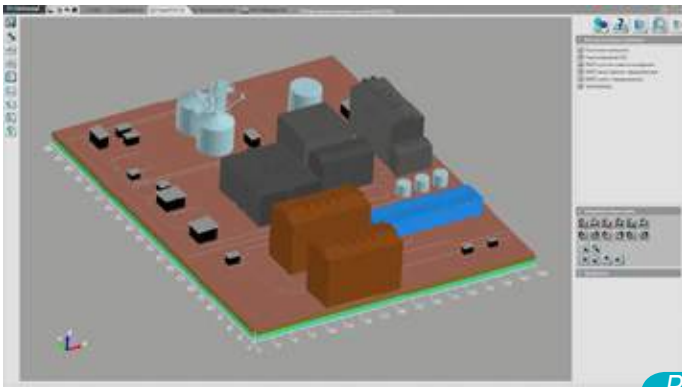


Рисунок 2. Расположение объектов нефтеперекачивающей станции

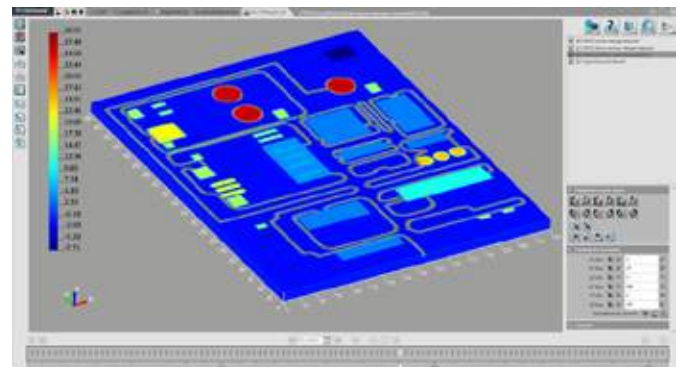


Рисунок 3. Распределение температуры в грунте под инженерными сооружениями нефтеперекачивающей станции (резервуарами, зданиями, трубопроводами и др.)



ООО «Симмэйкерс»
107023, Россия, Москва
ул. Малая Семеновская, д. 11 стр.5
Тел.: +7 (495) 772 54 07
www.simmakers.ru
e-mail: gishkeluk@simmakers.com

ООО «Симмэйкерс», Москва

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСТЕПЛЕНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В ПРОГРАММЕ FROST 3D UNIVERSAL

Автор:

Евланов Д. В., генеральный директор

Программный комплекс Frost 3D Universal предназначен для трехмерного численного моделирования тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов и аналитического расчета осадки грунтового основания под сооружениями в условиях их температурного влияния на растепление грунта. Математический решатель в программе Frost 3D Universal базируется на численном решении нелинейного уравнения теплопроводности с учетом фазовых превращений и конвективным переносом тепла. Применение программного комплекса необходимо при проектировании фундаментов зданий и сооружений, трубопроводов, нагнетающих и добывающих скважин, полотна автомобильных и железных дорог, возводимых на территории распространения многолетнемерзлых грунтов.

Для создания и расчета компьютерной модели в программе Frost 3D Universal пользователю необходимы следующие исходные данные:

1) Данные для построения трехмерной геометрической модели рассматриваемой области моделирования:

- а) инженерно-геологическое строение грунтов;
- б) чертеж строительных объектов и расположение теплоизоляционных материалов.

2) Теплофизические свойства грунтов: теплопроводность и объемная теплоемкость в талом и мерзлом состоянии, плотность, температура начала фазового превращения, суммарное влагосодержание, зависимость содержания влагосодержания от температуры

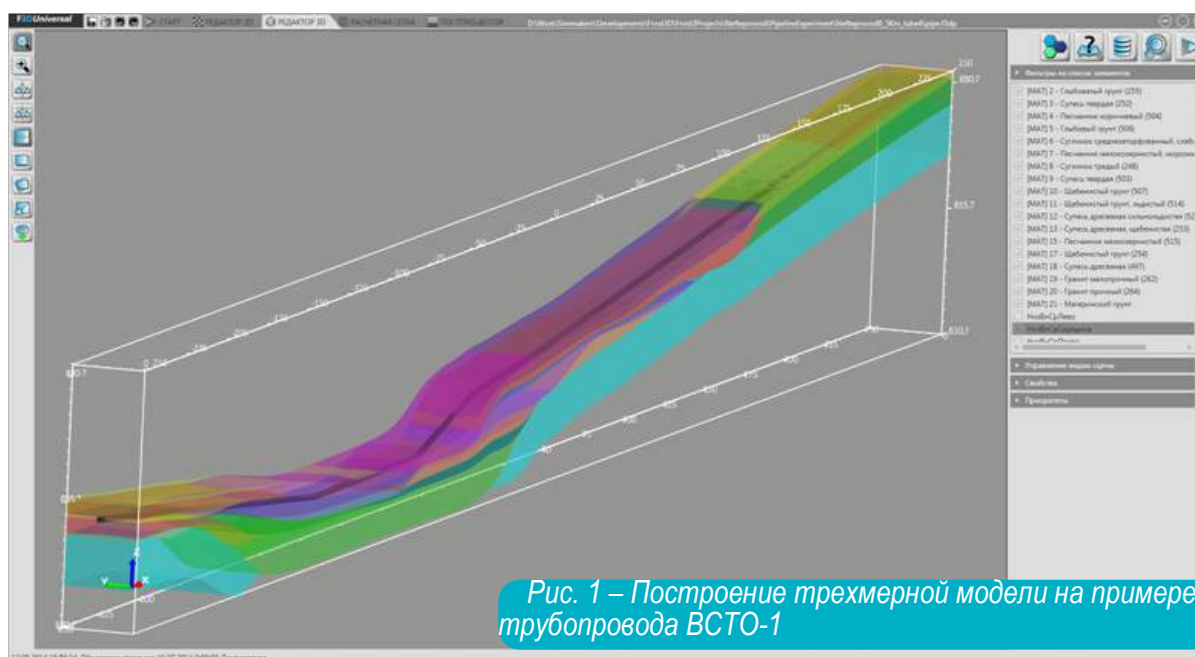


Рис. 1 – Построение трехмерной модели на примере участка трубопровода ВСТО-1

3) Теплопроводность, теплоемкость и плотность строительных материалов, включая теплоизоляционные материалы

4) Вертикальное распределение температуры в грунте на начало прогноза (данные по термометрической скважине).

5) Метеорологические данные: изменение температуры воздуха, скорости ветра на поверхности, изменение толщины снежного покрова во времени (если необходимо учесть влияние толщины снежного покрова).

Вышеперечисленные физические величины заносятся пользователем в базу данных.

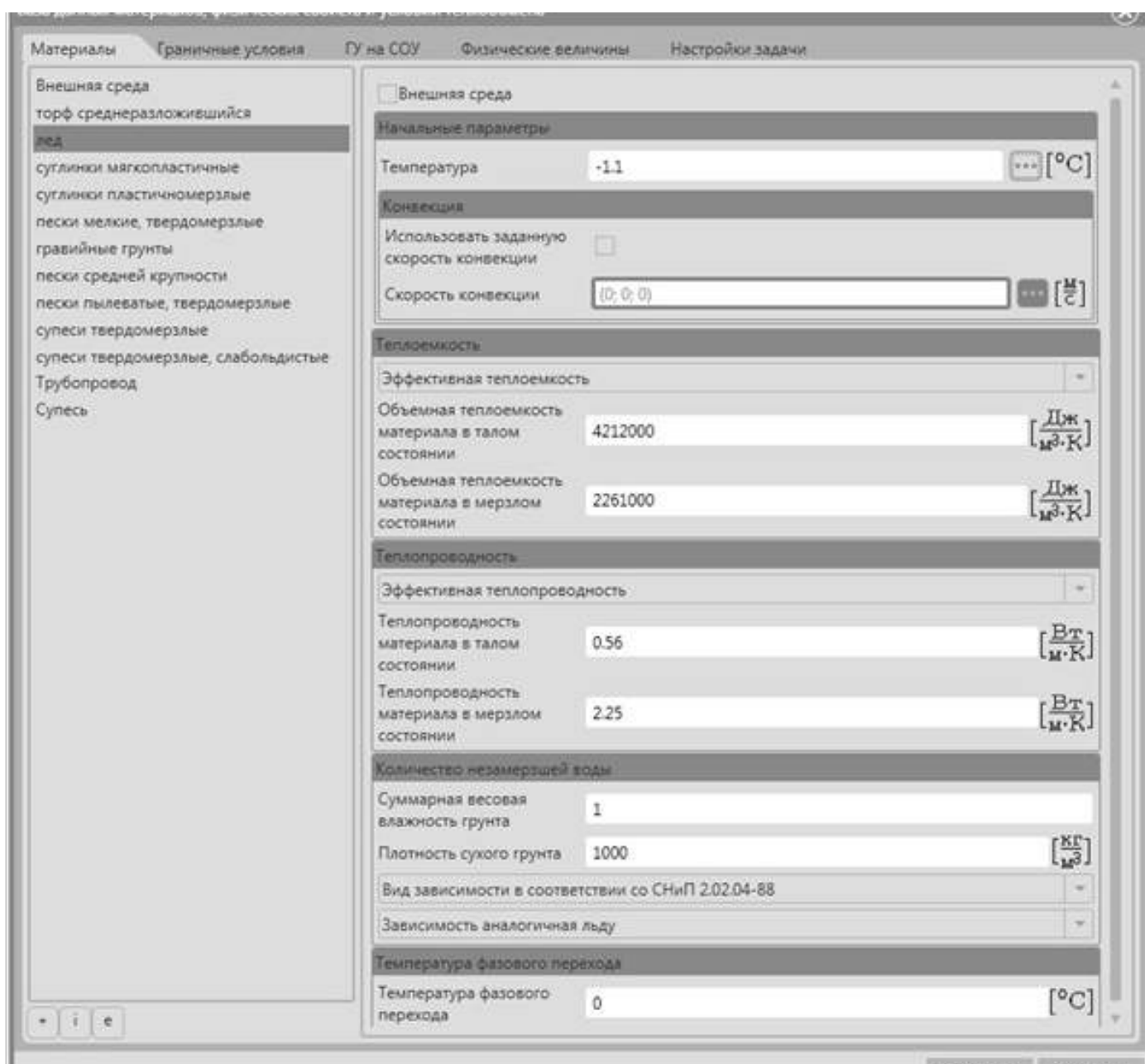


Рис.2 – База данных в программе Frost 3D Universal

После выполнения численного расчета пользователь получает в свое распоряжение ряд инструментов для анализа результатов моделирования:

- визуализация тепловых полей, содержания незамерзшей влаги и скорости фильтрации в трехмерном пространстве в динамике;
- создание произвольных сечений трехмерной модели и отображение распределения температур цветовой заливкой и в виде изолиний;
- построение графических зависимостей изменения температуры, влагосодержания и фильтрации от координаты или времени;
- автоматическая генерация MS Word отчетов с трехмерными изображениями, сечениями, графиками, зависимостями и таблицами; создание видео анимации с результатами теплового распределения на трехмерной модели.

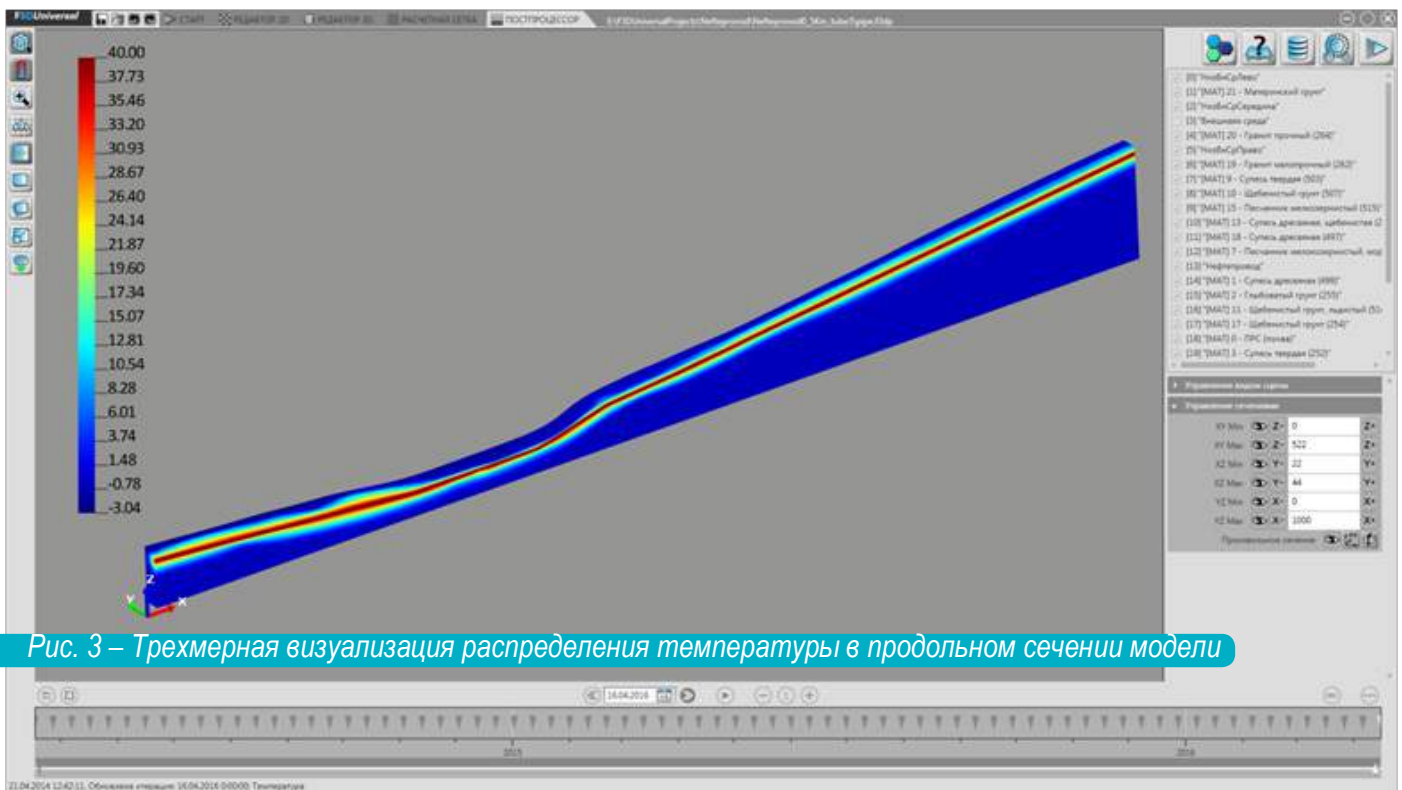


Рис. 3 – Трехмерная визуализация распределения температуры в продольном сечении модели

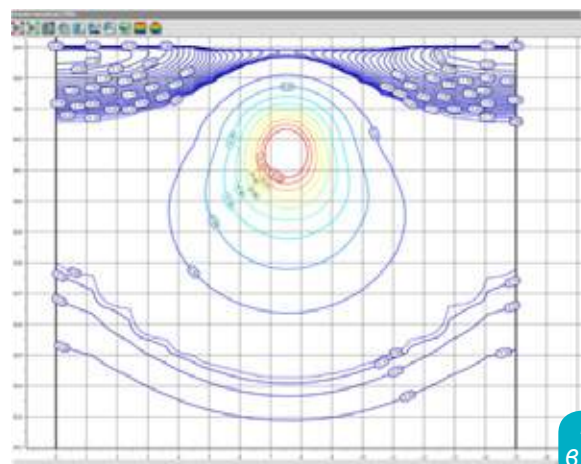


Рис. 4 – Распределение температуры в поперечном сечении в виде изолиний

Конкурентные решения и преимущества Frost 3D Universal

На сегодняшний день программный комплекс Frost 3D Universal является уникальным программным решением для трехмерного моделирования тепловых режимов мерзлых грунтов и по своим технологическим возможностям не имеет коммерческих аналогов на рынке программного обеспечения. В некоторых частных случаях для решения задач теплопередачи в грунтах можно использовать универсальные зарубежные программные комплексы для компьютерного моделирования, такие как Ansys, Abaqus, Nastran.

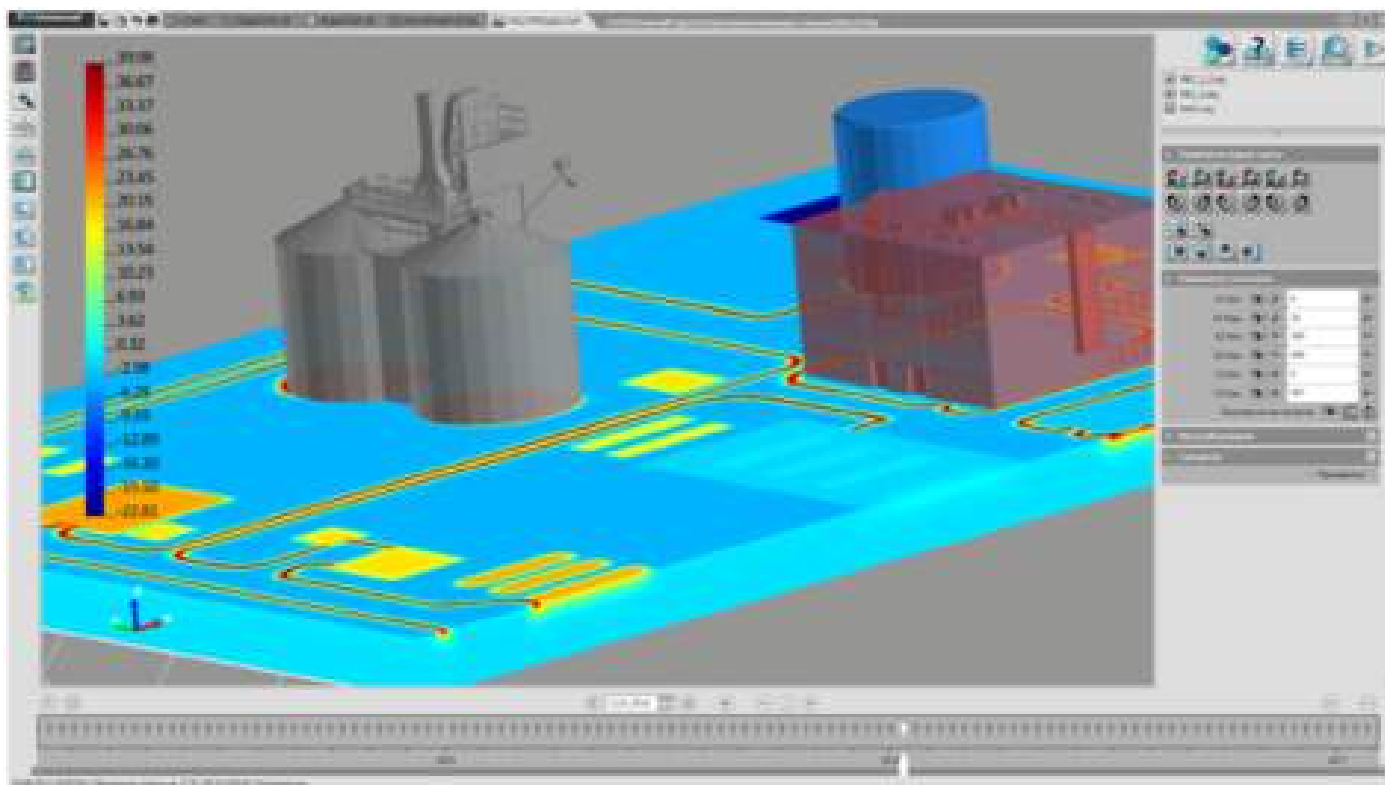


Рис. 5 – Расчет больших пространственных задач в программе Frost 3D Universal на примере нефтеперекачивающей станции, содержащей десятки зданий и километры трубопроводов.

Однако в проектной деятельности их применение сильно ограничено и даже не возможно по многим причинам, основные из которых:

1) Численные схемы, используемые в универсальных программных комплексах, не оптимизированы для решения тепловой задачи в грунтах с учетом фазовых превращений (задача Стефана), в результате чего получаемое решение становится негладкое, что приводит к расходимости итерационного процесса или к большим погрешностям.

2) Отсутствие в универсальных программах специализированных инструментов для построения сложных трехмерных геологий площадок, строительных объектов, термостабилизирующих устройств; задания для каждого грунта своих теплофизические свойства в зависимости от содержания незамерзшей влаги и др. Всё это приводит к чрезмерным затратам еще только на этапе построения модели, что является неприемлемым в проектной деятельности;

3) При решении задач промерзания и растепления грунтов часто необходимо моделировать тепловые процессы в областях, имеющих большие пространственные размеры (сотни ме-

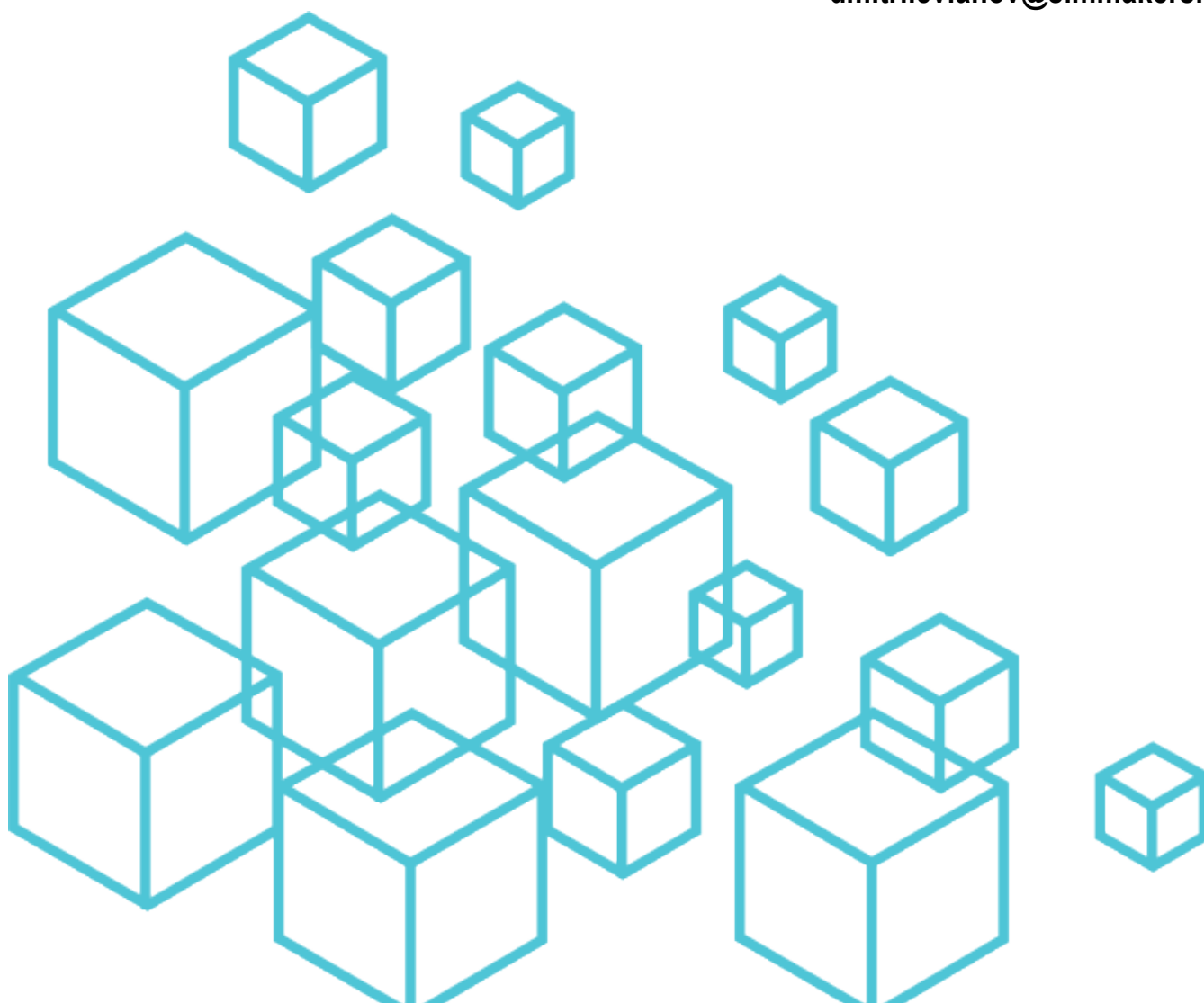
тров), которые содержат принципиальные для учета элементы небольших геометрических размеров (теплоизоляционные материалы, трубы скважин, нефтепроводов и газопроводов, термостабилизирующие грунт устройства и др.). Это приводит к необходимости создания расчетных сеток с десятками миллионов узлов. Моделирование тепловых процессов на таких сетках в универсальных программах конечно-элементного анализа сильно затруднено из-за неприемлемой длительности расчета (несколько дней), а на обычном персональном компьютере такие задачи вообще невозможно просчитать из-за нехватки оперативной памяти. Программный комплекс Frost 3D Universal имеет математические решатели, распараллеленные под графические ускорители, что позволяет осуществлять расчет тепловых задач на многомиллионных сетках за время на порядки меньшее, чем в других программах конечно-элементного анализа.

ООО «Симмэйкерс»

220005, Беларусь

г. Минск, ул. В.Хоружей, 1А-307

+375 (17) 286 33 17

www.simmakers.rudmitri.evlanov@simmakers.com

ОАО «Фундаментпроект», Москва

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР ТРУБОПРОВОДОВ ОБВЯЗОК ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Авторы:

Магомедгаджиева М.А., к.г.-м.н.; **Кутвицкая Н.Б.**, к.т.н.; **Рязанов А.В.**, к.г.-м.н.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов в процессе эксплуатации добывающих скважин под действием высоких температур движущегося по скважине газа или нефти вокруг их стволов происходит постепенное повышение температур грунтов и формирование ореолов оттаивания. Это приводит к развитию осадок грунтов, образованию приустьевых воронок и потере устойчивости свайных опор трубопроводов обвязок добывающих скважин. На практике это выливается в то, что значительные участки трубопроводов обвязок повисают на крановых узлах скважин, приводя к разгерметизации соединений на фланцах, что само по себе уже является аварийной ситуацией.

Тепловое влияние добывающих скважин на основания опор, расположенных в непосредственной близости трубопроводов обвязки, можно компенсировать с помощью охлаждения грунтов сезонно – или круглогодично действующими охлаждающими устройствами. Техническое решение, обеспечивающее устойчивость опор разработано и обосновано результатами прогнозных теплотехнических расчетов и внедрено в практику проектирования и строительства специалистами ОАО Фундаментпроект [1]. Оно представляет собой льдогрунтовую консольную конструкцию с вмороженными в нее свайными опорами, несущая способность свай и консоли в целом обеспечивается системой вертикальных парожидкостных термостабилизаторов. Возможность такого решения обусловлена способностью мерзлых грунтов воспринимать не только сжимающие, но и растягивающие усилия [2].

В настоящей публикации рассмотрен пример разработки технических решений по обеспечению устойчивости свайных опор трубопроводов обвязок газодобывающих скважин кустовых площадках одного из нефтегазовых месторождений Ямало-Ненецкого Автономного округа.

Инженерно-геокриологические условия

Инженерно-геокриологические условия кустовых площадок характеризуются распространением многолетнемерзлых грунтов (ММГ) сливающегося и несливающегося типов, при этом многолетнемерзлые грунты сливающегося типа имеют преимущественное распространение.

На основе анализа материалов инженерно-геологических изысканий в пределах рассматриваемой кустовой площадки выделены 2 типа инженерно-геокриологических условий (ИГУ). Обобщенные инженерно-геокриологические разрезы по выделенным типам ИГУ представлены на *рис. 1*.

Тип 1 – Многолетнемерзлые грунты представлены песками мелкими и средней крупности мерзлыми массивной криотекстуры с льдистостью <0.03 д.е.

Температура ММГ на глубине 10м (глубина нулевых годовых колебаний температур) изменяется от минус 0,2 до минус 0.7 °С.

Сезонноталый слой (СТС) представлен песком пылеватым, малой степени водонасыщения. Мощность сезонноталого слоя – 2,5м.

Тип 2 – ММГ несливающегося типа с залеганием кровли ММГ на глубине 4,0...15,0м.

Талые грунты представлены суглинками талыми от мягкопластичных до текучепластичных.

Многолетнемерзлые грунты представлены суглинками пластичномерзлыми.

Температура ММГ на глубине 10м (глубина нулевых годовых колебаний температур) варьирует от плюс 0,1 до минус 0,3 °С.

Сезонномерзлый слой (СМС) представлен суглинками мягкопластичными. Глубина СМС достигает до 2,6м.

Методика прогнозных теплотехнических расчетов

Прогнозные теплотехнические расчеты выполнены с использованием программы PROGNOZ, разработанной в ОАО Фундаментпроект [3], предназначенной для составления прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами и расчета несущей способности свай. Программа PROGNOZ соответствует требованиям нормативных документов РСН 67-87 [4], СП 25.13330.2012 [5]. Сертификат соответствия № РОСС RU.СП15.Н00737, выдан 16.07.2014г органом по сертификации программной продукции в строительстве РОСС RU.0001.11СП15.

Математическое моделирование осуществляется энтальпийным конечно-разностным методом на явной двухслойной сетке. Расчетная схема трехмерная.

Применение трехмерной расчетной схемы позволяет:

1 – учитывать изменчивость физико-механических и теплофизических характеристик грунта по глубине и простиранию;

2 – учитывать краевые условия теплообмена на верхней и нижней границах, различные в плане и во времени;

3 – учитывать тепловые источники (в том числе охлаждающие устройства) по любому направлению в пространстве;

4 – рассчитывать несущую способность любой сваи в пределах свайного поля.

Расчетная область моделирования представляет собой трехмерное пространство (параллелепипед), с размерами по глубине, по «длине» и «ширине» таковыми, что вмещают в плане рассматриваемый куст скважин и прилегающую территорию, на границе которой влияние тепловыделяющих скважин отсутствует.

Внутри расчетной области могут находиться внутренние источники (например, добывающие скважины) или стоки тепла (например, охлаждающие устройства), расположение которых фиксируется в условных координатах относительно нулевой координаты расчетной области.

В качестве исходных данных для прогнозных теплотехнических расчетов используются: типовые разрезы, теплофизические параметры грунтов, слагающих разрезы, среднегодовая температура грунтов основания, глубина сезонного промерзания-оттаивания, климатические характеристики, граничные и начальные условия, параметры и условия эксплуатации сооружений.

Результатом расчета является температурное поле по всему грунтовому массиву расчетной области, которое может быть получено для анализа на любой момент времени прогноза по заданному направлению плоского разреза вертикальной и горизонтальной плоскостью, а также несущая способность свайного основания.

Расчет на прочность несущей льдогрунтовой консоли выполнен по специальной программе «Консоль 1», разработанной д.г.-м.н. Гречищевым С. Е. в ОАО «Фундаментпроект». Напряженно-деформированное состояние льдогрунтовой консоли рассчитывается по трем группам предельных состояний. При оценке прочности основание принято как пластическое. Входные параметры для расчетов (радиус присважинного талика под промороженной консолью, длина и толщина промороженной зоны, температуры промороженных грунтов) получены по результатам прогнозных теплотехнических расчетов.

Исходные данные

Моделирование взаимодействия газодобывающей скважины с многолетнемерзлыми грунтами основания выполнены для температур в устье газодобывающей скважины, имеющих наиболее невыгодные условия.

При выполнении прогнозных теплотехнических расчетов теплового влияния скважин в качестве трехмерной расчетной области задан симметричный участок с 1 скважиной в центре. Размеры расчетной области в плане приняты равными 40.0x74.0м. Глубина расчетной области составляет 54.0 м.

Температура газа по всей длине скважины задана одинаковой, равной температуре в устье. Расчетными приняты максимальные температуры, температура газа в устье в процессе эксплуатации снижается от плюс 87°С в 2014г до плюс 52,8°С в 2030г, далее до 2044г температура газа задана постоянной (равной 52,8°С).

Прогнозные теплотехнические расчеты выполнены для типов ИГУ 1 (песчаный разрез) и 2 (суглинистый разрез) с глубиной залегания кровли 10м. Начальная температура грунтов на глубине нулевых годовых амплитуд задана равной минус 0,2 (1 тип ИГУ – ММГ сливающегося типа) и минус 0 °С (2 тип ИГУ – ММГ несливающегося типа). На нижней границе расчетной области температуры заданы равными минус 0,5 °С для 1 типа ИГУ и минус 0,3 °С для 2 типа ИГУ.

Под газовые скважины используется труба диаметром 340мм. Теплоизоляция добывающих скважин отсутствует.

Вертикальные нагрузки на сваю под обвязочные трубопроводы составляют 300кг.

Результаты прогнозных теплотехнических и прочностных расчетов

В процессе эксплуатации газодобывающих скважин на кустовых площадках под действием высоких температур движущегося по скважине продукта газа вокруг их стволов происходит постепенное растепление и оттаивание многолетнемерзлых грунтов. По результатам прогнозных теплотехнических расчетов радиус ореола оттаивания ММГ составляет 21м для песчаных и 15м для суглинистых грунтов (рис. 2, 3).

Следовательно, для предотвращения смыкания ореолов оттаивания грунтов вокруг скважин между собой, устья газодобывающих скважин в зависимости от инженерно-геокриологического разреза, должны быть расположены на расстоянии 30-42 метров.

Вследствие оттаивания ММГ происходит осадка грунтов, потеря несущей способности и устойчивости свайных опор газопроводов.

Для обеспечения устойчивости опор газопроводов и предотвращения осадок поверхности, образующихся в результате оттаивания мерзлых грунтов, вокруг эксплуатируемой газодобывающей скважины разработаны технические решения по термостабилизации грунтов, включающие в себя создание льдогрунтовой консоли с вмороженными в нее свайными опорами.

Параметры льдогрунтовой консоли подобраны по результатам прогнозных теплотехнических и прочностных расчетов, исходя из двух условий:

- обеспечения устойчивости льдогрунтовой консоли, вмещающей свайные опоры;
- обеспечения несущей способности свайных опор обвязки.

Расчетным для несущей способности и устойчивости льдогрунтовой консоли выбран 30-й год эксплуатации, когда формируется максимальный радиус ореола оттаивания грунтов вокруг скважин.

Результаты прогнозных теплотехнических расчетов показали, что под охлаждающим влиянием термостабилизаторов, расставленных по определенной схеме, формируется массив мерзлого грунта, имеющий форму консоли (рис. 4). Однако, как показали результаты прочностных расчетов (табл. 1) геометрические параметры льдогрунтовой консоли и ее средняя температура обеспечивают надежность в эксплуатации только для 2 типа ИГУ. Показателем достаточности прочности консоли является значение коэффициента запаса прочности, которое должно быть больше единицы.

Применение совместно с термостабилизаторами, теплоизоляции трубы в верхней части (до 20м) цилиндрическими блоками на основе супертонких базальтовых волокон при толщине теплоизоляционного слоя 18 мм и коэффициенте теплопроводности 0,006 Вт/м*К (сопротивление теплопередачи $R=3,0\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$) обеспечивает прочность льдогрунтовой консоли (рис. 5, табл. 1) и для 1 типа ИГУ.

Таблица 1.

Внешний радиус прискважинного талика под промороженной консолью, м	Средняя температура грунтовой консоли, °С	Значения коэффициента запаса прочности при средней толщине промороженной консоли				
		20	22	25	26	30
13	-2,5	1,028				
14	-4	1,06				
16	-8		0,93	1,1		
17	-9			0,95	1,05	
19	-12				0,88	1,03

Заключение

По результатам прогнозных теплотехнических и прочностных расчетов, в зависимости от типа инженерно-геокриологического разреза и значения устьевых температур подобраны конкретные типы термостабилизаторов параметры и схемы их размещения, формирующие несущую льдогрунтовую консоль, которая обеспечивает в течение всего периода эксплуатации добывающих скважин устойчивое состояние опор трубопроводов обвязки.

Разработанные технические решения по обеспечению устойчивости опор трубопроводов обвязок газодобывающих скважин заложены в рабочую документацию по термостабилизации грунтов.

Список литературы:

- 1) Кутвицкая Н.Б., Дмитриева С.П., Рязанов А.В., Юраскина Т.А. Обеспечение устойчивости опор обвязок нефти – и газодобывающих скважин на вечномерзлых грунтах. Материалы Четвёртой международной научно-практической конференции «Геокриологические проблемы Забайкалья и сопредельных территорий», Чита 2010г.
- 2) Кутвицкая Н.Б. Метод использования вечномерзлых грунтов в качестве фундаментных элементов. //Ж.»Основания, фундаменты и механика грунтов». 1996. №2.
- 3) Минкин М.А., Дмитриева С.П.. Геокриологический прогноз для объектов обустройства газоконденсатного месторождения. Сб. «Материалы первой конференции геокриологов России», М., издательство МГУ, 1996.
- 4) РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами», сертификат соответствия РОСС RU.СП15.Н00737, выданный РОСС.RU.0001.11СП15 16.07.2014г
- 5) СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» (Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88).

ОАО «Фундаментпроект»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.1, стр.1

Телефон: +7 (499) 158 0481;

факс: +7 (499) 158 3078

www.fundamentproekt.ru

E-mail: fund@fundamentproekt.ru

ОАО «УСК МОСТ», Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ (КАНАДСКИЙ ОПЫТ)

Авторы:

Полиенко А.С., заместитель главного инженера ОАО «УСК МОСТ»

Строительство в холодном климате зачастую требует применения инноваций для достижения приемлемых, экономичных решений инженерных задач. Решения, использующие ячеистые бетоны включают термоизоляцию и восприятие нагрузок от коммуникаций, трубопроводов, наземных резервуаров, дорог и отапливаемых зданий. Ячеистый бетон применяется для цементации и заполнения пустот в связи с его низкой стоимостью и хорошей удобоукладываемостью, а так же при исполнении больших объемов засыпок для уменьшения нагрузки на подстилающие слои просадочных грунтов и для избежания разжижения слабых грунтов при сейсмических воздействиях.

Использование ячеистого бетона часто дает значительно лучшую работу конструкций, ускоряет сооружение и дает экономию стоимости строительства по сравнению с традиционными техническими решениями. Характеристики материала, исследования случаев применения и преимущества ячеистого бетона приведены ниже.

Вступление

В условиях ужесточения требований к экологичности строительства использование термической изоляции будет расти значительными темпами.

Для строительства в холодном и экстремально холодном климате использование ячеистых бетонов может дать значительный эффект. Ячеистый бетон обеспечивает не только теплоизоляцию, но так же и достаточную прочность, огнестойкость, простоту изготовления и долговечность, что делает его применение для теплоизоляции очень привлекательным.

Описание ячеистого бетона

Ячеистый бетон, часто называемый пенобетоном, готовится из портландцемента, воды, вспенивающего агента и сжатого воздуха. Пена формируется для обеспечения стабильности и ингибиционного дренирования (просачивания) воды. Для придания материалу прочности на сжатие и изгиб в него добавляют золу уноса и фибры. Обычно ячеистый бетон не содержит щебня и песка.

Легкий изолирующий материал формируется захватом пузырьков воздуха в бетон. Он имеет огнезащитные, теплозащитные, звукопоглощающие и энергопоглощающие свойства.

Материал может применяться как в монолитном, так и сборном исполнении, тем не менее, большинство применений требуют укладки монолитного ячеистого бетона.

Ячеистый бетон изготавливается с плотностью от 250 до 1600 кг/м³, в большинстве конструктивных решений его плотность составляет от 400 до 600 кг/м³. Соотношение плотности материала к прочности и теплопроводности приведено в *таблице 1*.

Таблица 1.

<i>Плотность Кг/м³</i>	<i>Кубиковая прочность На 28 суток Мпа</i>	<i>Теплопроводность Ватт/м/град К</i>
400	0.71	0.075
450	0.84	0.080
500	1.14	0.086
550	1.51	0.092
600	1.98	0.097

По сравнению с другими видами изоляции ячеистый бетон более долговечен, в особенности в условиях химических воздействий и пламени. Его прочность обычно более, чем в 4 раза больше, чем у синтетической пеноизоляции.

Применение

Изоляция коммуникаций мелкого заложения

Водопроводы нуждаются в изоляции, когда они не могут быть заглублены в замороженный грунт. Причиной может быть конфликт с другими коммуникациями, упрощение текущего содержания, изменение отметки планировки, высокая стоимость устройства траншей в скальных грунтах, вечномёрзлые грунты.

Количество и конфигурация утеплителя зависят от нескольких факторов – таких, как климатические условия, глубина заложения, ширина траншеи, тип грунта, влажность, температура и скорость потока жидкости в трубопроводе. Например, глубина промерзания обычно меньше для увлажнённых грунтов по сравнению с сухими из-за тепла, выделяемого при замерзании воды.

В некоторых случаях опасным считается контакт с нефтепродуктами. Так известны ограничения применения пластиковых пенных изоляций в условиях их возможного контакта даже с небольшими количествами углеводородов.

Опыт применения. Изоляция пожарного водопровода

Близкое залегание скальных пород и наличие грунтовых вод препятствовали заложению 500 метров трубопровода на отметках ниже глубины промерзания на площадке около Форт Мак Муррей. Местами трубопровод проходил на глубине 1 м. Глубина промерзания в районе 3-4 м в зависимости от вида грунтов, влажности и толщины снегового покрова. Поэтому для предотвращения замерзания воды в трубопроводе была необходима теплоизоляция. Поверх трубопровода был уложен горизонтальный слой ячеистого бетона. Ширина и толщина изоляция определялась в зависимости от глубины траншеи. Основное преимущество применения ячеистого бетона в данном случае была скорость строительства. Кроме того как монолитный материал ячеистый бетон позволял скрадывать огрехи и переборы при разработке траншеи.



Рис. 1 Изоляция трубопровода из ячеистого бетона около Форт Мюррей.

Изоляция и восприятие нагрузки от автодороги

Влажные глинистые грунты в основании дорог при замерзании выпучиваются – в отдельных районах Альберты фиксировались пучинистые образования до 30 см. Весной оттаивание грунта происходит в основном в верхних слоях. Вода из пор не проходит в нижележащие замороженные слои грунта. Это приводит к созданию переувлажнения, что в свою очередь ведет к снижению несущей способности дорожного полотна. Это так же приводит к перемешиванию грунта с вышележащим щебеночным основанием полотна, особенно в условиях интенсивной нагрузки от тяжелых грузовых автомобилей. Безопасность движения, долговечность, пригодность и несущая способность таких покрытий серьезно снижается.

Преимущества использования ячеистых бетонов в таких случаях таковы:

- **Изоляция.** При применении ячеистого бетона значительно снижается морозное пучение и весенние деформации полотна.
- **Отличная несущая способность.** Использование ячеистого бетона в подстилающих слоях дорожного полотна создает очень жесткую структуру и таким образом повышает долговечность дорожной одежды и снижает эксплуатационные затраты.
- **Экономия.** Ячеистый бетон одновременно заменяет и нижний щебеночный слой дорожной одежды, снижая таким образом капитальные затраты при строительстве.
- **Удобство и простота укладки.** Монолитный материал может укладываться на грубо отделанную поверхность основной площадки и обеспечить ровное основание дорожной одежды.

- **Снижение объемов земляных работ.** Ячеистый бетон заменяет подстилающие слои щебня под дорожное полотно в 2-3 раза большие по толщине, тем самым снижая необходимость в земляных работах.
- **Защита от воды.** Применение ячеистого бетона улучшает работу земляного полотна в условиях ливневых осадков.
- **Сохранность подстилающего слоя.** Уплотнение щебеночного основания может нарушить стабильность подстилающего слоя. Ячеистый бетон при укладке не требует уплотнения и сохранит стабильность основания.

Опыт применения.

Изоляция, основание под дорогу с большими нагрузками

Из-за наличия только одного заднего моста транзитные автобусы создают тяжелую нагрузку на дорогу. Автобусная линия в Калгари с интенсивностью более 100 автобусов в час из-за явлений пучения и деформаций при оттаивании стала практически непроезжей. В основании дороги на глубину до 30 м залегали увлажненные глинистые грунты.

В 2000 г. дорога полностью реконструирована со следующей конструкцией:

Геотекстиль

Дренажный слой щебня 50 мм с дренажными каналами под бордюрами и водостоками.

200 мм ячеистого бетона с объемным весом 475 кг/м³

150 мм щебеночная подушка

125 мм асфальтовое покрытие

После реконструкции морозное пучение и растрескивание ездового полотна полностью прекратились.

Деформации полотна в 3 раза меньше, чем допуск для такой дороги.

Добывающая отрасль

Решение проблем холодного климата в добывающей отрасли Канады – постоянная задача. Для доставки оборудования и материалов к месторождениям приходится использовать зимники, непроезжие при оттаивании. Кроме того для добывающих и перерабатывающих предприятий, расположенных на Севере зачастую необходимо создание условий комфорта для работы персонала и технологических процессов.

Изоляция и опирание трубопроводов

Горячие нефте- и газопроводы, вызывающие растепление вечномерзлых грунтов могут быть легко изолированы и поддержаны ячеистым бетоном.

При пересечении скалистых местностей подкладки и прокладки из ячеистого бетона защитят трубопровод от повреждений скальной массой при засыпке траншей или скальных осыпях. Обеспечивая эффективное прочное опирание под трубопроводы, можно практически свести к нулю местные напряжения от деформации трубопровода; следовательно, значительно сни-

жается вероятность трещинообразования и коррозии трубопровода. Кроме того поддержание РН фактора выше 9,4 является пассивной защитой металла от коррозии. РН фактор ячеистого бетона может быть задан и обеспечен на уровне 13,0.

Ячеистый бетон может выполнять множество функций при создании нефте- и газопроводов – термоизоляция, защита, жесткая опора, защита от коррозии. Использование тепловыделения при гидратации цемента при строительстве тоже играет положительную роль.

Огнезащита

Ячеистый бетон может использоваться как очень эффективная огнезащита в нефтегазовой промышленности. Огнестойкость ячеистого бетона гораздо выше, чем у обычного бетона – на уровне керамических и огнеупорных материалов. Ячеистый бетон может быть выполнен как в виде сборных блоков, так и укладываться вокруг сложной формы узлов. Узлы трубных эстакад при объемном весе в 1/5 от обычного бетона могут быть доставлены и установлены с меньшими затратами.

Дороги к месторождениям

Подстилающие слои из ячеистого бетона, зачастую в сочетании с геотекстилем и георешетками могут в значительной мере упростить строительство и повысить срок службы дорог. Малый удельный вес материала позволяет использовать его для создания «плавающих» дорог на болотах. Применение подстилающих слоев из ячеистого бетона с прочностью в 3 раза большей, чем щебеночных позволяет достигать хороших показателей несущей способности дороги. Изолирующие свойства материала можно использовать для предотвращения морозного пучения-оттаивания, или для сохранения вечной мерзлоты в основании дороги.

Надземные резервуары

Надземные резервуары широко применяются на промышленных предприятиях для хранения различных жидкостей. Размеры таких сооружений превышают 15 м в высоту и 30 м в диаметре и следовательно, резервуары оказывают значительные силовые воздействия на большие площади. В нефтехимической промышленности для таких резервуаров зачастую необходимо сооружать второе защитное днище. Многие из этих резервуаров эксплуатируются при высоких температурах и следовательно, требуют теплоизоляции основания для предотвращения повреждения второго днища или высушивания грунта в нижележащих слоях – потенциально приводящему к дополнительным просадкам. В таких ситуациях ячеистый бетон одновременно обеспечивает восприятие нагрузки и термоизоляцию.

Пример применения. Парк резервуаров SAGD and Upgrader.

30 резервуаров сооружены в Северной Альберте. Диапазон эксплуатационных температур составляет от 5 до 90 ° С. Самый большой резервуар был высотой 17 м и диаметром 33.5 м. Без термоизоляции высокие температуры могли привести к высушиванию нижележащих грунтов и как следствие к осадкам резервуара. Кроме того в качестве защитного днища укладывался полиэтилен высокой плотности. Этот материал оценивается как устойчивый к температуре не более 60° С.

Слой сухого песка 100 мм укладывался поверх полиэтиленового днища и перекрывался

слоем ячеистого бетона толщиной 475 мм (объемным весом 475 кг/м³), уложенного внутрь ограничительных стальных колец. Резервуары устанавливались непосредственно на ячеистый бетон.

Такое применение ячеистого бетона дало идеальное сочетание несущей способности, теплоизоляции и строительной стоимости. Другие виды теплоизоляции обычно имеют очень ограниченную способность к восприятию нагрузки и должны сочетаться с конструктивными слоями, что увеличивает строительную стоимость. В то же время использование гравия для предотвращения теплопередачи требует многометровой засыпки. Кроме того приготовление ячеистого бетона на стройплощадке значительно сократило логистические затраты и затраты на производство по сравнению с традиционными методами изоляции.

Традиционно при строительстве резервуаров используются слои песка под днищем. В процессе строительства эти подстилающие слои нарушаются и требуют дополнительных работ, таких как цементация под окаймляющим кольцом. Ячеистый бетон, раз уложенный остается неизменным и не требует дополнительных мероприятий.



Рис. 2 Ячеистый бетон использован под основанием наземных резервуаров.

Фундаменты мелкого заложения с защитой от промерзания

В соответствии с Канадскими строительными правилами фундаменты должны опираться на грунт ниже уровня сезонного промерзания. Для отапливаемых зданий при отсутствии изоляции для предотвращения теплопередачи фундаменты обычно располагают на глубине 1.2 м в южных частях Канады и глубже по мере приближения к зоне вечной мерзлоты. К югу от зоны распространения вечной мерзлоты обычная глубина промерзания составляет 3-4 м. Сто-

имость сооружения глубоких фундаментов может быть высокой. Более эффективные фундаменты могут создаваться путем устройства термоизолированной плиты мелкого заложения в сочетании с ленточным фундаментом по периметру. Для создания таких систем фундаментов мелкого заложения в сочетании с термоизоляцией использовался ячеистый бетон. Объемный вес ячеистого бетона при таких случаях применения порядка 475 кг/м³ при прочности на сжатие 1 Мпа теплопроводности 0,082 Вт/м °К. Опять же, несущая способность ячеистого бетона больше, чем у уплотненного щебня или гравия. Это означает, что термоизоляция может играть роль несущего элемента, обеспечивая экономическую эффективность. Для многих сооружений малого и среднего размера система ленточного-плитного незаглубленного фундамента поверх термоизоляции из ячеистого бетона может быть эффективным решением.

В случае, если площадка до начала строительства проморожена, фундамент мелкого заложения приносит еще больший эффект, позволяя избежать разработки мерзлого грунта, или его отогрева под всей площадью здания, а затем укладки и прогрева бетонной конструкции ленточного фундамента или стен. Современное оборудование для отогрева грунта на основе этиленгликоля позволяет разработать узкие полосы только под периметром здания. После того как созданы траншеи достаточные по ширине только для размещения фундамента и стен ниже уровня грунта. После этого внутри изолированного пространства, ограниченного этой конструкцией, грунт растепляется и разрабатывается крайне экономно. Более того, этот метод позволяет избежать лишних земляных работ и проблем с изысканием незамерзшего грунта для обратной засыпки за стенами фундамента. Для обеспечения стабильности глинистых грунтов их поверхность от стен фундамента должна иметь уклон 2%. (как обычно, органический компонент грунта должен быть удален до начала работ). Это решение с фундаментами мелкого заложения особенно эффективно при наличии грунтовых вод близко к поверхности.

Пример применения. Защищенный от промерзания фундамент мелкого заложения под индустриальное здание.

Заказчик намеревался уменьшить строительные и эксплуатационные затраты производственного комплекса с отапливаемыми полами.

Защищенный от промерзания фундамент мелкого заложения был построен в последовательности – срезка растительного слоя грунта с органическими включениями, укладка систем трубопроводов, затем слой ячеистого бетона, выступающего за пределы здания на 1.2 м (удельный вес 475 кг/м³), ленточный фундамент по периметру здания из обычного бетона поверх ячеистого.

Достигнута экономия по следующим позициям:

- Земляные работы – понадобились только для разработки траншей под трубопроводы под фундаментом.
- Теплотехнический расчет предсказывал сокращение теплопотерь на 50%. Заказчик подтвердил очень низкие расходы на отопление.
- Стоимость щебня, обычно необходимого для подготовки под бетонное основание. Ячеистый бетон обеспечивает такое же опирание при слое в 2-3 раза меньшем при этом с соблюдением всех нормативных требований.

Фундаменты на вечной мерзлоте

В зоне вечной мерзлоты фундамент мелкого заложения – самый экономичный, особенно в случае значительной нагрузки от сооружения. Фундамент может быть сооружен как непосредственно на спланированном грунте. Так и на отсыпанной подушке из щебня. Если необходимо ограничить влияние сооружения на нижележащие вечномерзлые грунты, используется ячеистый бетон.

В местностях, где щебень является дефицитным (привозным) ячеистый бетон может использоваться под всей площадью здания, поскольку материал невосприимчив к промерзанию. Сооружение может быть приподнято над поверхностью земли для формирования воздушного зазора с использованием при этом любой конструкции фундамента. Ячеистый бетон в этом случае можно применить для сохранения вечномерзлого основания и одновременно для теплоизоляции здания.

Для сохранения вечной мерзлоты в основании зачастую используют термосифоны – охлаждающие системы. Расположенные ниже уровня планировки грунта. Охлаждающие системы могут быть пассивного действия, или с механической циркуляцией хладагента. Система пассивного действия переносит тепло из грунта в атмосферу, как только температура окружающего воздуха падает ниже температуры вечномерзлого грунта. Обычно они заполнены хладагентом – пропаном, углекислотой, или аммиаком. Механические системы требуют внешних источников энергии и представляют собой охлаждающие установки на охлаждающей жидкости, или воздухе.

Теплотехнические расчеты сооружений на вечномерзлых грунтах обычно более сложные и используется метод конечных элементов для моделирования взаимодействия климатических факторов. Температуры в здании, эффекта от термоизоляции и работы охлаждающей системы.

Легкие заполнители

Объемный вес ячеистого бетона обычно составляет 25% от объемного веса грунта или 20% от объемного веса обычного бетона. Следовательно, ячеистый бетон можно использовать для снижения нагрузок на сжимаемые грунты. Заполнение из ячеистого бетона не будет разжижаться при сейсмическом воздействии, такое заполнение не даст просадок с течением времени, как грунтовая засыпка. После укладки и твердения ячеистый бетон формирует твердую структуру, не передающую активного давления на окружающие конструкции.

Опыт применения. Легкое заполнение (Нидерланды).

При реконструкции системы каналов строились системы погрузочно-разгрузочных станций. Станции сооружались на существующих откосах из слабых грунтов путем погружения стального шпунта причальных стенок и заполнения пазух ячеистым бетоном, чтобы уменьшить давление на шпунтовую стенку и уменьшить осадки верхнего строения причалов. Объем бетона составил 3000 м³, объемный вес при укладке составлял 475 кг/м³.



Рис. 3. Строительство причала с обратной засыпкой из ячеистого бетона.

Другие возможности применения

Ячеистый бетон широко применяется в других случаях для следующих конструктивных и геотехнических решений:

- поглощение энергии удара. Барьерные ограждения для предотвращения выкатывания самолетов за пределы ВПП во многих аэропортах США выполняют из ячеистого бетона.
- заполнение шахт. Заброшенные шахты часто заполняют ячеистым бетоном.
- восстановление траншей под коммуникации. Ячеистый бетон не дает просадок с течением времени и может быть легко разработан землеройной техникой. Поэтому он может с успехом применяться для заполнения и восстановления траншей под коммуникации, особенно в случаях, когда уплотнение грунта не разрешено, или невозможно в силу местных условий.

Применение ячеистого бетона обычно дает экономию при строительстве и значительную экономию при эксплуатации.

Предложение ОАО «УСК МОСТ» по применению ячеистого фундамента для резервуаров СПГ в пос. Сабетта

В частности теплоизолирующее основание из ячеистого бетона предлагалось для сохранения вечной мерзлоты в основании резервуаров сжиженного газа для завода в Сабетте в Обской Губе. Такое основание имеет достаточную прочность на сжатие, хорошие теплоизоляционные свойства, обеспечивает устойчивость резервуара при сейсмическом воздействии (взрыв соседнего резервуара), создает значительную экономию при строительстве (около 3200 стальных свай 530х10 мм длиной 42 м, система металлических связей), обеспечивает сохранность вечной мерзлоты в основании и отсутствие каких-либо осадок, что является жестким требованием при сооружении таких резервуаров.



Сооружение резервуаров проводится в арктической зоне на вечномёрзлом основании

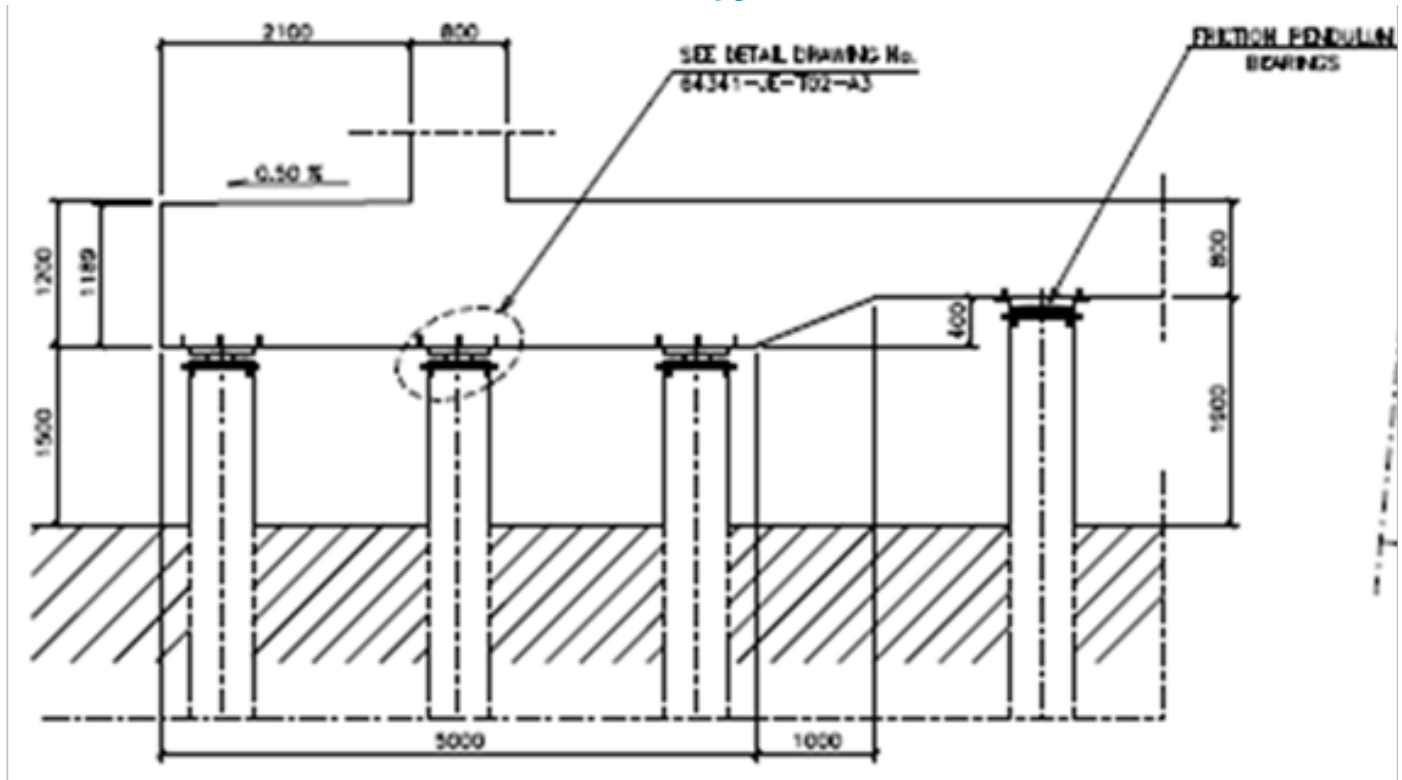
1. Влияние конструкции фундамента и времени строительства на вечномёрзлые грунты, мероприятия по поддержанию грунтов в вечномёрзлом состоянии на весь период службы сооружения.

Для свайного фундамента резервуара предусмотренного проектом в качестве основания необходима строгая технология его сооружения и дополнительные мероприятия при эксплуатации резервуара для того, чтобы обеспечить не оттаивание вечномёрзлых грунтов окружающих сваи. Эти мероприятия не предусмотрены проектом. При этом нет полной уверенности, что какой-то участок свайного основания не начнёт пропускать тепло в толщу мёрзлого грунта по разным причинам – ввиду не соблюдения регламента и технологии сооружения свайного поля и/или ввиду отсутствия мероприятий по поддержанию грунта в мёрзлом состоянии на период работы сооружения. Строительство свайного основания планируется в тёплое время года, что влечёт за собой оттаивание грунтов окружающих сваи при их сооружении.

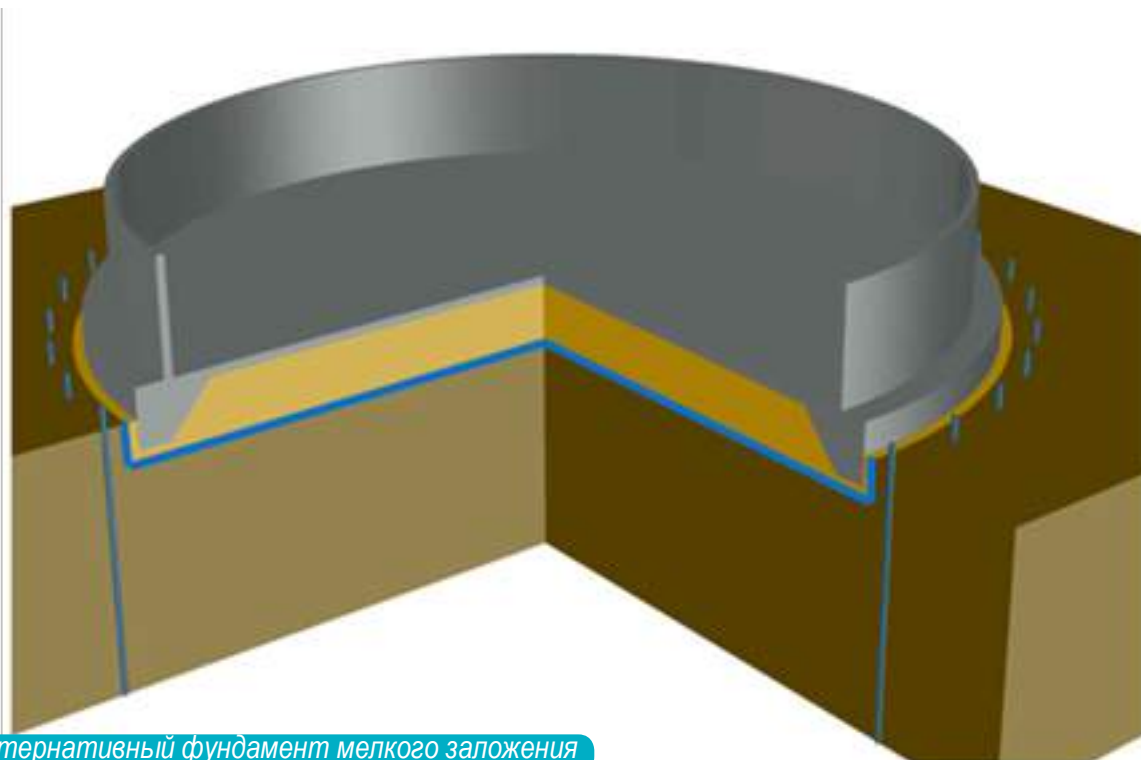
Для фундамента мелкого заложения практически отсутствует влияние конструкции на толщину подстилающих грунтов и таким образом не нарушается естественный баланс температур в ней. Строительство фундамента может вестись в холодное время года. При этом нет опасности оттаивания грунтов во время строительства. Для поддержания отрицательной температуры вечномёрзлого грунта под подошвой фундамента на весь период эксплуатации резервуара необходимо разовое мероприятие, состоящее из укладки термоизоляционного

материала на всю площадь под плитой основания. В качестве изоляционного материала возможно применение сборных (холодных) плит из Cellular Concrete. Также необходимо произвести изоляцию торцов фундаментной плиты и части наружной стены резервуара, находящейся в зоне сезонного промерзания-оттаивания.

Свайный фундамент



Свайный фундамент



Альтернативный фундамент мелкого заложения

Альтернативный фундамент мелкого заложения

2. Отклик на динамические и сейсмические горизонтальные нагрузки.

На горизонтальные нагрузки от динамики взрыва или от сейсмике свайное основание работает хуже по сравнению с фундаментом на естественном основании. Во-первых, величина перемещения будет больше, чем при работе фундамента мелкого заложения, ввиду смещения опорных частей и смещения голов свай из-за изгиба (свая - заземлённый стержень в уровне теоретической заделки в грунт состоящей из свободной длины над поверхностью грунта плюс длины, так называемой, сейсмической воронки, где происходит «отлипание» грунта от тела сваи). Во-вторых, на величину этого «отлипания» свая не «работает» по боковой поверхности, что повлияет на глубину заделки и увеличит длину свай. Для фундамента мелкого заложения перемещения от горизонтальных нагрузок пропорциональны силе трения плиты по грунту плюс пассивный отпор грунта по боковой поверхности плиты фундамента и стены ниже уровня грунта. Можно увеличить сопротивление постановкой «зуба» по внешнему периметру плиты фундамента.

3. Время сооружения фундамента и его стоимость.

Сооружение свайного основания является наиболее трудоёмкой как по материалу, так и по времени частью сооружения всего резервуара. В соответствии с технологией сооружения свайное основание устраивается только в тёплое время года. Это также влияет на график строительства всего сооружения, в целом удлинняя его. Сооружение фундамента мелкого заложения намного быстрее и менее материалоемко по сравнению со свайным основанием, а также может быть произведено в холодное время года, что укорачивает время строительства всего сооружения. Всё вышеизложенное позволяет сделать вывод, что применение фундамента мелкого заложения будет дешевле варианта со свайным фундаментом.

Опция предлагалась в рамках конкурса на проектирование и строительство резервуаров. К сожалению, владелец проекта не решился реализовать предложение. Подрядчик, выигравший конкурс, оставил в качестве фундаментов свайные основания с уменьшенной длиной свай до 24 м. Работает с опозданием от графика.

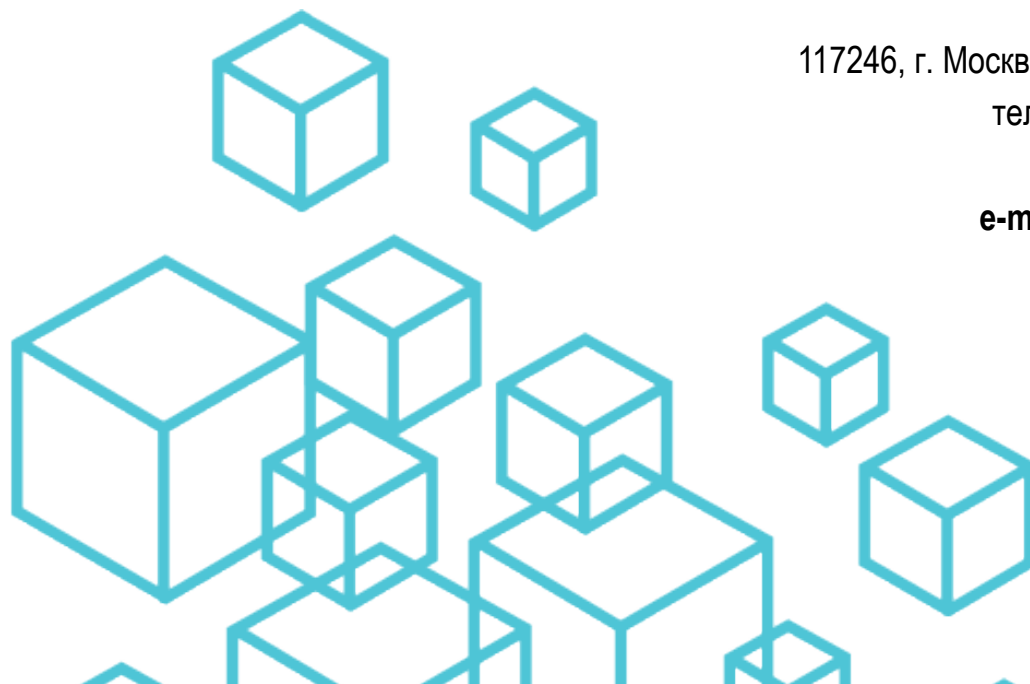
ОАО «УСК МОСТ»

117246, г. Москва, Научный проезд, д.13

телефон: +7 (495)363 4445

<http://www.skmost.ru/>

e-mail: uskmail@skmost.ru



Организатор конференции:

Международная Ассоциация Фундаментостроителей

Юридический адрес: 127566, Москва, Северный бульвар, 7

Тел./факс: +7(495) 66-55-014,

моб.: +7 916 36-857-36, +7 925 86-101-81

www.fc-union.com

e-mail: info@fc-union.com

Генеральный директор:

Дубровская Екатерина Станиславовна

Информационные партнеры

