

Термостабилизация многолетнемерзлых грунтов: технологии и оборудование

Н.Ю. Ермилова, А.В. Журавлев, В.Ю. Тяп

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье показаны актуальные проблемы, связанные с освоением северной части России. В северных регионах расположены крупные месторождения рудных полезных ископаемых и углеводородов. Отмечены тяжелые климатические условия этих регионов, и сложности строительства на вечномерзлых грунтах. Особое внимание уделяется актуальности вопроса стабилизации грунтов. Проведен анализ деградации вечно мерзлых грунтов на основе статистических данных изменения среднегодовой температуры, зафиксированной Салехардской метеостанцией. Сделан вывод о том, что при осадке оттаявшего основания возможно разрушение сооружений и техногенные катастрофы. Рассмотрены способы обеспечения стабильно мерзлого состояния грунтов в период сезонного оттаивания. Представлены типы и классификация сезонно действующих охлаждающих устройств. Приводится принцип работы представленных устройств, области применения каждого типа сезонно действующих охлаждающих устройств.

Ключевые слова: грунт, термостабилизатор, теплоноситель, конденсация хладон, сезонно-охлаждающие устройства, основание, сооружение, мостостроение, мониторинг.

В конце 1920-х годов северные территории нашей страны стали одними из наиболее динамично развивающихся. Недра северной части России очень богаты полезными ископаемыми, поэтому история освоения этих мест тесно связана с открытиями новых месторождений нефти и газа, уникальных минералов, меди, золота, железных руд и редких металлов. В местах организации добычи полезных ископаемых необходимо было развивать транспортную инфраструктуру, систему логистики и создавать поселения.

Наличие большого количества рек и болот, в районе северных месторождений, требует строительства искусственных сооружений на автомобильных дорогах, проектирование и строительство которых имеет свою специфику. В сложных условиях требуется строить мосты с эффективными пролетными строениями, имеющими минимальный вес с достаточной несущей способностью [1,2]. Наиболее сложными этапами строительства в суровых климатических условиях является возведение фундамента и обеспечение его стабильности. Нагрузки от мостовых

сооружений также должны равномерно распределяться между фундаментами, не создавая зон концентрации [3].

Северные районы характеризуются резко-континентальным климатом: короткое лето, которое длится с середины июня до середины августа, большое количество осадков, туманы, а также низкие температуры в холодный период. С продвижением к высоким широтам прочностные характеристики грунтов ухудшаются. Повышенная засоленность, насыщенность льдом наличие лёссовых грунтов и болот с ледяным водоупором – все это затрудняет строительные работы и создает дополнительные трудности проектировщикам. В северных районах отсутствуют крупнообломочные, гравийно-песчаные и скальные грунты, являющиеся хорошим основанием для строительства транспортных сооружений и коммуникаций. Мерзлые грунты являются надежным и прочным основанием для сооружения, но для обеспечения устойчивости сооружения необходимо обеспечить неизменность основания в период сезонного оттаивания грунта [4].

Проблема стабилизации грунтов основания в северных районах нашей страны с каждым годом становится все более актуальной, что обусловлено изменением, потеплением климата и деградацией вечно мерзлых грунтов. Приведем только один пример изменения температуры зафиксированное Салехардской метеостанцией [5]. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Средняя годовая температура воздуха | Год | | | | | | | | | | | Среднее |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | |
| Фактическая | -5,8 | -4,8 | -6,0 | -3,9 | -7,7 | -3,7 | -4,2 | -7,2 | -6,9 | -3,2 | -3,3 | -5,2 |
| Нормативная | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 | -7,0 |
| Отклонение | 1,2 | 2,2 | 1,0 | 3,1 | -0,7 | 3,3 | 2,8 | -0,2 | 0,1 | 3,8 | 3,7 | 1,8 |

Таким образом, наглядно видно, что потепление климата представляет собой необратимый процесс. За десять лет фактическая температура повысилась на 2.5 градуса. Невнимательное отношение к проблемам потепления и оттаивания грунтов основания неминуемо приведет к просадкам сооружений. В некоторых случаях это грозит экологической катастрофой, как, например, разлив дизельного топлива при разгерметизации резервуара.

Вечно мерзлые грунты под сооружениями сохраняют свою структуру и являются надежным основанием, если работают в расчетных отрицательных температурах. Неотложная задача - сохранение грунтов в стабильно мерзлом состоянии [6]. В современном строительстве, как правило, применяют четыре вида сезонно действующих систем стабилизации грунтов:

- горизонтальные естественно действующие трубчатые системы (ГЕТ);
- вертикальные естественно действующие трубчатые системы (ВЕТ);
- глубинные сезонно-охлаждающие устройства (СОУ);
- индивидуальные термостабилизаторы.



Рис. 1. Горизонтальные естественно действующие трубчатые системы.

Терморегуляционные системы ГЕТ и ВЕТ (Рис. 1) предназначены для поддержания расчетного температурного режима грунтов и предотвращения тепловыделений под фундаментами сооружений: резервуаров, полигонов ТБО, зданий, железных и автомобильных дорог. ГЕТ-система представляет собой конструкцию из двух частей: подземную и надземную. Подземная, состоит из горизонтальных охлаждающих трубок, служащих для циркуляции хладона и охлаждения грунта. Надземная представляет собой конденсаторный блок, в котором происходит конденсация паров хладона и дальнейшая перекачка его в системе [7].

Глубинные СОУ имеют герметичную неразъемную сварную конструкцию, заправленную хладоном, и применяются для стабилизации грунтов плотин, скважин и прочих сооружений, глубиной не более 100 м.



Рис. 2. 2, а) Глубинные СОУ; 2, б) обслуживание оборудования.

Данные сезонно-охлаждающие устройства можно разделить на следующие виды:

Групповые СОУ – представлены несколькими отдельными термостабилизаторами (Рис. 2), каждый из которых отвечает за термостабилизацию отдельного грунтового горизонта. Их работа обеспечивается естественным обдувом ветра. В настоящее время существует 2 типа групповых СОУ: заводской сборки и собираемые непосредственно на

объекте. Первые имеют рабочую глубину до 50 метров и полностью готовы к работе. Вторые цельнометаллические и работают на глубинах до 16 метров [8].

Коллекторные СОУ – значительно отличаются от ранее перечисленных типов тем, что, обдув труб с ребрами-теплообменниками (надземной части) осуществляется принудительно при помощи вентиляторов (Рис.4). Данные системы целесообразно применять для интенсивного первоначального замораживания грунта, а также в маловетреных районах.

Одиночные СОУ – имеют два типа диаметров подземной части 57 и 89 миллиметров. Рабочее внутреннее пространство устройства заполнено теплоносителем. Заправка и сборка устройства происходит на объекте, рабочая глубина - до 100 м [9].



Рис. 4. Агрегаты воздушного охлаждения коллекторных СОУ.

Индивидуальные термостабилизаторы имеют герметичную неразъемную сварную конструкцию, заправленную теплоносителем (углекислотой или аммиаком), глубина подземной части - до 25 м, высота надземной до 3 м [10]. Данные СОУ применяют для температурной стабилизации талых и пластичномерзлых грунтов под зданиями, эстакадами, трубопроводами, автомобильными и железными дорогами, опорами мостов, ЛЭП и др.

В мостостроении наиболее часто применяются индивидуальные термостабилизаторы. Они не требуют постоянного обслуживания и мониторинга, а также легко монтируются, при этом удовлетворяют требованиям обеспечения мерзлого состояния грунтов и надежного основания.

Следует отметить, что при использовании любого из способов термостабилизации грунта необходимо устраивать теплоизоляционные экраны (ТЭ). ТЭ возводят как в комплексе с термостабилизирующим устройством, так и отдельно, под автомобильными и железными дорогами.

Использование эффективных методов стабилизации многолетнемерзлых грунтов позволяет избежать как небольших дефектов транспортных и промышленных сооружений, так и техногенных катастроф. Постоянное изменение климата оставляет актуальным вопрос о поддержании грунтов в проектных отрицательных температурах.

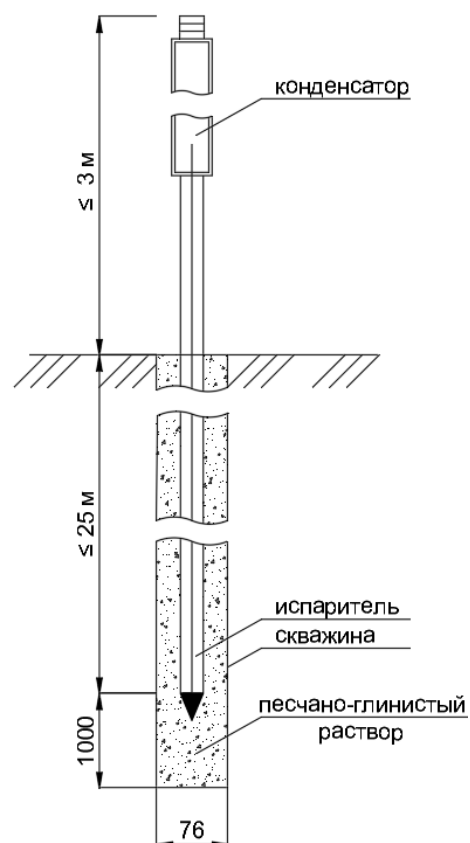


Рис. 5. Схема термостабилизатора.

Литература:

1. Makarov A.V., Kalinovskiy S.A. Design features of bimetallic bridges. E3S Web of Conferences. Vol.: 97. XXII International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2019) eds.: A. Volkov [et al.]. [Publisher: EDP Sciences], 2019. 9 p. URL: e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/23/e3sconf_form2018_06001.pdf.
 2. Ситников С.Л. Современные требования к элементам преднапряжения железобетонных конструкций. Вестник мостостроения. 2015, №1. URL: amost.org/rus/publication/messenger/
 3. Makarov A.V., Kalinovskiy S.A. Methods of regulating thrust in design of arch bridges. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 451, № 1. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018) 26-28 September 2018, South Ural State University, Russian Federation / eds A. A. Radionov, D.V. Ulrikh. – [Publisher: IOP Publishing Ltd], 2018. 8 p. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/451/1/012054/pdf.
 4. Хрусталева Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата. М.: Университетская книга, 2011.
 5. Стрижков С. Н. К вопросу о качестве работы сезонно-действующих охлаждающих устройств. Журнал «Геоинфо» 2017. URL: geoinfo.ru/product/strizhkov-sergej-nikolaevich/k-voprosu-o-kachestve-raboty-sezonno-dejstvuyushchih-ohlazhdayushchih-ustrojstv-35150.shtml
 6. Долгих Г.М., Окунев С.Н., Стоянов С.А., Залесский К.В. Опыт проектирования, монтажа и эксплуатации систем температурной стабилизации грунтов оснований «ГЕТ» объектов Ванкорского месторождения. Материалы четвертой конференции геокриологов России, 7-9 июня 2011, Том 3. М.: Университетская книга, 2011, С.273-279.
-

7. Лебедева М.А., Идиятуллина Э.Ф., Коркишко А.Н. Исследование свойств и характеристик пеностекляного щебня при применении в дорожных конструкциях. Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_126__7y2019_Lebedeva.pdf_eeb2f758ce.pdf

8. Стрижков С.Н. Повышение надежности геотехнических систем с использованием сезонно-действующих охлаждающих устройств. Научно-технический и производственный журнал «Геотехника». 2015. № 6. С. 34-41

9. Долгих Г.М., Окунев С.Н., Осокин А.Б. и др. Современная технология строительства оснований и фундаментов на многолетнемерзлых породах с применением парожидкостных охлаждающих установок. Материалы третьей конференции геокриологов России. Том 4. М.: Изд-во МГУ, 2005.

10. Макаров А.В., Журавлев А.В., Тянь В.Ю. Особенности строительства фундаментов в вечномерзлых грунтах. Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5501

References

1. Makarov A.V., Kalinovsky S.A. Design features of bimetallic bridges. E3S Web of Conferences. Vol.: 97. XXII International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2019) eds.: A. Volkov [et al.]. [Publisher: EDP Sciences], 2019. 9 p. URL: e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/23/e3sconf_form2018_06001.pdf.

2. Sitnikov S.L. Vestnik mostostroyeniya. 2015, №1. URL: amost.org/rus/publication/messenger

3. Makarov A.V., Kalinovsky S.A. Methods of regulating thrust in design of arch bridges. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 451, № 1. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018) 26-28 September 2018, South Ural State

University, Russian Federation. eds A. A. Radionov, D.V. Ulrikh. [Publisher : IOP Publishing Ltd], 2018. 8 p. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/451/1/012054/pdf.

4. Hrustalev L.N., Parmuzin S.Ju., Emel'janova L.V. Nadezhnost' severnoj infrastruktury v uslovijah menjajushhegosja klimata [Reliability of Northern Infrastructure in a Changing Climate] M.: Universitetskaja kniga, 2011.

5. Strizhkov S. N. K voprosu o kachestve raboty sezonno-dejstvujushhih ohlazhdajushhih ustrojstv. Zhurnal «Geoinfo» 2017. URL: geoinfo.ru/product/strizhkov-sergej-nikolaevich/k-voprosu-o-kachestve-raboty-sezonno-dejstvuyushchih-ohlazhdajushchih-ustrojstv-35150.shtml

6. Dolgih G.M., Okunев S.N., Stojanov S.A., Zalesskij K.V. Opyt proektirovaniya, montazha i jekspluatacii sistem temperaturnoj stabilizacii gruntov osnovanij «GET» obektov Vankorskogo mestorozhdenija. Materialy chetvertoj konferencii geokriologov Rossii, 7-9 ijunja 2011, Tom 3. M.: Universitetskaja kniga, 2011, pp.273-279.

7. Lebedeva M.A., Idiyatullina E.F., Korkishko A.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 9. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_126__7y2019_Lebedeva.pdf_eeb2f758ce.pdf

8. Strizhkov S.N. Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal «Geotehnika». 2015. № 6. Pp. 34-41

9. Dolgih G.M., Okunев S.N., Osokin A.B. i dr. Materialy tret'ej konferencii geokriologov Rossii. Tom 4. M.: Izd-vo MGU, 2005.

10. Makarov A.V., Zhuravlev A.V., Tjan V.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 1. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5501