

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРА ГРУНТА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

В. А. Максименко, В. В. Максименко, А. Ж. Ширажиев

Омский государственный технический университет,
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

В статье представлены результаты исследования эффективности термостабилизатора направленного действия и параметрический анализ, определяющий зависимость радиуса заморозки от центрального угла активной поверхности испарительной зоны. Проведено сравнение результатов ореола заморозки, полученных в среде ANSYS, вокруг термостабилизатора симметричного и направленного действия.

Ключевые слова: термостабилизатор направленного действия, термостабилизатор симметричного действия, термостабилизация, мерзлый грунт, сезоннодействующее охлаждающее устройство, ANSYS.

Введение

Российские нефтеперекачивающие компании эксплуатируют огромное количество нефтепроводов, которые проходят через участки многолетнемерзлых грунтов. Например, трасса трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» имеет протяженность 4740 км, диаметр трубопровода 1020 – 1220 мм. Более 750 км трассы проходит на участках многолетнемерзлых грунтов. Трасса трубопровода «Заполярье – Пурпе – Саянск» имеет протяженность 429 км, диаметр 1020 мм. Более 160 км трассы проложены в надземном исполнении из-за сложных геологических условий, в том числе из-за многолетнемерзлых грунтов.

Учитывая все геологические и климатические особенности северных и восточных районов России, для надежной и безопасной работы строительных объектов необходимо применение особых мероприятий, одним из которых является термостабилизация грунта для поддержания пород в мерзлом состоянии. Особенно это актуально при строительстве на пластично-мерзлых грунтах, где согласно СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» предусматриваются мероприятия по снижению температуры до установленных значений и её поддержанию на весь период эксплуатации.

На данный момент существует множество видов термостабилизаторов грунта (ТСГ), но основные конструктивные элементы у них практически одинаковы. ТСГ состоят из конденсатора, запорно-заправочного узла, испарителя, транспортной зоны.

Длина термостабилизатора 16 м, а диаметр корпуса 25...60 мм, зона заморозки грунта вокруг ТСГ при среднезимней температуре -15°C составляет 1,5 м. Работать термостабилизатор начинает при температуре воздуха -5°C .

Несмотря на важность работы, которую выполняют термостабилизаторы, принцип ее очень прост, а самое главное — термостабилизаторы не требуют ни какого вида энергозатрат.

Термостабилизация — один из основных методов поддержания грунта в мерзлом состоянии. Она используется практически повсеместно, где нефтепровод взаимодействует с многолетнемерзлыми грунтами. Это очень дешевое и эффективное сред-

ство. И еще один плюс их использования — термостабилизаторы выпускаются на заводах России, что обеспечивает их своевременную доставку к месту работ и ускоряет процесс строительства или эксплуатации. Принципиальная схема термостабилизатора и его работа показаны на рис. 1.

Принцип работы термостабилизатора грунта (ТСГ) заключается в следующем: нужно отметить, что для всех термостабилизаторов он одинаков. Хладагент в термостабилизаторе при низких температурах воздуха конденсируется в ребристом радиаторе-конденсаторе, затем естественным путем стекает в нижнюю, испарительную часть ТСГ, где отбирает теплоту грунта, охлаждаемого ниже температуры замерзания, и, одновременно испаряясь, попадает в верхнюю часть ТСГ.

Постановка задачи

Эффективность термостабилизаторов определяется их охлаждающей и замораживающей способностью, надежностью в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Если рассмотреть ореол замораживания грунта индивидуальным сезоннодействующим охлаждающим устройством (СОУ), то бросается в глаза симметричность замороженного массива грунта относительно оси термостабилизатора. Поэтому даже



Рис. 1. Схема работы термостабилизатора
Fig. 1. Thermostabilizer operation scheme

в характеристиках индивидуальных СОУ присутствует показатель — радиус заморозки [1]. Однако в отдельных случаях достаточно направленной заморозки грунта. Пример конструкции термостабилизатора направленного действия представлен на рис. 1 [2].

Наибольший интерес представляют термостабилизаторы, изготавливаемые и устанавливаемые фирмами: ОАЗТ «Интер Хит-Пайп», г. Москва, ОАО «Фундаментпроект», г. Москва, ОАО «НИПИИ САНИОСП», г. Воркута, НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень.

Одним из существенных недостатков существующих конструкций термостабилизатора грунта является их металлоемкость.

В начальной стадии исследования термостабилизаторов и внедрения их в практику строительства диаметры их испарительной части принимались от 150 мм и выше. Это оказалось экономически нецелесообразно ввиду большого количества металла, требуемого для их изготовления, а также большого объема буровых работ. Стоимость термостабилизаторов приближалась к стоимости свай. В результате проведения достаточно большого объема теоретических и экспериментальных работ различными исследователями постепенно произошло совершенствование конструкций, главным результатом которых явилось существенное уменьшение диаметров испарительной и конденсаторных частей термостабилизаторов.

В большинстве случаев сегодня используются термостабилизаторы диаметром 32 – 57 мм.

Уменьшение диаметров термостабилизаторов значительно сократило металлоемкость, соответственно и стоимость. Соотношение стоимости термостабилизатора к стоимости сваи составляет 1 : 3.

Для проведения анализа эффективности такого решения было сделано предположение, что определяющим в переносе теплоты от грунта к атмосферному воздуху является поверхность наружной оребренной части СОУ. Максимальный радиус заморозки определяется равенством тепловых потоков от грунта через поверхность, ограничивающую замороженный массив и поверхность наружной оребренной части СОУ.

Выбрав геометрию серийно выпускаемого термостабилизатора [1] и радиус замораживания талового грунта, мы сможем определить наружную поверхность замороженного грунта на установившемся режиме работы термостабилизатора. Задав эту же поверхность для термостабилизатора направленного действия, можно определить новый радиус заморозки на установившемся режиме.

Теория

Определим формулы для расчета поверхности, ограничивающей массив замороженного грунта для серийно выпускаемого термостабилизатора симметричного действия, а также для направленного действия при наличии произвольного центрального угла α .

1. Для термостабилизатора симметричного действия:

$$F = 2F_{\text{тор}} + F_{\text{бок}} = 2(\pi R^2 - \pi R_{\text{м.смаб}}^2) + 2\pi R h, \quad (1)$$

где F , $F_{\text{тор}}$, $F_{\text{бок}}$ — поверхность, ограничивающая замороженный массив, её торцевая и боковые части, h — высота замороженного грунта. Ореол заморозки представлен на рис. 2.

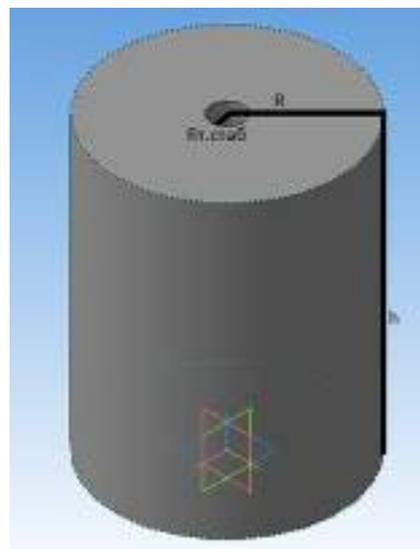


Рис. 2. Упрощенный вид массива заморозки грунта термостабилизатором симметричного действия
 Fig. 2. Simplified view of the soil frost massif by a symmetrical action thermostabilizer

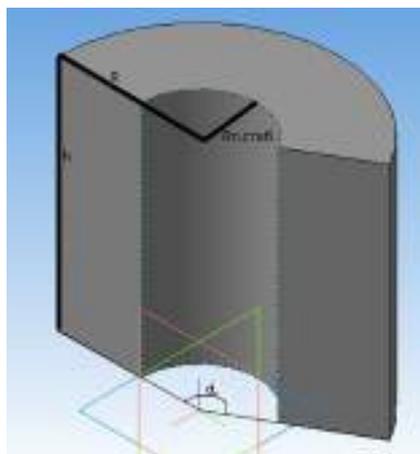


Рис. 3. Упрощенный вид массива заморозки грунта термостабилизатором направленного действия при α
 Fig. 3. Simplified view of the soil frost massif by a directional thermostabilizer with a central angle α

2. Для термостабилизатора направленного действия с центральным углом, равным α . Ореол заморозки представлен на рис. 3.

$$F = 2F_{\text{тор}} + F_{\text{бок}} + F_{\text{сеч}} = 2(\pi R^2 - \pi R_{\text{м.смаб}}^2) \alpha / 360 + \frac{2\pi \cdot R \cdot h \cdot \alpha}{360} + 2h(R - R_{\text{м.смаб}}). \quad (2)$$

В табл. 1 представлены данные пересчета характеристик серийно выпускаемых термостабилизаторов симметричного действия на характеристики термостабилизатора направленного действия с центральным углом $\alpha = 150^\circ$.

Результаты расчетов для термостабилизаторов направленного действия с центральным углом $\alpha = 150^\circ$ и диаметром испарителя 32 мм приведены на рис. 4.

Влияние центрального угла на увеличение радиуса заморозки в абсолютных показателях для диаметра испарителя, равного 32 мм, приведено на рис. 5.

Таблица 1. Результаты расчета термостабилизатора направленного действия
 Table 1. Results of the directional thermostabilizer calculation

$h, \text{ м}$	$R_{\text{обт}} \text{ м}$	$R_{\text{нап}} \text{ м}$	$V_{\text{обт}} \text{ м}^3$	$V_{\text{нап}} \text{ м}^3$	$F_{\text{обт}} \text{ м}^2$	$F_{\text{нап}} \text{ м}^2$	$V_{\text{обт}}/V_{\text{нап}}$	$F_{\text{обт}}/F_{\text{нап}}$	$D_{\text{снб}}$
6	1,18	1,18	26,22799	13,114	53,20506	40,56973	2	1,311447	0,032
6	1,19	1,19	26,6745	13,33725	53,7307	40,95255	2	1,3120234	0,032
6	1,2	1,2	27,12478	13,56239	54,25759	41,33599	2	1,3125992	0,032
6	1,21	1,21	27,57882	13,78941	54,78574	41,72007	2	1,3131748	0,032
6	1,22	1,22	28,03663	14,01832	55,31514	42,10477	2	1,3137501	0,032
6	1,23	1,23	28,49821	14,24911	55,8458	42,4901	2	1,3143251	0,032
6	1,24	1,24	28,96356	14,48178	56,37772	42,87606	2	1,3148999	0,032
6	1,25	1,25	29,43268	14,71634	56,91089	43,26264	2	1,3154743	0,032
6	1,26	1,26	29,90556	14,95278	57,44532	43,64986	2	1,3160483	0,032
6	1,27	1,27	30,38221	15,19111	57,981	44,0377	2	1,316622	0,032
6	1,28	1,28	30,86263	15,43132	58,51794	44,42617	2	1,3171954	0,032
6	1,29	1,29	31,34682	15,67341	59,05614	44,81527	2	1,3177684	0,032
6	1,3	1,3	31,83478	15,91739	59,59559	45,20499	2	1,3183409	0,032
6	1,31	1,31	32,3265	16,16325	60,1363	45,59535	2	1,3189131	0,032
6	1,45	1,45	39,60628	19,80314	67,83809	51,12624	2	1,3268742	0,032
6	1,46	1,46	40,15452	20,07726	68,39764	51,52602	2	1,3274389	0,032
6	1,47	1,47	40,70653	20,35327	68,95844	51,92642	2	1,3280031	0,032
6	1,48	1,48	41,26231	20,63116	69,5205	52,32745	2	1,3285667	0,032
6	1,49	1,49	41,82186	20,91093	70,08382	52,72911	2	1,3285667	0,032
6	1,5	1,5	42,38518	21,19259	70,64839	53,13139	2	1,3291297	0,032
6	1,51	1,51	42,95226	21,47613	71,21422	53,53431	2	1,3302539	0,032
6	1,52	1,52	43,52311	21,76156	71,7813	53,93785	2	1,3308151	0,032
6	1,53	1,53	44,09773	22,04887	72,34964	54,34202	2	1,3313757	0,032

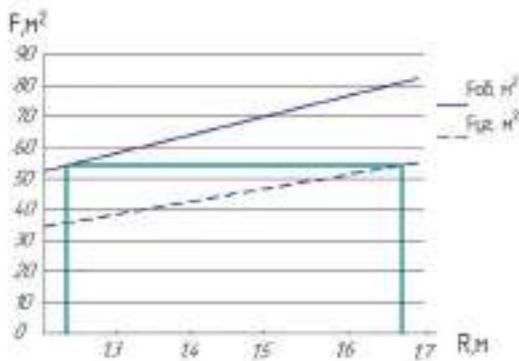


Рис. 4. Графическое изображение результатов расчета термостабилизаторов с диаметром испарителя 32 мм $\alpha = 150^\circ$
 Fig. 4. Graphical representation of thermostabilizers calculation results with evaporator diameter 32 mm $\alpha = 150^\circ$

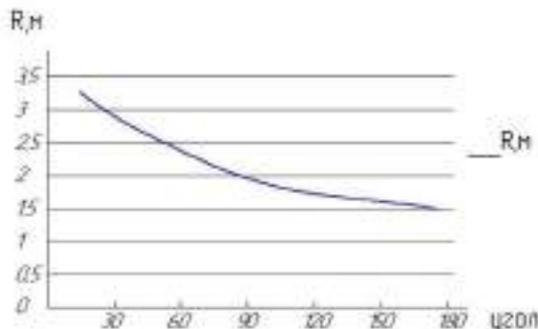


Рис. 5. Влияние центрального угла на увеличение радиуса заморозки в абсолютных показателях для диаметра испарителя, равного 32 мм
 Fig. 5. The effect of the central angle on the increase in the freezing radius in absolute terms for the evaporator diameter of 32 mm

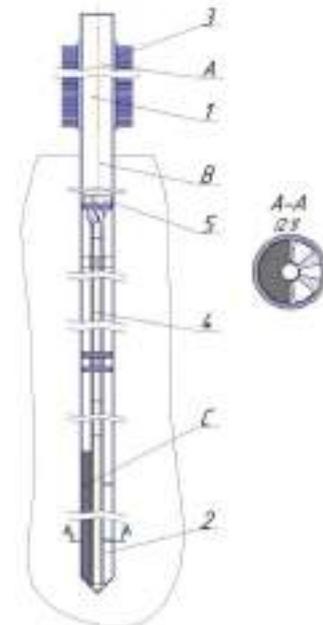


Рис. 6. Устройство термостабилизатора грунта направленного действия:
 1 — термосвая; 2 — испаритель; 3 — конденсатор;
 А, В — конденсаторные зоны;
 4 — промежуточная труба; 5 — воронка;
 С — зона, заполненная теплоизоляционным материалом
 Fig. 6. Soil directional action thermostabilizer:
 1 — thermopile; 2 — evaporator; 3 — capacitor;
 А, В — capacitor zones;
 4 — intermediate pipe; 5 — funnel;
 С — zone filled with heat-insulating material

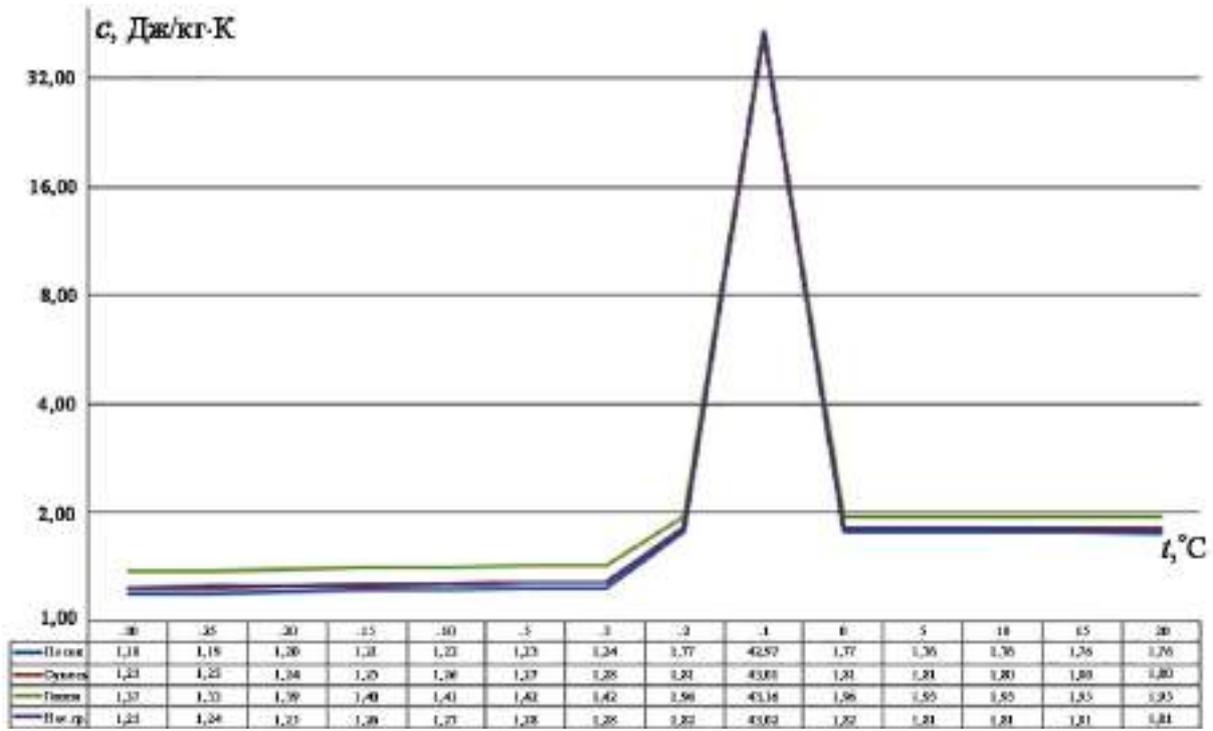


Рис. 7. Пик послепазового перехода
 Fig. 7. Peak after phase transition

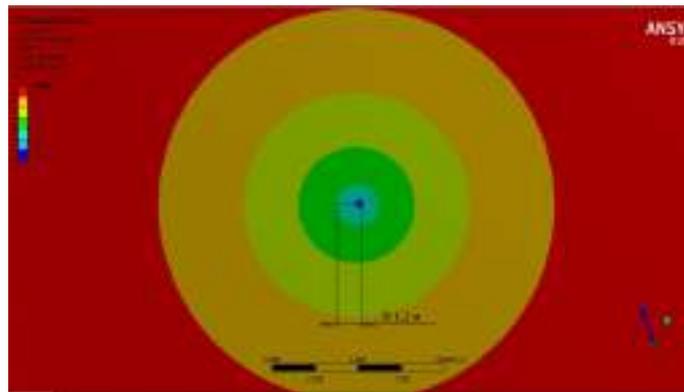


Рис. 8. Результаты расчетов термостабилизатора симметричного действия
 Fig. 8. The results of symmetrical action thermostabilizer calculations

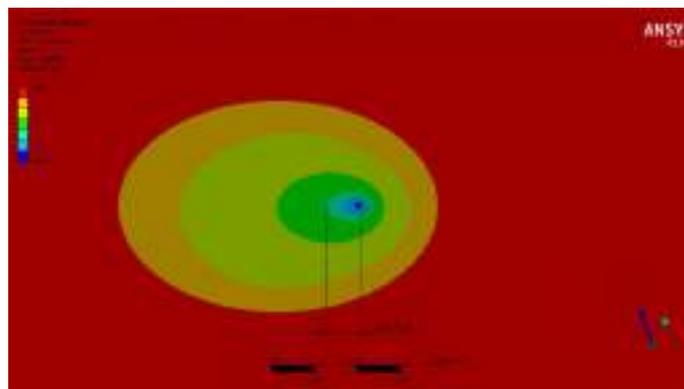


Рис. 9. Результаты расчетов термостабилизатора направленного действия
 Fig. 9. The results of directional action thermostabilizer calculations

Таким образом, проведенный предварительный анализ влияния изменения геометрии термостабилизатора, обеспечивающей переход от симметричных областей заморозки к направленным, показывает, что применение термостабилизатора направленного действия позволяет значительно увеличить радиус заморозки грунта. Однако при таком параметрическом анализе мы наблюдаем скорее качественную картину процесса, так как он не учитывает теплообмен между замороженным и талым грунтом по боковым граням центрального угла, который возрастает при уменьшении центрального угла.

Тем не менее качественная картина позволила разработать конструкцию термостабилизатора направленного действия, на которую был получен патент на полезную модель [3].

Суть патента заключается в том, что часть объема между опускной и наружной трубой испарителя заполняется теплоизоляционным материалом, создающим термическое сопротивление тепловому потоку от грунта к кипящему в испарительной зоне хладагенту.

Предложено устройство для аккумуляции холода (рис. 6), включающее трубу, выполненную в виде термоса 1, состоящую из испарителя 2, заполненного хладагентом, конденсатора 3, состоящего из конденсаторной зоны А и В. Термосвая 1, помещенная непосредственно в грунт на глубину до 50 метров, содержит испаритель 2, который через промежуточную трубу 4 соединен с воронкой 5. Воронка 5 расположена на необходимом расстоянии от конденсаторной зоны А и выполнена с трапециевидными отверстиями и бортиком, направленным в сторону движения пара для сбора испаряющихся паров и поступления их в зоны конденсации А и В во избежание попадания хладагента в отверстия. Часть испарительной зоны испарителя 2 изолирована теплоизоляционным материалом полипропиленом.

Для получения более точного результата оценки необходимо либо провести экспериментальные исследования, либо численное моделирование температурных полей грунта при использовании термостабилизаторов.

Лицензионные специализированные программы расчета прогноза полей температур в грунте, например, FROST 3D, являются коммерческими и недоступными для учебного процесса.

В данной работе для проведения анализа использовалась модель термостабилизатора направленного действия (по принципу, предложенному в патенте), созданная в программе SOLIDWORKS и импортированная в среду ANSYS для дальнейших расчетов. Чтобы получить адекватные результаты, необходимо подготовить базу данных, включающих в себя характеристики грунтов, материалов термостабилизатора и термоизоляции. Проводя динамический тепловой анализ с грунтом, необходимо задать удельную теплоемкость и изотропную теплопроводность. По данным геологической разведки составляются характеристики теплоемкости и теплопроводности для следующих слоев: песок, супесь, глина и нас. гр. Пик послефазового перехода отражает теплоту фазового перехода и разнесен по шкале температур на 2°C в связи с регуляризацией. Характер изменения теплофизических характеристик слоев грунта на примере теплоемкостей показан на рис. 7.

Данные расчета в ANSYS представлены на рис. 8–9, которые подтверждают и уточняют наблюдения при параметрическом анализе.

По результатам расчета в программе ANSYS видно, что радиус заморозки грунта с помощью термостабилизатора направленного действия с центральным углом $\alpha = 180^\circ$ больше радиуса при симметричном действии до 25 %.

Выводы и заключение

Таким образом, внедрение СОУ направленного действия позволяет либо расширить область применения термостабилизатора для укрепления фундаментов и опор уже построенных строительных объектов, либо сократить металлоёмкость конструкции термостабилизатора на те же условия заморозки грунта.

Список источников

- Карнаухов Н. Н. Механика мерзлых грунтов и принципы строительства нефтегазовых объектов в условиях Севера. М.: Изд-во ЦЕНТЛитНефтеГаз, 2008. 432 с. ISBN 978-5-902665-27-4.
- Пат. 168120 Российская Федерация, МПК Е 02 D 3/115. Устройство для аккумуляции холода / Евдокимов В. С., Расулов А. А., Максименко В. А., Максименко В. В., Пфафенрот В. В. № 2016114346; заявл. 13.04.2016; опубл. 18.01.2017, Бюл. № 2.
- Порхаев Г. В. Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномерзлыми грунтами. М.: Недра, 1970. 208 с.
- Порхаев Г. В., Щелоков В. К. Прогнозирование температурного режима вечномерзлых грунтов на застраиваемых территориях. Л.: Стройиздат, 1980. 112 с.
- СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Введ. 1990–01–01. М., 1990. 51 с.
- СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Введ. 2000–01–01. М., 2003. 109 с.
- Берлинов М. В. Основания и фундаменты. 4-е изд., испр. СПб.: Лань, 2011. 319 с. ISBN 978-5-8114-1200-6.
- Быкова А. В. Теплофизические основы получения искусственного холода: справ. М.: Пищевая промышленность, 1980. 272 с.
- Курылёв Е. С., Герасимов М. А. Холодильные установки. Л.: Машиностроение, 1980. 608 с.
- Stenbeck-Nielson H. C., Sweet L. R. Heating with ground heat: an energy saving method for home heating // The Northern. 1975. Vol. 7, № 1. P. 20–25.
- John O. Hallquist. LS-DYNA. Theoretical manual // Livermore Software Technology Corporation. 1998. 312 p.
- Williams P. J., Smith M. W. The frozen earth. Fundamentals of geocryology. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 328 p. ISBN 0-521-42423-4. DOI: 10.1017/S0032247400013231.
- Zhou Y. Approximate solution for the temperature field of 1-D soil freezing process in a semi-infinite region // Heat and Mass Transfer. 2013. Vol. 49, Issue 1. P. 75–84. DOI: 10.1007/s00231-005-0032-3.
- Lee Huei-Huang. Finite element simulations with ANSYS Workbench 17. SDC Publications, 2017. 608 p. ISBN 978-1-63057-088-0.
- Zhang G. Engineering analysis with ANSYS Workbench 18. College House Enterprises, LLC, 2017. 610 p. ISBN 978-1-93567-338-5.
- Jessberger Hans L. Ground Freezing. Elsevier Science, 1979. 558 p. eISBN 978-0-44460-196-4.
- Logg A., Mardal Kent-Andre, Wells Garth N. Automated solution of differential equations by the finite element method. Method: The FEniCS Book. Springer Science & Business Media, 2012. 731 p. ISBN 978-3-64223-099-8.

Для цитирования

МАКСИМЕНКО Василий Александрович, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология». SPIN-код: 2836-4699; AuthorID (РИНЦ): 684457

AuthorID (SCOPUS): 8300390200

Адрес для переписки: maxw52@mail.ru

МАКСИМЕНКО Василий Васильевич, магистр по направлению «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

ШИРАЖИЕВ Арслан Жасуланович, студент гр. Хм-171 факультета элитного образования и магистратуры.

Адрес для переписки: asianspirit@mail.ru

Максименко В. А., Максименко В. В., Ширажиев А. Ж. Разработка конструкции и методики моделирования термостабилизатора грунта направленного действия // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2017. Т. 1, № 2. С. 58–64. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-58-64.

Статья поступила в редакцию 02.04.2018 г.

© В. А. Максименко, В. В. Максименко, А. Ж. Ширажиев

DEVELOPMENT OF DESIGN AND METHODS FOR SOIL DIRECTIONAL THERMOSTABILIZER SIMULATION

V. A. Maksimenko, V. V. Maksimenko, A. Zh. Shirazhiyev

Omsk State Technical University,
Russia, Omsk, Mira Ave., 11, 644050

This article is devoted to the study of the directional thermostabilizer efficiency. A parametric analysis determining the freezing radius on the central angle of the evaporation zone active surface dependence is performed. The frost halo results comparison, that is obtained in the ANSYS environment made around a symmetric and directional action thermostabilizer.

Keywords: directional action thermostabilizer, symmetric action thermostabilizer, thermostabilization, frozen soil, seasonal cooling device, ANSYS.

References

1. Karnaukhov N. N. Mekhanika merzlykh gruntov i printsipy stroitel'stva neftegazovykh ob'yektov v usloviyakh severa [The frozen soils mechanics and principles of oil and gas facilities construction in the conditions of the north]. Moscow: CentLitNefteGaz Publ., 2008. 432 p. ISBN 978-5-902665-27-4. (In Russ.).
2. Patent 168120 RF, MPK E 02 D 3/115. Ustroystvo dlya akkumulyatsii kholoda [Device for cold accumulation]. Evdokimov V. S., Rasulov A. A., Maksimenko V. A., Maksimenko V. V., Pfaferot V. V. No. 2016114346. (In Russ.).
3. Porkhayev G. V. Teplovoye vzaimodeystviye zdaniy i sooruzheniy s vechnomerzlymi gruntami [Thermal interaction of buildings and structures with permafrost soils]. Moscow: Nedra Publ., 1970. 208 p. (In Russ.).
4. Porkhayev G. V., Shchelokov V. K. Prognozirovaniye temperaturnogo rezhima vechnomerzlykh gruntov na zastrai-vayemykh territoriyakh [Forecasting the temperature regime of permafrost soils in the developed territories]. Leningrad: Stroyizdat Publ., 1980. 112 p. (In Russ.).
5. SNiP 2.02.04-88. Osnovaniya i fundamente na vech-nomerzlykh gruntakh [Foundations on permafrost soils]. Introduced 1990–01–01. M., 1990. 51 p. (In Russ.).
6. SNiP 23-01-99 Stroitel'naya klimatologiya [Building cli-matology]. Introduced 2000–01–01. M., 2003. 109 p. (In Russ.).
7. Berlinov M. V. Osnovaniya i fundamente [Foundations and subtractions]. 4th ed. St.-Petersburg: Lan' Publ., 2011. 319 p. ISBN 978-5-8114-1200-6. (In Russ.).
8. Bykova A. V. Teplofizicheskiye osnovy polucheniya iskusstvennogo kholoda: Spravochnik [Theoretical foundations of obtaining artificial cold: Directory]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1980. 272 p. (In Russ.).
9. Kurylev E. S., Gerasimov M. A. Kholodil'nyye ustanovki [Refrigeration plants]. Leningrad: Mashinostroyeniye Publ., 1980. 608 p. (In Russ.).
10. Stenbeak-Nielson H. C., Sweet L. R. Heating with ground heat: an energy saving method for home heating // The Northern. 1975. Vol. 7, no. 1. P. 20–25. (In Engl.).
11. John O. Hallquist. LS-DYNA. Theoretical manual // Livermore Software Technology Corporation, 1998. 312 p. (In Engl.).
12. Williams P. J., Smith M. W. The frozen earth. Fundamentals of geocryology. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 328 p. ISBN 0-521-42423-4. DOI: 10.1017/S0032247400013231. (In Engl.).
13. Zhou Y. Approximate solution for the temperature field of 1-D soil freezing process in a semi-infinite region // Heat and Mass Transfer. 2013. Vol. 49, Issue 1. P. 75–84. DOI: 10.1007/s00231-005-0032-3. (In Engl.).
14. Lee Huei-Huang. Finite element simulations with ANSYS Workbench 17. SDC Publications, 2017. 608 p. ISBN 978-1-63057-088-0. (In Engl.).
15. Zhang G. Engineering analysis with ANSYS Workbench 18. College House Enterprises, LLC, 2017. 610 p. ISBN 978-1-93567-338-5. (In Engl.).
16. Jessberger Hans L. Ground Freezing. Elsevier Science, 1979. 558 p. eISBN 978-0-44460-196-4. (In Engl.).
17. Logg A., Mardal Kent-Andre, Wells Garth N. Automated solution of differential equations by the finite element method. Method: The FEniCS Book. Springer Science & Business Media, 2012. 731 p. ISBN 978-3-64223-099-8 (In Engl.).

MAKSIMENKO Vasiliy Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Refrigeration and Compressor Engineering and Technology Department.
SPIN-code: 2836-4699
AuthorID (RSCI): 684457
AuthorID (SCOPUS): 8300390200
Address for correspondence: maxw52@mail.ru
MAKSIMENKO Vasiliy Vasil'yevich, Master's Degree Student Refrigeration, Cryogenic Equipment and Life Support Systems.
SHIRAZHIYEV Arslan Zhasulanovich, Student gr. Hm-171 of Elite Education and Magistracy Department.
Address for correspondence: asianspirit@mail.ru

For citations

Maksimenko V. A., Maksimenko V. V., Shirazhiyev A. Zh. Development of design and methods for soil directional thermostabilizer simulation // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2018. Vol. 2, no. 1. P. 58–64. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-58-64.

Received 02 April 2018.

© V. A. Maksimenko, V. V. Maksimenko, A. Zh. Shirazhiyev