

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2786189

СПОСОБ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА ВОКРУГ СВАЙ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Лаврик Александр Юрьевич (RU), Буслаев Георгий Викторович (RU), Двойников Михаил Владимирович (RU), Лаврик Анна Юрьевна (RU)*

Заявка № 2022120526

Приоритет изобретения 27 июля 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 19 декабря 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 27 июля 2042 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E02D 27/35 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022120526, 27.07.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2022

Дата регистрации:
19.12.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.07.2022

(45) Опубликовано: 19.12.2022 Бюл. № 35

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Лаврик Александр Юрьевич (RU),
Буслаев Георгий Викторович (RU),
Двойников Михаил Владимирович (RU),
Лаврик Анна Юрьевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2552253 C1, 10.06.2015. RU
2531155 C1, 20.10.2014. RU 100094 U1, 10.12.2010.
RU 163882 U1, 10.08.2016. RU 2768247 C1,
23.03.2022. US 3788389 A1, 29.01.1974.

(54) СПОСОБ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА ВОКРУГ СВАЙ

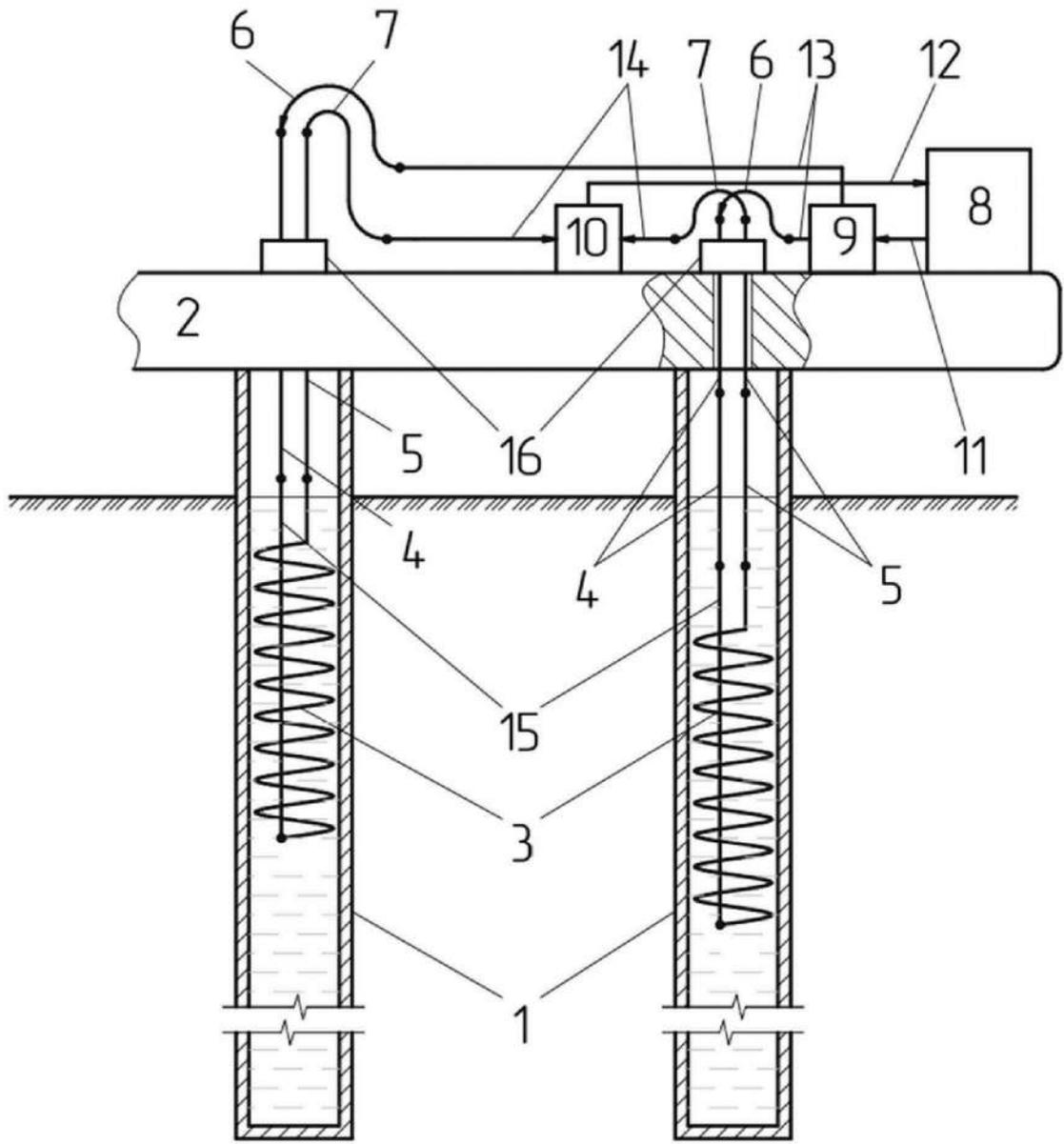
(57) Реферат:

Изобретение относится к области термостабилизации грунта вокруг свай методом принудительной регулируемой подачи в термоэлементы теплоносителя заданной температуры от холодильной машины. Способ термостабилизации грунта вокруг свай включает промораживание массива многолетнемёрзлого грунта со сваями, термоэлементами методом принудительной регулируемой подачи в них теплоносителя заданной температуры от внешнего источника охлаждения. Охлаждённый теплоноситель с выхода холодильной машины подают по трубке на вход коллектора охлаждённого теплоносителя, где он распределяется по магистралям, затем поступает последовательно в шланг, транспортные участки, трубку ввода и термоэлемент, который

установлен внутри сваи на глубине, которая зависит от зоны растепления грунта, а внутреннее пространство сваи заполнено незамерзающей жидкостью, при этом происходит улучшение теплообмена между корпусом сваи и термоэлементом. Проходя по термоэлементу, теплоноситель нагревается, а температура корпуса сваи и прилегающего к свае грунта снижается, после этого нагретый теплоноситель последовательно поступает на транспортные участки с нагретым теплоносителем, шланг, магистраль и коллектор, на вход холодильной машины. Технический результат состоит в повышении эффективности процесса термостабилизации грунта. 1 з.п. ф-лы, 2 ил., 1 табл.

RU 2 786 189 C1

RU 2 786 189 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E02D 27/35 (2022.08)

(21)(22) Application: **2022120526, 27.07.2022**

(24) Effective date for property rights:
27.07.2022

Registration date:
19.12.2022

Priority:

(22) Date of filing: **27.07.2022**

(45) Date of publication: **19.12.2022 Bull. № 35**

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Lavrik Aleksandr Iurevich (RU),
Buslaev Georgii Viktorovich (RU),
Dvoynikov Mikhail Vladimirovich (RU),
Lavrik Anna Iurevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR THERMOSTABILIZATION OF SOIL AROUND PILES**

(57) Abstract:

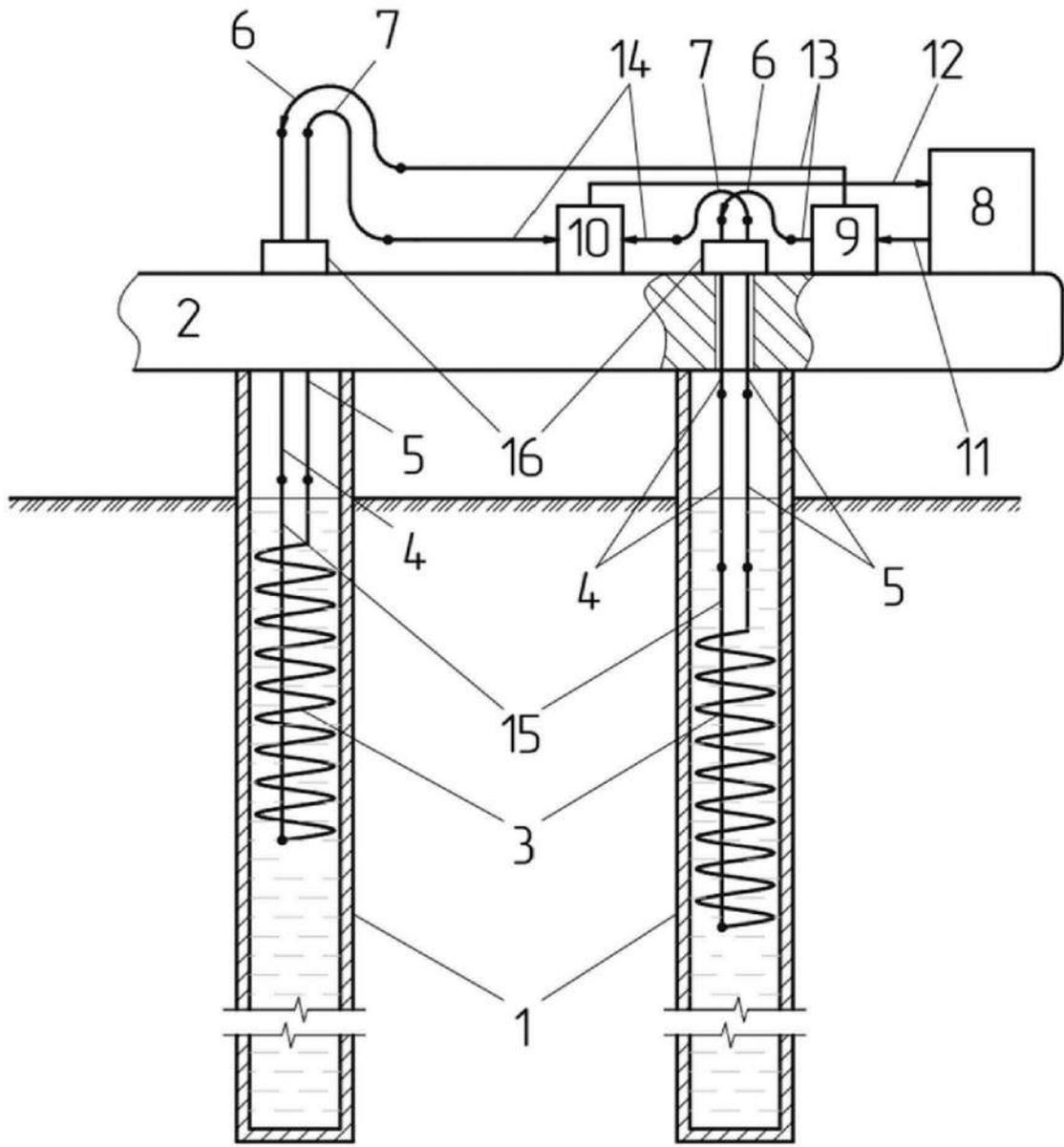
FIELD: soil thermal stabilization.

SUBSTANCE: invention relates to the field of thermal stabilization of the soil around the piles by the method for forced controlled supply of a coolant of a given temperature to the thermoelements from a refrigeration machine. The method for thermal stabilization of the soil around the piles includes freezing the array of permafrost soil with piles, thermoelements by the method for forced controlled supply of a coolant of a given temperature to them from an external cooling source. The cooled coolant from the outlet of the refrigeration machine is fed through a tube to the inlet of the cooled coolant collector, where it is distributed along the mains, then it enters sequentially into the hose, transport sections, inlet pipe

and thermoelement, which is installed inside the pile at a depth that depends on the zone of soil thawing, and The inner space of the pile is filled with a non-freezing liquid, which improves the heat exchange between the pile body and the thermoelement. Passing through the thermoelement, the coolant heats up, and the temperature of the pile body and the soil adjacent to the pile decreases, after which the heated coolant sequentially enters the transport sections with the heated coolant, the hose, the line and the collector, at the inlet of the refrigeration machine.

EFFECT: increasing the efficiency of the soil thermal stabilization process.

2 cl, 2 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

Изобретение относится к области термостабилизации многолетнемерзлых грунтов для обеспечения устойчивости свайных фундаментов.

Известен способ термостабилизации грунта (Горелик Я.Б., Хабитов А.Х. Об эффективности применения термостабилизаторов при строительстве на многолетнемерзлых грунтах // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика, т. 5, №3, 2019, с. 25-46), включающий размещение внутри корпуса полый сваи испарителя термостабилизатора и вынесение оребренного конденсатора за пределы корпуса сваи в надземной части.

Недостатком способа является недостаточная интенсивность замораживания грунта, а также полная остановка процесса замораживания в тёплое время года.

Известен способ промерзания грунта под действием термоопоры (Окороков Н.С., Коркишко А.Н., Коржикова А.П. Экспериментальное исследование принудительно вентилируемой сваи / Вестник МГСУ, т. 15, №5, 2020, с. 665-677), при котором термостабилизацию грунта обеспечивают путём принудительной вентиляции холодного воздуха холодильной машины по телу сваи, погружённой в грунт.

Недостатком устройства является использование в качестве хладагента воздуха, обладающего худшими показателями теплоёмкости по сравнению с незамерзающими жидкостями.

Известен способ охлаждения грунта и тепловая свая для его охлаждения (патент РФ 2256746, опубл. 20.07.2005), включающий конденсацию пара рабочей жидкости в конденсаторной полости путем охлаждения ее окружающей средой над поверхностью грунта, транспортировку сконденсированной жидкости под действием силы тяжести по транспортировочной магистрали в испарительную полость с последующим ее испарением в ней и обратной транспортировкой пара в конденсаторную полость. Конденсацию пара рабочей жидкости осуществляют в объеме, большем объема, в котором осуществляют испарение рабочей жидкости.

Недостатком способа является недостаточная интенсивность замораживания грунта, а также полная остановка процесса замораживания в тёплое время года.

Известен способ принудительного понижения температуры вечномерзлого грунта в основаниях свайных фундаментов опор эксплуатируемого моста (патент РФ 2731343, опубл. 01.09.2020), в соответствии с которым при необходимости принудительной проморозки холодным воздухом от воздушной турбохолодильной машины продувают стволы сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) после полной откачки из них жидкого хладоносителя, который снова заливают в стволы СОУ после достижения грунтами оснований расчетных отрицательных значений температуры.

Недостатком способа является трудоёмкость процессов откачки и закачки жидкого хладоносителя, а также риск утечек хладагента.

Известен способ устройства плитного фундамента на сваях для резервуара с низкотемпературным продуктом (патент РФ 2552253, опубл. 10.06.2015), принятый за прототип, включающий дополнительное промораживание массива вечномерзлого грунта со сваями с помощью глубинных термоэлементов методом принудительной регулируемой подачи в них хладагента заданной температуры от внешнего источника его охлаждения по закольцованным распределительным магистралям. Для замораживания грунтового основания под плитой в процессе хранения продукта используют его собственную отрицательную температуру, при этом через определенное время, когда ореол промерзания грунтового основания от воздействия низкотемпературного продукта в резервуаре достигнет расчетных температур,

дополнительное принудительное промораживание глубинными термоэлементами частично или полностью прекращают. При необходимости усиления отдельных участков свайного основания, в отдельные магистрали отдельных секторов подается хладагент с более низкой температурой, чем в остальных секторах.

5 Недостатком способа является необходимость бурения скважин для глубинных термоэлементов. Другим недостатком является то, что для замораживания отдельных участков свайного основания с отличающейся интенсивностью необходимо получать хладагент разных температур.

10 Техническим результатом способа является повышение эффективности процесса термостабилизации грунта.

Технический результат достигается тем, что охлаждённый теплоноситель с выхода холодильной машины подается по трубке на вход коллектора охлаждённого теплоносителя, где он распределяется по магистралям, затем поступает последовательно в шланг, транспортные участки, трубку ввода и термоэлемент, который установлен
15 внутри сваи на глубине, которая зависит от зоны растепления грунта, а внутреннее пространство сваи заполнено незамерзающей жидкостью, при этом происходит улучшение теплообмена между корпусом сваи и термоэлементом, проходя по термоэлементу, теплоноситель нагревается, а температура корпуса сваи и прилегающего к свае грунта снижается, после этого нагретый теплоноситель последовательно
20 поступает на транспортные участки с нагретым теплоносителем, шланг, магистраль и коллектор, на вход холодильной машины. При увеличении глубины опускания термоэлементов последовательно устанавливаются дополнительные транспортные участки.

Способ термостабилизации грунта вокруг сваи поясняется следующей фигурой:
25 фиг. 1 – схема размещения оборудования для заморозки грунта на плите и в сваях;
фиг. 2 – результаты моделирования, где:

- 1 – свая;
- 2 – плита;
- 3 – термоэлемент;
- 30 4 – транспортный участок с охлаждённым теплоносителем;
- 5 – транспортный участок с нагретым теплоносителем;
- 6 – шланг с охлаждённым теплоносителем;
- 7 – шланг с нагретым теплоносителем;
- 8 – холодильная машина;
- 35 9 – коллектор охлаждённого теплоносителя;
- 10 – коллектор нагретого теплоносителя;
- 11 – трубка с охлаждённым теплоносителем;
- 12 – трубка с нагретым теплоносителем;
- 13 – магистраль с охлаждённым теплоносителем;
- 40 14 – магистраль с нагретым теплоносителем;
- 15 – трубка ввода;
- 16 – устройство подвеса.

Способ реализуется следующим образом. На сваях 1, заглубленных в грунт и образующих свайное поле, закреплена плита 2, на которой установлен внешний источник
45 охлаждения, в качестве которого используют холодильную машину 8. В качестве холодильной машины 8 может быть использована абсорбционная холодильная машина, работающая за счёт избытков тепловой энергии от оборудования, размещённого на плите 2, или компрессорная холодильная машина. Охлаждённый теплоноситель с

выхода холодильной машины 8 поступает по трубке с охлаждённым теплоносителем 11 на вход коллектора охлаждённого теплоносителя 9, в котором распределяется по магистральям с охлаждённым теплоносителем 13. После этого охлаждённый теплоноситель поступает последовательно в шланг с охлаждённым теплоносителем 6, транспортные участки с охлаждённым теплоносителем 4 и трубку ввода 15. Затем охлаждённый теплоноситель поступает на вход термоэлемента 3, который установлен внутри сваи 1 на глубине, зависящей от зоны растепления грунта. При необходимости внутри каждой сваи 1 может использоваться несколько термоэлементов 3, установленных последовательно, при этом последовательно устанавливаются несколько трубок ввода 15. Для улучшения теплообмена между корпусом сваи 1 и термоэлементом 3 внутреннее пространство сваи 1 заполняется незамерзающей жидкостью, например – керосином. Проходя по термоэлементу 3, теплоноситель нагревается, а температура корпуса сваи 1 в зоне расположения термоэлемента 3 и температура прилегающего к свае 1 грунта снижается. Нагретый теплоноситель с выхода термоэлемента 3 поступает последовательно на транспортные участки с нагретым теплоносителем 5, шланг с нагретым теплоносителем 7 и магистраль с нагретым теплоносителем 14. Затем нагретый теплоноситель поступает в коллектор нагретого теплоносителя 10, с выхода которого через трубку с нагретым теплоносителем 12 теплоноситель подаётся на вход холодильной машины 8. В холодильной машине 8 теплоноситель охлаждается и подаётся на трубку с охлаждённым теплоносителем 11. Затем цикл циркуляции теплоносителя по замкнутому контуру повторяется.

При увеличении глубины опускания термоэлементов 3 последовательно устанавливаются дополнительные транспортные участки с охлаждённым теплоносителем 4, аналогично последовательно устанавливаются дополнительные транспортные участки с нагретым теплоносителем 5. Для закрепления термоэлемента 3 на плите 2 установлено устройство подвеса 16, которое фиксирует транспортный участок с охлаждённым теплоносителем 4 и транспортный участок с нагретым теплоносителем 5. Фиксация в устройстве подвеса 16 может осуществляться путём зажима винтами.

Способ поясняется следующим примером. В программном комплексе COMSOL Multiphysics построена модель свайного основания. Свайное основание включает стальную плиту длиной 8 м, шириной 5 м и высотой 0,2 м. Плита закреплена на расположенных в одной плоскости трёх стальных полых сваях диаметром 0,4 м, длиной 10 м, с толщиной стенки 10 мм, и расположена на высоте 2 м над поверхностью земли. На плите установлен объект с мощностью теплового излучения 10 кВт. Внутри свай установлены термоэлементы, изготовленные из медной тонкостенной трубки с наружным диаметром 15 мм, причём расстояние между термоэлементами и внутренней стенкой сваи составляет 20 мм. Термоэлементы представляют собой спирали с 20 витками, межвитковым расстоянием 0,1 м. Внутреннее пространство свай заполнено керосином до уровня поверхности земли, верхнюю часть внутреннего пространства свай занимает воздух. Транспортные участки изготовлены из меди. В транспортные участки подаётся хладон R20, охлаждённый до температуры -3 °С. Транспортные участки с охлаждённым теплоносителем теплоизолированы с помощью полиуретановой трубы с толщиной стенки 50 мм, плотно прилегающей к транспортному участку с охлаждённым теплоносителем.

В модели задана скорость теплопереноса в воздушной части расчётной области, составляющая 0,2 м/с. Температура воздуха на границах расчётной области, кроме границы, в сторону которой направлен теплоперенос за счёт ветра, задана равной +8 °С. Начальные условия выше поверхности земли +8 °С. Начальные условия ниже

поверхности земли $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, кроме транспортных участков с полиуретановой теплоизоляцией и термоэлементов, для которых начальная температура задана равной $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Проведено моделирование стационарного процесса термостабилизации грунта вокруг свай. В ходе моделирования изменялась глубина опускания термоэлементов внутри свай, при этом длина транспортных участков с полиуретановой изоляцией увеличивалась на необходимую величину. Результаты моделирования температурного поля прилегающего к сваям грунта при некоторых вариантах размещения термоэлементов внутри свай показаны в таблице 1.

Таблица 1. Варианты размещения змеевиков внутри свай и результаты моделирования температурного поля прилегающего к сваям грунта

| № | Глубина опускания верхней части термоэлемента относительно уровня земли, м | | | Средняя температура поверхности свай ниже уровня земли, $^{\circ}\text{C}$ | | | Средняя температура грунта в расчётной области, $^{\circ}\text{C}$ | |
|---|--|--------|--------|--|--------|--------|--|----------|
| | Свая 1 | Свая 2 | Свая 3 | Свая 1 | Свая 2 | Свая 3 | в сечении | в объёме |
| 1 | Термоэлементы отсутствуют | | | 1,01 | 0,79 | 0,54 | -0,46 | -0,81 |
| 2 | 1 | | | -0,87 | -1,05 | -1,12 | -0,58 | -0,84 |
| 3 | 1,5 | | | -0,90 | -1,06 | -1,13 | -0,64 | -0,82 |
| 4 | 2 | | | -0,81 | -1,00 | -1,08 | -0,62 | -0,88 |
| 5 | 3 | | | -0,84 | -0,97 | -1,02 | -0,61 | -0,85 |
| 6 | 1,5 | 1 | 1 | -0,88 | -1,10 | -1,19 | -0,68 | -0,90 |
| 7 | 2 | 1 | 1 | -0,85 | -1,13 | -1,22 | -0,68 | -0,92 |
| 8 | 3 | 1 | 1 | -1,02 | -1,24 | -1,31 | -0,72 | -0,91 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | -0,68 | -1,09 | -1,14 | -0,62 | -0,86 |

Анализ результатов моделирования показал, что при заданных условиях различная глубина погружения термоэлементов внутри трёх свай приводит к более низким температурам грунта, чем при одинаковой глубине погружения термоэлементов. На фиг. 2 показаны результаты моделирования, изотермы приведены для варианта № 8 таблицы 1. Управляемость процесса заморозки грунта обеспечивается как регулированием подачи теплоносителя холодильной машиной 8, так и регулированием глубины опускания термоэлемента 3 внутри свай 1.

Повышение эффективности процесса термостабилизации грунта достигается за счет расположения термоэлементов для замораживания грунта внутри свай, а также за счёт возможности регулирования глубины опускания термоэлементов. При увеличении глубины опускания термоэлементов последовательно устанавливают дополнительные транспортные участки с охлаждённым теплоносителем, а также последовательно устанавливают дополнительные транспортные участки с охлаждённым теплоносителем. Для улучшения теплообмена между корпусом свай и термоэлементом внутреннее пространство свай заполняют незамерзающей жидкостью.

(57) Формула изобретения

1. Способ термостабилизации грунта вокруг свай, включающий промораживание массива многолетнемёрзлого грунта со сваями, термоэлементами методом принудительной регулируемой подачи в них теплоносителя заданной температуры от внешнего источника охлаждения, отличающийся тем, что охлаждённый теплоноситель с выхода холодильной машины подают по трубке на вход коллектора охлаждённого теплоносителя, где он распределяется по магистралям, затем поступает последовательно в шланг, транспортные участки, трубку ввода и термоэлемент, который установлен внутри свай на глубине, которая зависит от зоны растепления грунта, а внутреннее пространство свай заполнено незамерзающей жидкостью, при этом происходит

улучшение теплообмена между корпусом сваи и термоэлементом, проходя по термоэлементу, теплоноситель нагревается, а температура корпуса сваи и прилегающего к свае грунта снижается, после этого нагретый теплоноситель последовательно поступает на транспортные участки с нагретым теплоносителем, шланг, магистраль и коллектор, на вход холодильной машины.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при увеличении глубины опускания термоэлементов последовательно устанавливают дополнительные транспортные участки.

10

15

20

25

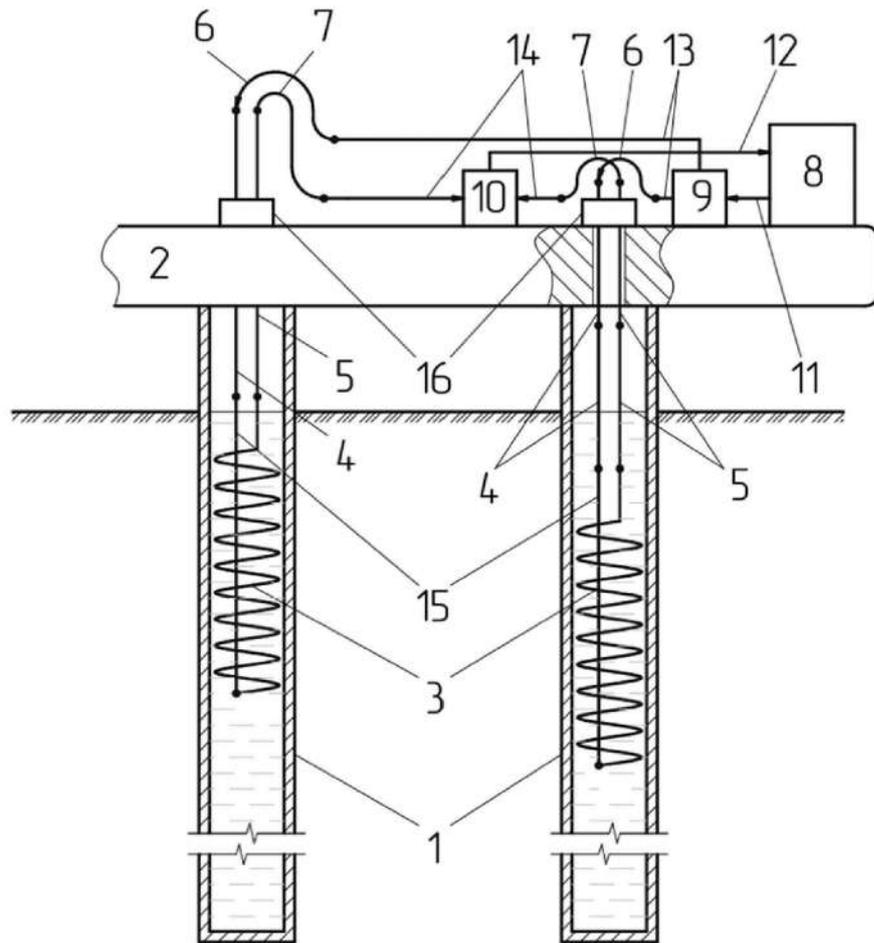
30

35

40

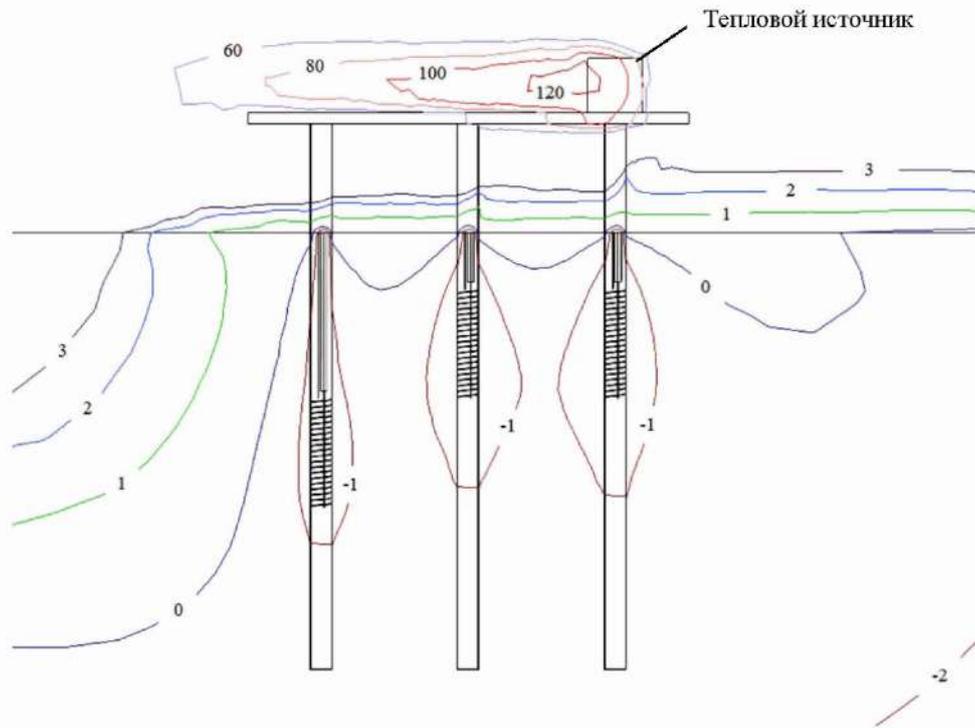
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2