

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9186

(13) U

(46) 2013.04.30

(51) МПК

E 04D 5/22 (2006.01)

F 24D 11/00 (2006.01)

(54)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СВАЯ

(21) Номер заявки: u 20120992

(22) 2012.11.15

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный техно-
логический университет" (ВУ)

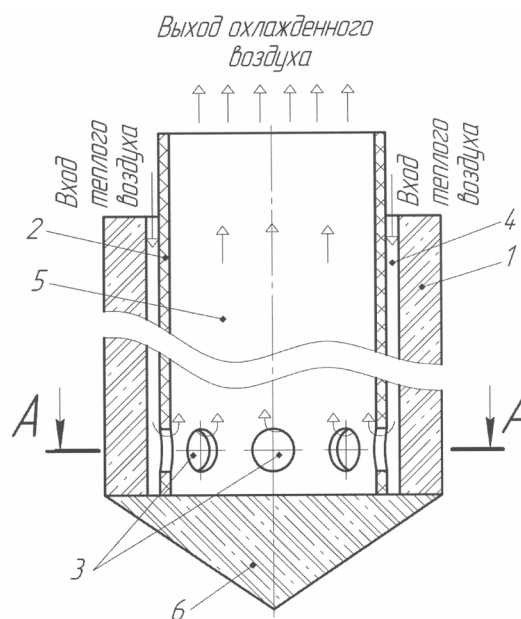
(72) Авторы: Филатов Святослав Олегович;
Кунтыш Владимир Борисович; Воло-
дин Виктор Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
технологический университет" (ВУ)

(57)

1. Энергетическая свая, включающая корпус в виде железобетонной вертикальной трубы круглого поперечного сечения с теплоносителем, отличающаяся тем, что соосно в ней на всю длину установлена труба из низкотеплопроводного материала с несколькими боковыми отверстиями на нижнем конце и газообразным теплоносителем.

2. Энергетическая свая по п. 1, отличающаяся тем, что на внутренней поверхности стенки корпуса содержится два симметрично расположенных продольных паза для закрепления в них продольных ребер на наружной поверхности трубы из низкотеплопроводного материала, причем длина продольных ребер меньше высоты энергетической сваи.



Фиг. 1

ВУ 9186 U 2013.04.30

(56)

1. Справочник по климату СССР. Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Упр. гидрометеорол. службы БССР. Минская гидрометеорол. обсерватория. - Вып. 7: Белорусская ССР. Ч. 2. Температура воздуха и почвы, 1965. - С. 208-213.

2. Dibowski H.-G. Auf Basis umfangreicher Messdatensätzen numerisch und experimentell validierte Regeln zur Auslegung der LEWT: Dissertation...Doktoringenieur / H.-G. Dibowski. - Kassel, 2003. - P. 1-3.

3. Витязь И.П., Данилевский Л.Н., Кабашников В.П., Некрасов В.П. Математическая модель грунтового теплообменника для систем вентиляции. Теплообмен ММФ-2000, 2000. - Т. 10. - С. 115-122.

4. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием тепловой энергии поверхностных слоев Земли. - М.: Издательский дом "Граница", 2006. - С. 13-17, 160.

5. Накорчевский А.И., Басок Б.И. Оптимальная конструкция грунтовых теплообменников. // Пром. теплотехника, 2005. - Т. 27. - № 6. - С. 27-31.

6. Патент US 005816314A, МПК F 28D 21/00, 1998.

7. Патент US 20080289795A1, МПК F 24J 3/08, 2008.

8. Патент US 2011/0232795A1, МПК F 16L 9/00, 2011.

9. СТБ 1075-97. Сваи железобетонные. Общие технические условия.

10. Гершкович В.Ф. Энергетические сваи // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. - № 8. - 2009. - С. 47-50 (прототип).

Полезная модель относится к конструкциям энергетических свай, работающих в системах с охлаждением или нагревом воздуха.

В настоящее время для кондиционирования зданий практически повсеместно используются системы на основе компрессионного трансформатора теплоты типа воздух-воздух. Несмотря на такие преимущества, как компактность и простота устройства таких систем, они обладают рядом существенных недостатков:

большие затраты электрической энергии на привод компрессора (20-50 % от тепловой мощности), что предполагает повышенные финансовые затраты на электроэнергию;

возможные утечки хладагента, что негативно сказывается на экологической безопасности;

сильная зависимость холодильной мощности от температуры атмосферного воздуха, подверженной существенным колебаниям как в течение суток, так и в годовом периоде, что негативно отражается на надежности работы системы;

расположение части установки на фасаде здания, что увеличивает механическую нагрузку на стены и негативно сказывается на эстетичности зданий.

Одним из решений вышеназванных проблем является применение в системах кондиционирования грунтовых теплообменников. При этом для охлаждения воздуха используется способность грунта сохранять значительно меньшую температуру (6-8 °С для территории Республики Беларусь на глубинах ниже уровня сезонных колебаний температуры грунта [1]) по сравнению с воздухом окружающей среды в жаркий период года. Наибольшее распространение среди таких систем получили горизонтальные воздушные грунтовые теплообменники [2, 3], состоящие из уложенных в грунт труб, по которым движется воздух. Главным недостатком таких систем является большая занимаемая площадь, что определило их рациональное применение лишь в индивидуальных домах с большим участком. Также для таких грунтовых теплообменников существенными являются затраты на земельные работы.

Более выигрышными по критерию занимаемой площади являются вертикальные грунтовые теплообменники и энергетические сваи, получившие большое распространение в теплонасосной технике [4].

Существующие системы грунтового охлаждения воздуха на основе вертикальных грунтовых теплообменников несколько сложнее горизонтальных систем. В этом случае воздух подается не непосредственно в вертикальный грунтовой теплообменник, как это происходило в горизонтальных системах, а в газожидкостный теплообменник (либо теплообменник другого типа, например бетонные охлаждающие панели), который по стороне жидкого теплоносителя соединен в контур с вертикальным грунтовым теплообменником. Наиболее распространенными типами вертикальных грунтовых теплообменников являются теплообменники с одной или несколькими U-образными трубами [4, 5], а также коаксиальные теплообменники, состоящие из двух труб [4, 5]. Известны также вертикальные грунтовые теплообменники более сложной конфигурации [6-8]. Так, в патенте [6] для увеличения теплообменной поверхности предлагается использовать спиральный теплообменник, а в патентах [7, 8] предлагаются усовершенствованные коаксиальные теплообменники с каналами сложной формы, позволяющие уменьшить тепловой поток между восходящим и нисходящим потоками теплоносителя.

Несмотря на ряд усовершенствований, предложенных в [6-8], главным ограничением на теплообменную поверхность, а соответственно и на тепловой поток вертикального грунтового теплообменника таких типов, является диаметр скважины, большая величина которого ограничена повышенными затратами на бурение. Согласно работе [4], оптимальным диапазоном диаметра скважины является 160-200 мм. Дальнейшее увеличение данного параметра будет связано с неоправданно большими затратами на сооружение скважины [4].

Ввиду большой стоимости металлических труб, несмотря на их высокую теплопроводность, в практике сооружения вертикальных грунтовых теплообменников отказались от их использования, отдав предпочтение более дешевым полимерным трубам. При этом одной из проблем стало высокое термическое сопротивление, обусловленное низким коэффициентом теплопроводности полимерных труб. Этот фактор снижает тепловой поток вертикального грунтового теплообменника.

Также существенным недостатком таких систем является необходимость обеспечения повышенной герметичности трубопроводов, располагаемых в скважине, ввиду предотвращения утечек теплоносителя в грунт.

Кроме того, недостатками таких систем являются наличие дорогостоящего теплоносителя, дополнительные затраты на газожидкостный теплообменник, а также затраты на прокачку воздуха, обусловленные аэродинамическим сопротивлением газожидкостного теплообменника.

Следующим направлением совершенствования вертикальных грунтовых теплообменников стало использование в строящихся зданиях энергетических свай, которые представляют собой строительные сваи с замоноличенными в них трубами, по которым прокачивается теплоноситель.

В этом случае по сравнению с обыкновенными вертикальными грунтовыми теплообменниками (U-образные [4, 5], коаксиальные [4, 5], змеевиковые [6], со сложной формой каналов [7, 8]) энергетические сваи обладают двумя принципиальными различиями:

благодаря большим диаметрам свай (например, 1000-3000 мм для свай марки СО, 400-800 мм для свай марки СКП [9]) можно достичь большей поверхности теплообмена, а соответственно, и больших тепловых потоков в грунтовой теплообменнике;

из-за того что затраты на создание скважин под строительные сваи входят в стоимость строительства здания, данные затраты можно исключить из капитальных затрат на создание скважины непосредственно под вертикальный грунтовой теплообменник.

Несмотря на указанные преимущества энергетических свай по сравнению с обычными вертикальными грунтовыми теплообменниками, нерешенными остаются следующие проблемы, присущие обоим типам теплообменников:

большое термическое сопротивление применяемых полимерных труб;

риск возникновения утечек теплоносителя в грунтовой массив, а следовательно, и повышенные требования к герметичности системы;

дорогостоящий теплоноситель;

наличие дополнительного теплообменника для осуществления переноса теплоты между промежуточным жидким теплоносителем и воздухом (высокие капитальные затраты, существенные затраты электроэнергии на прокачку воздуха по тракту газожидкостного теплообменника).

В качестве прототипа принята бетонная энергетическая свая системы охлаждения здания Энергетического форума, построенного в центре Берлина [10]. Система состоит из 198 энергетических свай глубиной 8,5 м. Внутри каждой сваи размещены две U-образные полиэтиленовые петли труб. Общая длина трубок составляет 6732 м. В летний период, когда необходимо охлаждать воздух помещений, охлажденный в энергетических сваях теплоноситель (раствор этиленгликоля) направляется в охлаждающие бетонные панели общей площадью 4100 м². В холодный период года эти энергетические сваи могут использоваться для отбора теплоты грунта. При этом теплоноситель после них направляется в испаритель теплового насоса [10].

Основные недостатки прототипа заключаются в следующем:

большое термическое сопротивление применяемых полимерных труб существенно ограничивает тепловой поток в энергетической свае и минимальную температуру, до которой может охладиться теплоноситель, а соответственно, и воздух помещений здания;

риск возникновения утечек теплоносителя как в грунтовой массив, так и в помещения, где находятся охлаждающие бетонные панели;

наличие в системе большого количества теплоносителя, для первоначальной покупки которого и дальнейшего восполнения утечек необходимы дополнительные финансовые затраты;

дополнительные затраты на охлаждающие бетонные панели.

Задачей полезной модели является исключение риска утечки теплоносителя; снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Указанная задача достигается тем, что энергетическая свая, включающая корпус в виде железобетонной вертикальной трубы круглого поперечного сечения с теплоносителем, отличается тем, что соосно в ней на всю длину установлена труба из низкотеплопроводного материала с несколькими боковыми отверстиями на нижнем конце и газообразным теплоносителем, при этом на внутренней поверхности стенки корпуса содержится два симметрично расположенных продольных паза для закрепления в них продольных ребер на наружной поверхности трубы из низкотеплопроводного материала, причем длина продольных ребер меньше высоты энергетической сваи.

Корпус из бетонной трубы круглого поперечного сечения (свая-оболочка, свая круглого сечения) способен воспринимать механические нагрузки. Дополнительный элемент энергетической сваи в виде трубы из низкотеплопроводного материала, устанавливаемой соосно со свайей, служит для создания системы каналов, по которым движется поток газового теплоносителя - охлаждаемого воздуха. При этом процесс охлаждения протекает следующим образом. Воздух принудительно подается в образованный внутренней поверхностью сваи и наружной стенкой центральной трубы кольцевой канал, движется вниз, достигнув нижней точки канала и пройдя в центральную трубу через боковые отверстия, поднимается вверх по центральной трубе. За счет разности температур между движущимся в кольцевом канале воздухом и внутренней стенкой сваи поток, проходя по кольцевому каналу, охлаждается. При движении вверх по центральной трубе воздух частично подогревается за счет более теплого воздуха в кольцевом канале, что является негативным фактором, который может быть частично устранен усложнением конструкции. После энергетической сваи воздух направляется в систему вентиляции здания.

Так как воздух является экологически чистым и безопасным теплоносителем, проблема герметичности исключается. Следовательно, исключается и необходимость использования полимерных труб низкой теплопроводности на границе контакта воздуха и сваи, что

BY 9186 U 2013.04.30

устраняет проблему ограничения теплового потока вследствие большого термического сопротивления труб, имеющего место в энергетических сваях с жидким теплоносителем и полимерными трубами.

Так как воздух имеется повсеместно в неограниченном количестве, исключаются и дополнительные затраты на первоначальную покупку теплоносителя и дальнейшее восполнение его утечек.

Вследствие того что охлажденный в энергетической свае воздух подается непосредственно в систему вентиляции, исключается необходимость в использовании дополнительных теплообменных аппаратов (бетонные панели, газожидкостные теплообменники), предназначенных в прототипе для передачи теплоты от жидкого теплоносителя к воздуху, что снижает капитальные затраты.

Сформулированные в совокупности отличительные признаки позволили положительно решить задачу полезной модели.

Полезная модель поясняется фиг. 1-5.

На фиг. 1 показано продольное сечение энергетической сваи; на фиг. 2 дано ее поперечное сечение А-А на уровне расположения боковых отверстий центральной трубы; на фиг. 3 показано продольное сечение энергетической сваи, включающей трубу из низкотеплопроводного материала с продольными ребрами; на фиг. 4 показано поперечное сечение В-В энергетической сваи по фиг. 3; на фиг. 5 показано продольное сечение С-С энергетической сваи по фиг. 3 с указанием продольного ребра и прохода воздуха из нисходящего в восходящий канал.

Энергетическая свая (фиг. 1, 2) состоит из корпуса в виде железобетонной вертикальной трубы круглого поперечного сечения 1. В ней на всю длину соосно установлена труба 2 из низкотеплопроводного материала с отверстиями 3 на нижнем конце. Благодаря соосному расположению трубы 2 в корпусе 1 формируются каналы 4 и 5, сообщающиеся отверстиями 3. Внизу энергетической сваи расположен наконечник 6.

Для уменьшения теплообмена между восходящим и нисходящим потоками воздуха целесообразно использовать энергетическую сваю (фиг. 3-5), в которой корпус 1 содержит на внутренней стенке два симметрично расположенных продольных паза 7 для закрепления в них продольных ребер 8 на наружной поверхности трубы из низкотеплопроводного материала 9. При этом образуются канал 10 для нисходящего и канал 11 для восходящего потоков воздуха. Длина ребер 8 меньше высоты энергетической сваи, так что они не доходят до самого низа трубы 9, а заканчиваются на некотором уровне 12 от нижней точки 13 корпуса 1, образуя тем самым проход 14 для перехода воздуха из нисходящего канала 10 в восходящий канал 11. Центральная область 15 трубы 9 либо остается пустой, либо заполняется низкотеплопроводным материалом.

Энергетическая свая (фиг. 1, 2) работает следующим образом. Теплый воздух принудительно подается в кольцевой канал 4, за счет того что температура грунта, прилегающего к корпусу 1, меньше температуры подаваемого в кольцевой канал 4 воздуха, происходит его охлаждение. Достигнув низа кольцевого канала 4, воздух через боковые отверстия 3 на нижнем конце трубы 2 переходит в нее, направляясь вверх по каналу 5.

Благодаря малой скорости движения воздуха в канале 5 трубы 2 коэффициент теплоотдачи на ее внутренней поверхности принимает низкие значения, что минимизирует тепловой поток между нисходящим и восходящим потоком воздуха, наличие которого является негативным фактором.

В энергетической свае (фиг. 3-5) теплый воздух принудительно подается в канал 10, за счет того что температура грунта, прилегающего к корпусу 1, меньше температуры подаваемого в канал 10 воздуха, происходит его охлаждение. Достигнув низа канала 10, воздух через проход 14 направляется в канал 11 и движется вверх, охлаждаясь от корпуса 1.

Расход воздуха необходимо принимать исходя из удельного теплосъема с единицы длины сваи $q = 1-80$ Вт/м в зависимости от теплофизических свойств прилегающего грунта. При заданном расходе воздуха ширину каналов 4, 10, 11 следует выбирать из условия

ВУ 9186 U 2013.04.30

скорости воздуха в нем в диапазоне $u = 1-10$ м/с во избежание больших аэродинамических потерь. Направление движения воздуха в энергетической свае может быть изменено на противоположное.

Представленная конструкция энергетической сваи по сравнению с прототипом обладает следующими преимуществами:

- вследствие использования экологически чистого теплоносителя (воздуха) исключается проблема герметичности и повышается экологическая безопасность;

- исключаются капитальные (первоначальная покупка теплоносителя) и эксплуатационные (восполнение утечек) затраты на теплоноситель вследствие повсеместной доступности воздуха как теплоносителя;

- исключаются затраты на дополнительный теплообменник;

- по сравнению с получившимися широкое распространение устройствами для охлаждения воздуха на основе компрессионного трансформатора теплоты воздух-воздух, воздух-вода обладает следующими преимуществами:

- значительно меньшие затраты электричества (оно затрачивается лишь на привод нагнетателей воздуха);

- повышается экологическая безопасность;

- исключается механическая нагрузка на стены здания;

- отсутствует негативное влияние на эстетичность фасадов здания,

- а по сравнению с традиционными вертикальными грунтовыми теплообменниками обладает такими преимуществами, как:

- увеличение тепловой мощности за счет большей поверхности теплообмена;

- исключается проблема герметичности;

- повышается экологическая безопасность;

- исключаются затраты на теплоноситель;

- исключаются затраты на дополнительный теплообменник;

- исключаются затраты на бурение скважины.

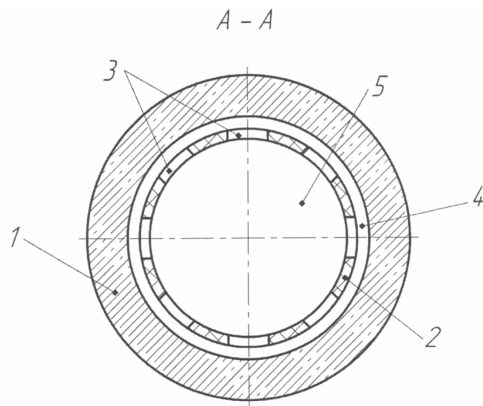
Кроме используемой в представленной энергетической свае в качестве корпуса, воспринимающего механические нагрузки, цельной железобетонной трубы (сваи-оболочки), также в строительстве для создания свайных фундаментов используются составные сваи-оболочки марки СО, сваи марки СПП (прямоугольного или квадратного сечения, полые), сваи марки СКП (круглого сечения, полые), сваи марки СТРП (треугольного сечения, полые), сваи марки СТП (таврового сечения, полые), сваи марки СДП (двутаврового сечения, полые), СТЦП (трапецеидального сечения, полые) [9], объединяющим признаком которых является наличие центральной полости, в которой может быть установлена труба из низкотеплопроводного материала для создания в свае системы каналов для прохода воздуха. Таким образом, на основе стандартных железобетонных свай могут быть созданы энергетические сваи с газообразным теплоносителем - воздухом.

Описанная конструкция энергетической сваи может быть использована также в системах, где необходимо компенсировать температурные колебания воздуха (например, тепличные хозяйства); в зданиях предприятий, которые являются потребителями холода (например, молочные фермы, перерабатывающие предприятия); в помещениях с оборудованием, энергетическая эффективность и надежность работы которых увеличивается с уменьшением температуры в помещении (например, трансформаторные подстанции); в помещениях с большими теплопритоками (офисные здания с большой площадью остекления и значительным теплопритоком от солнечного излучения и офисного оборудования).

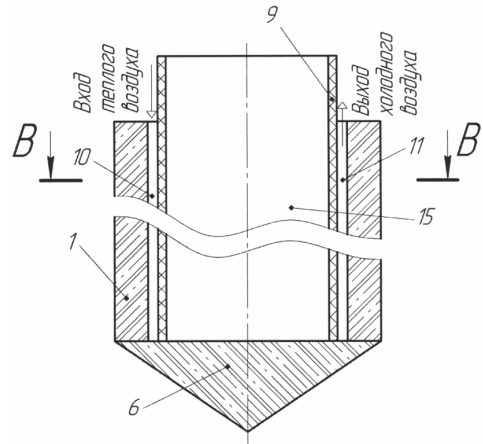
Описанная конструкция энергетической сваи с теплоносителем воздух может быть также использована для подогрева приточного воздуха в отопительный период, когда температура атмосферного воздуха значительно ниже температуры грунта. При этом для отопления здания будет затрачиваться меньше тепловой энергии благодаря снижению тепловых вентиляционных потерь.

BY 9186 U 2013.04.30

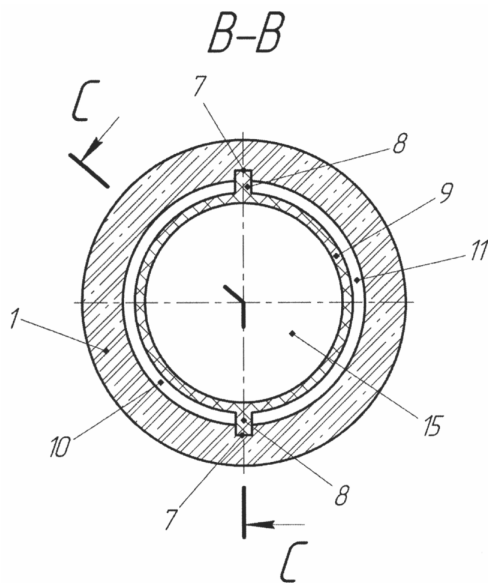
Также в холодный период года атмосферный воздух, подогретый в энергетической свае, может быть направлен в испаритель теплового насоса типа воздух-вода или воздух-воздух. При этом в тепловом насосе будут достигнуты большие коэффициенты трансформации благодаря тому, что температурный потенциал воздуха после воздушной энергосваи больше, чем температурный потенциал атмосферного воздуха, традиционно подаваемого в испаритель теплового насоса типа воздух-воздух или воздух-вода. При совместной работе с тепловым насосом воздушная энергетическая свая может быть также соединена с испарителем теплового насоса замкнутым воздушным контуром.



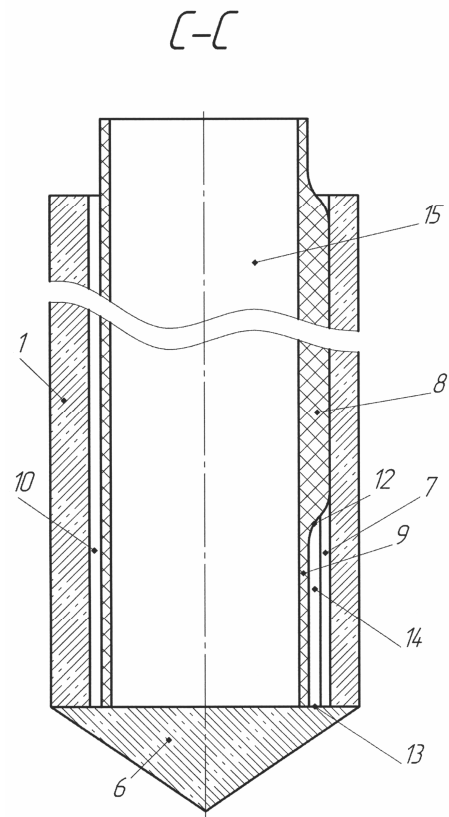
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5