

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 10738

(13) U

(46) 2015.08.30

(51) МПК

F 28C 3/00

(2006.01)

(54)

## ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГРУНТОВЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

(21) Номер заявки: u 20140481

(22) 2014.12.30

(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)

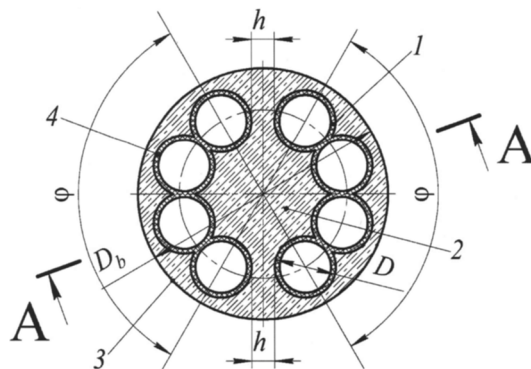
Вертикальный грунтовой теплообменник, содержащий расположенные в скважине трубы с движением по ним теплоносителя в нисходящем и восходящем направлениях, соединенные в нижней части коллектором, отличающийся тем, что трубы для движения теплоносителя в одном направлении соединены друг с другом боковой поверхностью, образуя два симметричных цельных пакета труб с минимальным расстоянием между ними  $h = (0,5...0,9)D$ , причем трубы отдельных пакетов располагаются равномерно по дуге с центральным углом  $\varphi = (0,8...1,0) \times \{\pi - 2\arctg[h/(D_b - D)]\}$ , где  $D_b$  - диаметр скважины,  $D$  - наружный диаметр трубы.

(56)

1. Басок Б.И., Аврааменко А.О., Кужель Л.М. Гідродинаміка і теплообмін в одиничному тепло-обмінику типу труба в трубі системи свердловина-грунт // Промышленная теплотехника. - 2009. - Т. 31. - № 1. - С. 21-27.

2. Bonin J. Handbuch Wärmepumpen. Planung und Projektierung. - Berlin: Beuth Verlag, 2012. - P. 97-98.

3. EP 1065451, МПК С F28F 21/02, C04B 28/02, F28F 13/00, 2001.



Фиг. 1

ВУ 10738 U 2015.08.30

4. Накорчевский А.И., Басок Б.И. Оптимальная конструкция грунтовых теплообменников // Промышленная теплотехника. - 2005. - Т. 27. - С. 27-31 (прототип).

---

Полезная модель относится к грунтовым теплообменникам, а именно к вертикальным грунтовым теплообменникам систем утилизации низкопотенциальной теплоты грунта, например, в тепловых насосах или сезонных грунтовых аккумуляторах тепловой энергии и холода.

Известны вертикальные грунтовые теплообменники (ВГТО) в виде коаксиальных труб, расположенных вертикально в скважинах [1]. Недостаток таких теплообменников - низкий тепловой поток из-за интенсивного теплообмена между восходящим и нисходящим потоками теплоносителя.

Этот недостаток частично решен в ВГТО с U-образными трубами. В них традиционно используют одну или две U-образные трубы [2], помещенные в скважину, причем пространство скважины, не занятое трубами, заполняется специальным раствором (заполнителем), улучшающим теплообмен с прилегающим грунтом. Теплообмен между восходящим и нисходящим потоками здесь меньше благодаря тому, что восходящие и нисходящие потоки теплоносителя разделены не только стенками труб, но и слоем заполнителя скважины. Это приводит к росту общего теплового потока по сравнению с коаксиальным ВГТО.

Тем не менее у ВГТО с одной и двумя U-образными трубами максимальный тепловой поток не достижим и ограничен низкими значениями теплопроводности материалов заполнителя скважины (бентонит, цемент) и труб (полиэтилен).

Увеличить тепловой поток такого ВГТО можно использованием предложенного в патенте [3] высокотеплопроводного заполнителя с добавлением графита. Но это может привести к значительному удорожанию ВГТО без ощутимого роста теплового потока.

Ограничивающее влияние низкой теплопроводности материалов компенсируется увеличением количества труб ВГТО более двух. В работе [4] предлагается конструкция многотрубного ВГТО с увеличенным до шести количеством U-образных труб. Такой ВГТО выбирается в качестве прототипа. Несмотря на высокий тепловой поток, этот теплообменник обладает рядом недостатков. Для создания большого теплового потока трубы ВГТО должны быть максимально возможного диаметра, располагаться равномерно по окружности и находиться на минимальном расстоянии от поверхности скважины. Но при установке таких теплообменников затруднена подача заполнителя в пространство между трубами и поверхностью скважины (грунтом) из-за плотного соприкосновения труб друг к другу. Следовательно, возможно образование воздушных пустот между трубами и грунтом, что значительно снижает теплопередачу такого ВГТО, а соответственно, и его тепловую эффективность. Если же диаметр труб уменьшить, то можно добиться полного заполнения пространства скважины, не занятого трубами, но в этом случае из-за малой площади труб не достигим максимальный тепловой поток. Также из-за отсутствия жесткой механической связи между трубами по длине ВГТО возможно смещение отдельных труб в центр скважины на некоторое расстояние от ее поверхности. В этом случае увеличивается толщина слоя заполнителя между трубой и поверхностью скважины, а соответственно, и его термическое сопротивление, что снижает тепловой поток.

Таким образом, отсутствие жесткой механической связи между трубами по длине ВГТО и плотное их прилегание друг к другу, затрудняющее поступление заполнителя в область между трубами и поверхностью скважины, являются факторами, которые значительно снижают тепловой поток прототипа.

Задача полезной модели заключается в увеличении теплового потока ВГТО.

Указанная задача достигается тем, что вертикальный грунтовой теплообменник содержит расположенные в скважине трубы с движением по ним теплоносителя в нисходя-

шем и восходящем направлениях, соединенные в нижней части коллектором, отличается тем, что трубы для движения теплоносителя в одном направлении соединены друг с другом боковой поверхностью, образуя два симметричных цельных пакета труб с минимальным расстоянием между ними  $h = (0,5...0,9)D$ , причем трубы отдельных пакетов располагаются равномерно по дуге с центральным углом  $\varphi = (0,8...1,0) \times \{\pi - 2\arctg[h/(D_b - D)]\}$ , где  $D_b$  - диаметр скважины,  $D$  - наружный диаметр трубы.

Благодаря тому что в отличие от прототипа трубы ВГТО для движения теплоносителя жестко соединены друг с другом в цельный пакет, в отличие от прототипа отдельные трубы не могут смещаться в центр скважины, то есть в положение, соответствующее пониженному тепловому потоку, из-за большого слоя заполнителя между трубой и поверхностью скважины.

Благодаря расстоянию  $h = (0,5...0,9)D$  между цельными пакетами труб возможно беспрепятственное поступление заполнителя в область между трубами и поверхностью скважины. Это в отличие от прототипа исключает возникновение воздушных пустот, ограничивающих тепловой поток ВГТО. Минимальная толщина слоя заполнителя, а соответственно, и его термическое сопротивление между пакетами труб и поверхностью скважины обеспечивается равномерным расположением труб по дуге с центральными углом  $\varphi = (0,8...1,0) \times \{\pi - 2\arctg[h/(D_b - D)]\}$ .

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

Полезная модель поясняется фиг. 1-9.

На фиг. 1 изображено поперечное сечение ВГТО. ВГТО содержит цельный пакет труб для движения теплоносителя в нисходящем направлении 1 и цельный пакет труб для движения теплоносителя в восходящем направлении 4. Эти пакеты труб расположены в скважине симметрично друг другу. В пространстве между поверхностью скважины 3 и цельными пакетами труб 1 и 4 содержится заполнитель 2.

На фиг. 2 показано продольное сечение ВГТО А-А. Цельный пакет труб для движения теплоносителя в нисходящем направлении 1 сообщается коллектором 5 с цельным пакетом труб для движения теплоносителя в восходящем направлении 4.

На фиг. 3 показано поперечное сечение Б-Б в месте соединения коллектора 5 и цельных пакетов труб 1 и 4. Коллектор содержит отверстия 6 для прохода теплоносителя и соединения с цельными пакетами труб 1 и 4.

На фиг. 4 отдельно дается вид сверху коллектора 5.

На фиг. 5 показано сечение В-В коллектора 5 вдоль оси.

На фиг. 6 показано сечение Г-Г коллектора 5 вдоль оси.

На фиг. 7 показано сечение Д-Д коллектора 5 в месте соединения с трубами.

На фиг. 8 показано сечение Е-Е коллектора 5 с видом в направлении дна коллектора.

На фиг. 9 показано сечение Ж-Ж коллектора 5 с видом в направлении отверстий 6.

ВГТО работает следующим образом. В режиме нагрева холодный теплоноситель поступает на вход в цельный пакет труб 1. Двигаясь по нему в нисходящем направлении, теплоноситель подогревается от прилегающего к поверхности скважины 3 грунта с большей температурой. Достигнув коллектора 5, теплоноситель через отверстия 6 поступает в него и направляется в цельный пакет труб 4, по которому движется в восходящем направлении. Двигаясь в восходящем направлении, теплоноситель далее подогревается от прилегающего к поверхности скважины 3 грунта с большей температурой. Так как температура теплоносителя, движущегося в восходящем направлении, больше температуры теплоносителя, направляющегося вниз, то между ними возникает тепловой поток, который приводит к снижению общего теплового потока, но на незначительно малую величину благодаря большому слою заполнителя в центре ВГТО, то есть между цельными пакетами труб 1 и 4. На выходе ВГТО теплоноситель имеет температуру выше начальной температуры и близкую к температуре грунта.

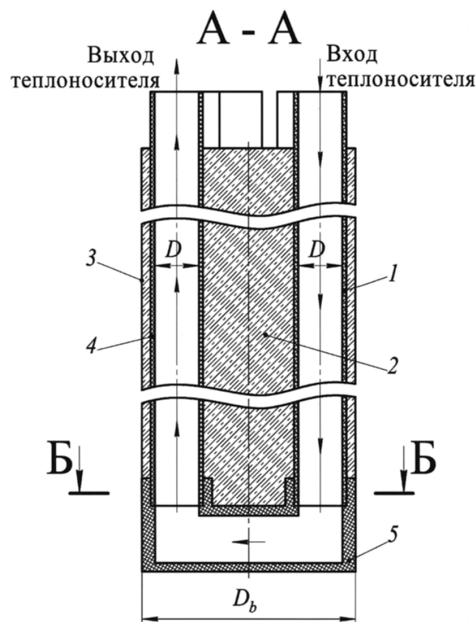
В зависимости от назначения ВГТО может работать и в режиме охлаждения теплоносителя. Количество труб выбирается таким образом, чтобы термическое сопротивление теплоотдаче со стороны теплоносителя не превышало термическое сопротивление труб и заполнителя.

В отличие от прототипа в полезной модели трубы одного направления здесь жестко соединены между собой боковой поверхностью и представляют собой цельную конструкцию. Это препятствует смещению отдельных труб в центр скважины, то есть в положение, когда тепловой поток минимален из-за большого слоя заполнителя между трубами и поверхностью скважины.

При установке ВГТО в скважину, как правило, заполнитель 2 подают по трубе в центральную область скважины, то есть между цельными пакетами труб 1 и 4 для движения теплоносителя в противоположных направлениях. Чтобы заполнитель беспрепятственно поступал в пространство между поверхностью скважины 3 и цельными пакетами труб 1 и 4, между ними, а точнее между крайними трубами, выбирается расстояние  $h = (0,5...0,9)D$ . Такое расстояние представляет собой канал для прохода заполнителя из центральной области скважины в пространство между пакетами труб 1 и 4 и поверхностью скважины 3. Свободное поступление заполнителя, обеспеченное такой конструкцией ВГТО, исключает возникновение воздушных пустот между поверхностью скважины 3 и цельными пакетами труб 1 и 4.

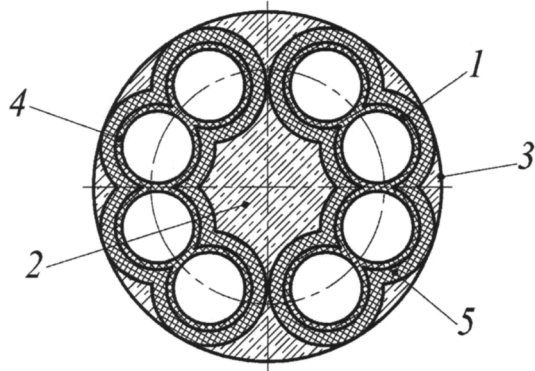
С учетом расстояния  $h = (0,5...0,9)D$  трубы отдельных пакетов 1 и 4 располагаются равномерно по дуге с центральным углом  $\varphi = (0,8...1,0) \times \{\pi - 2\arctg[h/(D_b - D)]\}$ . Такое расположение труб соответствует минимальной толщине слоя заполнителя между поверхностью скважины 3 и цельными пакетами труб 1 и 4, а соответственно, и минимальному термическому сопротивлению этой области, что приводит увеличению теплового потока.

Таким образом, благодаря жесткой механической связи между трубами в цельном пакете по длине ВГТО и наличию расстояния между цельными пакетами труб заявленный ВГТО характеризуется большим тепловым потоком, так как в отличие от прототипа исключено смещение труб в центр скважины и отсутствуют предпосылки для возникновения пустот между трубами и поверхностью скважины.

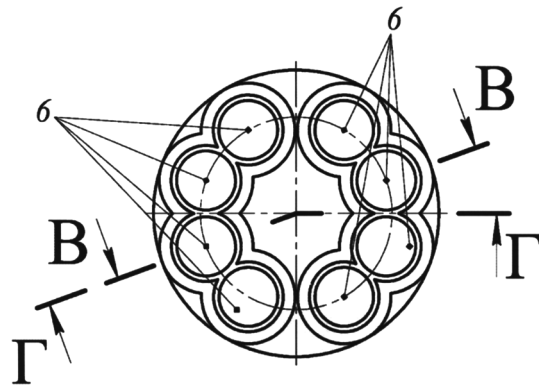


Фиг. 2

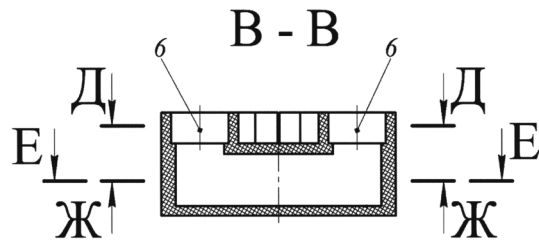
Б - Б



Фиг. 3

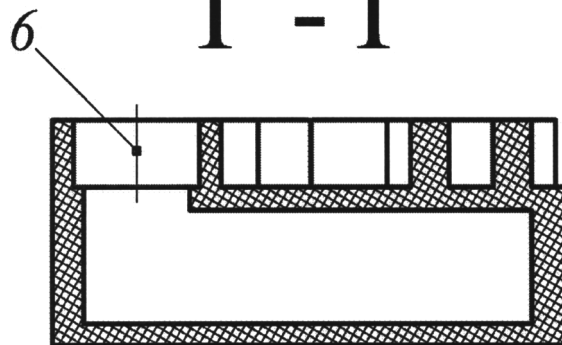


Фиг. 4



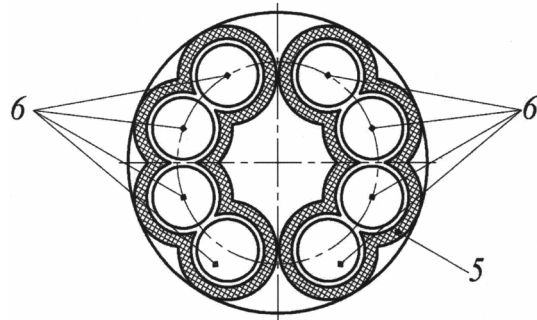
Фиг. 5

Г - Г



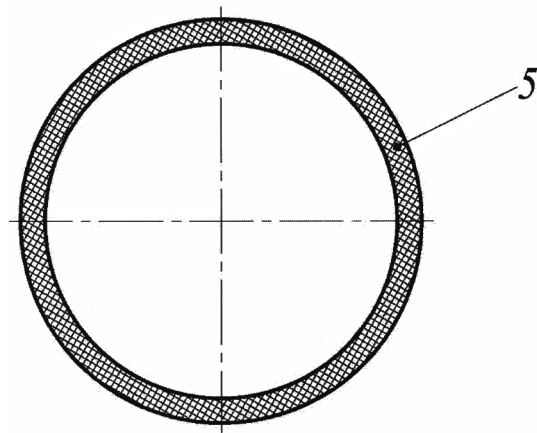
Фиг. 6

Д - Д



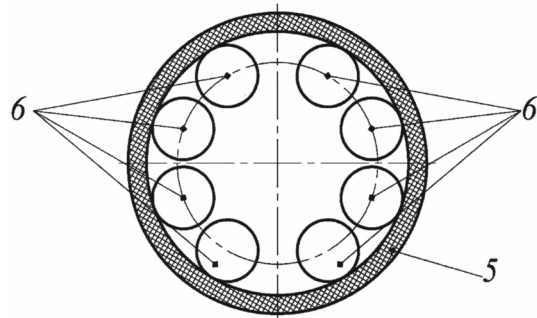
Фиг. 7

Е - Е



Фиг. 8

Ж - Ж



Фиг. 9