Использование геотермальных резервов позволяет получить неиссякаемый источник энергии безграничной мощности. Задача состоит в безопасном для природы и человека извлечении этой энергии.

Недра Земли таят в себе колоссальные запасы тепловой энергии. Иногда она выходит на поверхность в виде вулканов и гейзеров, и мы можем получить представление о ее громадном потенциале. Зачем же тогда тратить ископаемое топливо, одновременно сокращая его и без того оскудевшие запасы и загрязняя атмосферу продуктами сгорания? Почему бы не использовать энергию, бурлящую у нас в буквальном смысле слова под ногами? Температура земной поверхности крайне неоднородна и складывается из комбинации нагрева за счет солнечного излучения и собственной температуры грунта, нагреваемого из глубины планеты. По мере продвижения вглубь температура земной коры перестает зависеть от сезонных колебаний и географической широты и увеличивается по линейному закону приблизительно на 3°С каждые 100 м.

Внешний контур

В настоящий момент известны три схемы извлечения энергии, содержащейся в грунте и земной коре. Первая предусматривает отбор тепла из грунтовых вод, которые имеют хороший потенциал в виду их круглогодичной постоянной температуры около 8-10 °С.

Для отъема этого тепла необходимо пробурить две скважины: добывающую (всасывающую) и нагнетающую (принимающую). Вода из первой скважины подается насосом из расчета 0,25 $м^3$/ч на 1 кВт тепловой мощности в испаритель теплового насоса, после чего сбрасывается во вторую скважину. Глубина скважин обычно не превышает 15-20 м. Скважины располагают на расстоянии примерно 15 м друг от друга, строго учитывая направление течения подземных вод: добывающая должна располагаться выше по течению.

В некоторых районах нашей планеты геотермальная температура поднимается быстрее. Такие места обычно находятся в зонах повышенной сейсмической и вулканической активности, где сталкиваются или разрываются тектонические плиты. Здесь целесообразно применять второй способ, заключается в бурении скважин в твердой нагретой породе. Ее температура настолько высока, что закачанная в нее вода испаряется. Паром можно вращать турбину для выработки электроэнергии либо по классической схеме отбирать тепло посредством теплообменника.

На глубине температура земной коры перестает зависеть от сезонных колебаний и географической широты и увеличивается по линейному закону приблизительно на 3 °С каждые 100 м

Третий вариант заключается в прокладке под землей трубопровода с циркулирующим в нем теплоносителем с низкой температурой кипения, который нагревается, испаряется и поступает назад в тепловой насос. Этот способ приобрел в нашей стране наибольшую популярность ввиду отсутствия в достаточном количестве местностей с повышенной геотермальной активностью (как, например, в Исландии) и сложностью с получением разрешения на бурение слишком глубоких скважин.

Трубу под землей можно прокладывать различными способами. Самыми распространенными являются геотермальный зонд, грунтовый коллектор, энергетическая корзина и энергетическая свая.

Геотермальный зонд

Для отбора тепла бурятся скважины, глубина и количество которых зависят от технических расчетов, основанных на структуре грунта в конкретной местности и от мощности отопительной установки. После чего скважина заполняется бетонирующим составом, обеспечивающим герметичное и долговременное сопряжение зонда с окружающими породами и гарантирует хорошую теплопередачу. Сам геотермальный зонд представляет собой заполненную рассолом полиэтиленовую трубу диаметром 25-40 мм с U-образной петлей в основании, реже используется коаксиальная конструкция (труба в трубе). Остывший теплоноситель заходит в скважину, нагревается и поднимается в испаритель внутреннего контура теплонасоса. Глубина скважины может достигать 150 м, но в некоторых регионах (например, Московская область) целесообразно бурение нескольких более мелких скважин (обычно до 30 м), на которые не требуется получение «Лицензии на право пользования недрами и разрешение на бурение скважины». Рассолом называют хладагент, кипящий при низких температурах.

Энергетическая свая

Энергетическая свая — это, по сути, тот же самый геотермальный зонд, только бетон, залитый в скважину, не просто исполняет роль фиксатора трубы, но и является частью фундамента здания. Укладка трубы может быть проведена с помощью заранее изготовленных фундаментных свай или непосредственно на строительной площадке, где контуры труб размещаются в конструкциях свай, которые впоследствии заливаются бетоном. Использование энергетических свай позволяет рационально использовать площадь здания, поскольку фактически получается конструкция «2 в 1».

Грунтовый коллектор

Грунтовый коллектор представляет собой длинную трубу, горизонтально уложенную под слоем грунта чуть ниже глубины промерзания или даже на глубине промерзания (от 1 до 2 м). Схема раскладки петли — змейка, спираль, лесенка и др. — определяется теплопроводностью грунта и геометрией участка. Шаг укладки выбирается в зависимости от условий, но обычно не должен быть менее 0,6 м. Площадку, на которой уложена труба, можно использовать только под газон или однолетние цветы, кусты и деревья на ней сажать нельзя: они могут повредить трубу. Кроме того, желательно, чтобы площадка была хорошо освещена солнцем — это позволит значительно увеличить производительность коллектора. В среднем теплосъем с 1 $м^2$ поверхности грунта составляет от 10 до 35 Вт. Площадь коллектора во многом зависит от того, насколько грунт насыщен

водоносными слоями: чем больше в почве воды, тем эффективнее работает установка. Длину трубы в одной петле стремятся ограничить (не более 600 м), иначе заметно увеличивается расход энергии на циркуляционном насосе. Если нужна большая мощность, петель делают несколько. В грунтовом коллекторе, как и в зонде, циркулирует рассол.

Энергетическая корзина

Данная разновидность укладки трубы является своеобразным гибридом зонда и коллектора. Труба укладывается по спирали, с каждым витком постепенно заглубляясь в грунт. Это решение позволяет, с одной стороны, отказаться от бурения скважины, в некоторых местностях нецелесообразного или невозможного, а с другой стороны, использовать геотермальную энергию более глубоких слоев.

Внутренний контур

Принцип действия подавляющего большинства тепловых насосов основан на цикле Карно — круговом (циклическом) процессе превращения теплоты в работу (или работы в теплоту) путем расширения/сжатия и нагрева/охлаждения газообразного хладагента.

В основе процесса лежит способность газов нагреваться при сжатии и отдавать тепло (охлаждаться) при расширении. Верно и обратное: газы склонны расширяться при нагреве и сжиматься при охлаждении. Цикл состоит из последовательно чередующихся двух адиабатных и двух изотермических процессов (рис. 1). Адиабатный процесс представляет собой расширение либо сжатие газообразного рабочего тела (хладагента) без теплообмена с окружающей средой. При этом температура самого газа, соответственно, уменьшается или увеличивается. Несмотря на невозможность изготовления стопроцентно эффективной теплоизоляции для полного исключения теплопередачи, адиабатный процесс все равно может происходить, если расширять или сжимать газ так быстро, что теплообмен не будет успевать происходить.

Трубу под землей можно прокладывать различными способами; самыми распространенными являются геотермальный зонд, грунтовый коллектор, энергетическая корзина и энергетическая свая

Во время изотермического процесса происходит передача тепла от нагретого рабочего тела более холодному теплоносителю отопительного/водонагревательного контура с одновременным охлаждением газа.

Либо, соответственно, тепло окружающей среды, в нашем случае, земли нагревает остывший до жидкого состояния хладагент, в результате чего последний закипает. Таким образом, тепловой насос может использоваться как для отопления и нагрева санитарной воды, так и для кондиционирования помещений, в зависимости от направления движения рабочего тела.

Конструкция теплового насоса, работающего по принципу цикла Карно, представлена схематично на рис. 2. Нагретый теплоноситель (рассол) внешнего контура поступает в испарительный теплообменник, где передает тепло жидкому рабочему телу и превращает его в пар. Парообразный хладагент втягивается в компрессор в результате постоянно создаваемого там разряжения. Там хладагент сжимается, вследствие чего его температура еще больше увеличивается. Максимальная температура и давление подбираются с учетом критических параметров используемого хладагента. Все собранное в результате описанных этапов тепло передается в конденсаторе теплоносителю контура отопления, а отдавшее тепло рабочее тело вновь возвращается в жидкую форму. В расширительной камере в результате резкого увеличения объема давление и температура хладагента становится еще ниже. Теперь хладагент с низким давлением и температурой вновь готов принимать тепло от внешнего контура.

В тепловых насосах используются современные хладагенты: монокомпонентный газ R407c и азеотропная смесь (50 % дифторметана и 50 % пентафторэтана) R410a. Ни один из компонентов не содержит хлора, поэтому они безопасны для озонового слоя

Для того, чтобы тепловой насос мог работать в реверсивном режиме, то есть кондиционировать помещение, в него встраивают четырехходовой клапан, который поворачивает хладагент в обратном направлении.

Подробнее об устройстве отдельных компонентов теплового насоса см. [1].

Производители

В данном обзоре представлены производители наиболее популярных геотермальных тепловых насосов, поставляемых на европейский рынок. Нетрудно заметить, что абсолютное большинство этих фирм расположены в Германии (Buderus, Heliotherm, Rehau, Stiebel Eltron, Vaillant, Viessmann, Wolf). Это связано с уже долгое время существующими в этой стране жесткими законами касательно энергосбережения, вынуждающими население и предприятия использовать альтернативные источники энергии по максимуму. Единственный представитель другой европейской страны — Nibe (Швеция).

Однако Японские (Daikin) и Китайские (Midea) производители тоже не дремлют и в последние годы они активно осваивают данный сегмент рынка.

На данный момент в тепловых насосах используются современные хладагенты: монокомпонентный газ R407c и азеотропная смесь (50 % дифторметана и 50 % пентафторэтана) R410a. Ни один из компонентов не содержит хлора, поэтому они безопасны для озонового слоя (озоноразрушающий потенциал равен нулю). Эти фреоны приходит на смену R22, который разрушает озоновый слой, и его производство ограничено Монреальским и Токийским протоколами, направленными на защиту окружающей среды и уменьшение загрязнения.

Представленные теплонасосы обладают совершенно различной теплопроизводитльностью, которая может достигать 80 кВт (Heliotherm). Коэффициент мощности (количество произведенной энергии, деленное на количество потребляемой) колеблется в районе 4,4-5,2. Максимальная температура контура отопления у большинства тепловых насосов составляет 60-65 °С. Отдельные модели снабжаются дополнительными электроТЭНами, позволяющими произвести быстрый догрев в случае необходимости. Это Logatherm WPS ...K от Buderus, Fighter 1145 и 1245 от Nibe, целый ряд моделей (WPC ...S, а также WPC ... cool, WPF ...E, WPF ... cool, WPF ...S, WPF ... basic) от Stiebel Eltron, все разновидности серии geoTHERM от Vaillant, Vitocal 200-G и Vitocal 300-G от Viessmann, оба варианта BWS от Wolf. Максимальная мощность электрического ТЭНа колеблется от 2 до 9 кВт.

Ряд теплонасосов оборудован емкостями от 163 до 200 л для приготовления санитарной воды ГВС (Logatherm WPS ...K от Buderus, Fighter 1245 от Nibe, все модели WPC от Stiebel Eltron, geoTHERM plus от Vaillant, Vitocal 222-G от Viessmann, BWS ...Z от Wolf.

Nibe и Stiebel Eltron позволяют соединять свои модели в каскад до девяти (Fighter 1345) или до шести (WPF ...M(S), WPF ...G, WPF ...HT) приборов.

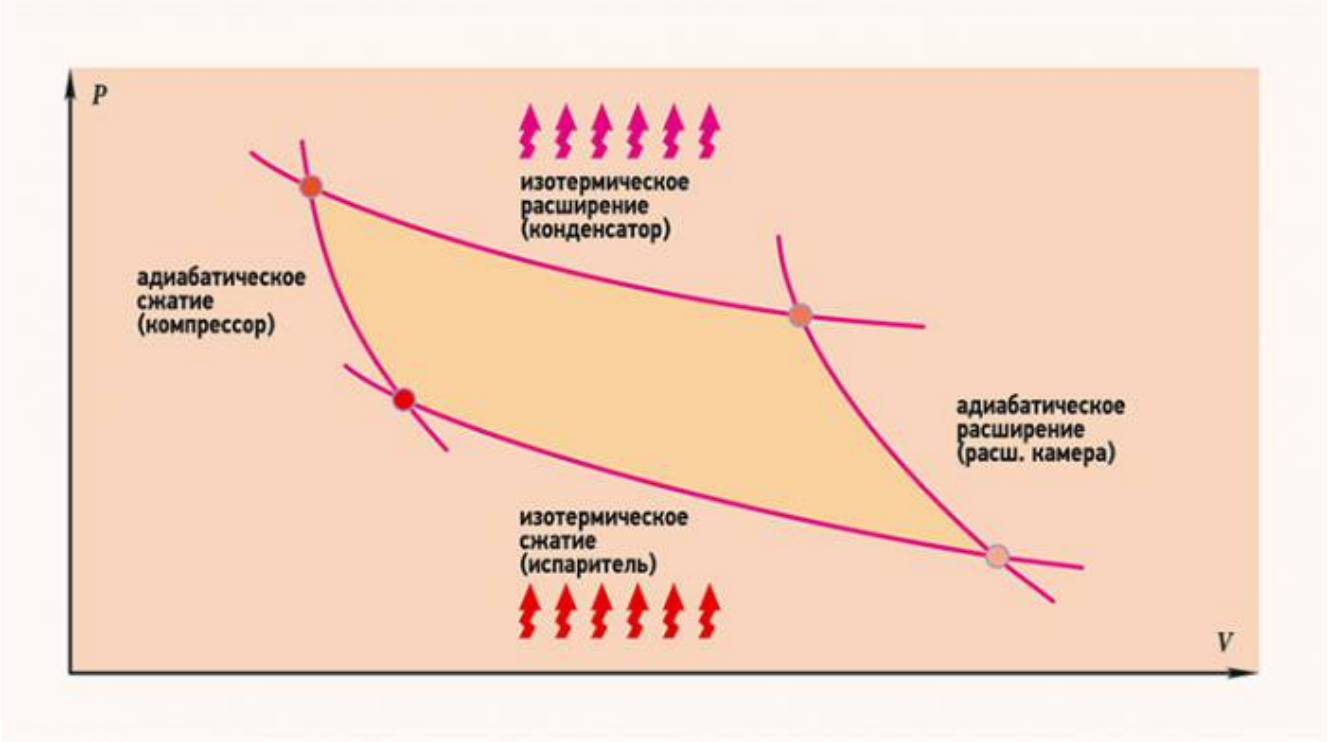

Рис. 1. Цикл Карно — круговой (циклический) процесс превращения теплоты в работу

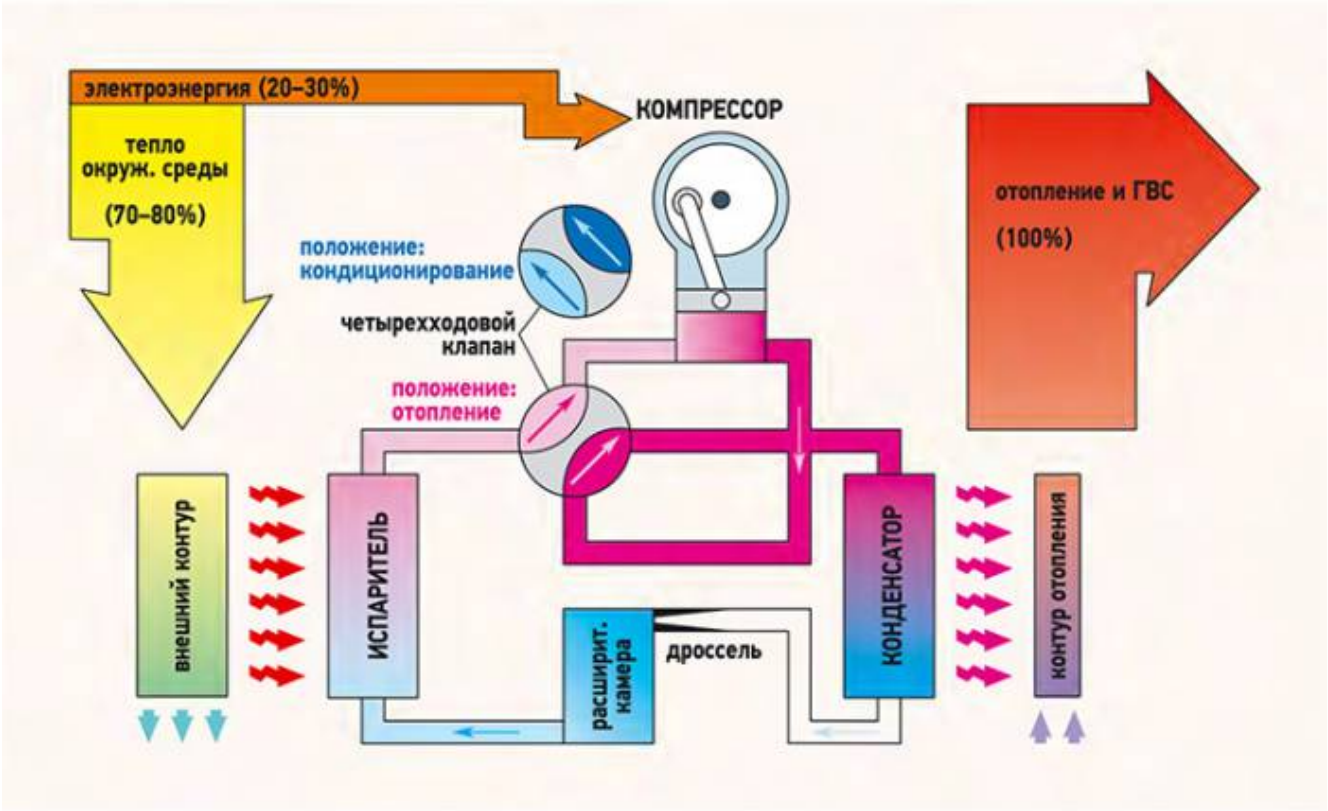

Рис. 2. Конструкция теплового насоса, работающего по принципу цикла Карно

Технические характеристики геотермальных тепловых насосов

Производитель	Модельный ряд	Теплопроизводительность при B0/W35, кВт	Коэф. мощности при B0/W35	Электроподключение, В	Температура источника, °C	Хладагент	Накопит. емкость, л	Доп. электроТЭН, кВт	Макс. температура нагрева контура отопления, °C	Возможность работать на охлаждение	Присоединит. размеры		Габаритные размеры (д×ш×г), мм	Вес, кг
											источник нагрева	контур отопления		
BUDERUS (Германия)	Logatherm WPS	22; 33; 43; 52; 60	до 4,4	400	от –5 °C до +20 °C	R407c	нет	нет	65	с дополнительным модулем охлаждения	∅40 (22, 33); ∅50 (43, 52, 60)	∅32 (22, 33); ∅40 (43, 52, 60)	700/950× ×750×1620	330; 351; 495; 527; 553
	Logatherm WPS ...K	6; 7; 9; 11; 17	до 4,4	400	от –5 °C до +20 °C	R407c	163 (ГВС)	9 кВт	65	с дополнительным модулем охлаждения	∅22 / ∅35 (14, 17)	∅22 / ∅28 (14, 17)	600×640×1500	213; 217; 229; 263; 149;153;155; 164; 181; 197
HELIOTHERM (Германия)	Basic comfort	6,64; 7,99; 10,25; 12,96; 16,39	4,4	230/400	–	R410a	–	–	60	–	–	–	–	–
	Web control	6,55; 7,75; 9,35; 12,30; 15,67; 19,65; 24,99; 33,57	5,3–5,4	400	–	R410a	–	–	60	опционально	–	–	1380×460/ 550×520/620	125
	Industrial	49, 54; 61, 94; 80, 12	4,2	400	–	R410a	–	–	60	–	–	–	1700×704×900	–
NIBE (Швеция)	Fighter 1145	4,8; 8,3; 11,5	4,4–4,8	230	н.д.	R407c	нет	ступенчатый 7 кВт	65	с дополнительным модулем охлаждения	н.д.	н.д.	1030×600×625	170; 190; 200
		6,4; 8,2; 10,0; 11,6; 15,4; 16,8	4,5–5	400	н.д.	R407c	нет	ступенчатый 9 кВт	65	с дополнительным модулем охлаждения	н.д.	н.д.	1030×600×625	175; 195; 200; 208; 221; 229
	Fighter 1245	4,8; 8,3; 11,5	4,6	230	н.д.	R407c	180	ступенчатый 7 кВт	65	с дополнительным модулем охлаждения	н.д.	н.д.	1745×600×625	280; 300; 310
		6,4; 8,2; 10; 11,6	4,8–5	400	н.д.	R407c	180	ступенчатый 9 кВт	65	с дополнительным модулем охлаждения	н.д.	н.д.	1745×600×625	285; 300; 305; 310
	Fighter 1345	23,2; 31,3; 40,0; 57,8	4,55–4,89	400	н.д.	R407c, R410a	нет	нет	65	с дополнительным модулем охлаждения	н.д.	н.д.	1625×600×628	315; 338; 356; 350
REHAU (Германия)	Geo B	17; 19; 22; 26; 30; 37	4,1–4,3	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	нет	нет	55	пассивное охлаждение	1¼"; 1½"	1¼"; 1½"	1274×755× ×555/705	159; 168; 280; 300; 310; 300
	Geo BC	17; 19; 22; 26; 30; 37	4,1–4,3	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	нет	нет	55	активное охлаждение	1¼"; 1½"	1¼"; 1½"	1274×755× ×555/705	159; 168; 280; 300; 310; 300
	Geo C	5; 7; 8; 10; 12; 15	4,1–4,3	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	нет	нет	55	пассивное охлаждение	1"	1"	1274×755×555	132; 134; 147; 149; 151; 158
	Geo CC	5; 7; 8; 10; 12; 15	4,1–4,3	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	нет	нет	55	активное охлаждение	1"	1"	1274×755×555	132; 134; 147; 149; 151; 158
STIEBEL ELTRON (Германия)	WPC ...	5,9; 7,4; 10,0; 12,8	4,4–4,5	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	200	нет	60	есть	∅22	∅28	2100×600×650	275; 285; 295; 305
	WPC ...S	5,8; 7,8; 9,9	4,4–4,5	230	от –5 °C до +20 °C	R410a	200	6,2	60	есть	∅22	∅28	2100×600×650	275; 285; 295

Технические характеристики геотермальных тепловых насосов

Производитель	Модельный ряд	Теплопроизводительность при B0/W35, кВт	Коэф. мощности при B0/W35	Электроподключение, В	Температура источника, °C	Хладагент	Накопит. емкость, л	Доп. электроТЭН, кВт	Макс. температура нагрева контура отопления, °C	Возможность работать на охлаждение	Присоединит. размеры		Габаритные размеры (д×ш×г), мм	Вес, кг
											источник нагрева	контур отопления		
STIEBEL ELTRON (Германия)	WPC ... cool	5,8; 7,8; 9,9; 13,4	4,4–4,5	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	200	8,8	60	есть	∅22	∅28	2100×600×650	275; 285; 295
	WPF ...E	5,9; 7,4; 10,0; 12,8; 16,9	4,4–4,6	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	8,8	60	есть	∅28	∅22; ∅28	1319×598×658	152; 157; 169; 171; 181
	WPF ... cool	5,9; 7,4; 10,0; 12,8; 16,9	4,3–4,5	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	8,8	60	есть	∅28	∅22; ∅28	1319×598×658	160; 165; 177 182; 192
	WPF ...S	5,8; 7,8; 9,9	4,2–4,4	230	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	6,2	60	есть	1¼"	1¼"	960×510×680	107,5; 113,5; 120,5
	WPF ... basic	5,9; 7,4; 10,0; 12,8; 16,9	4,4–4,5	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	8,8	60	есть	1¼"	1¼"	960×510×680	107,5; 113,5; 120,5; 128,5; 131
	WPF ...M(S)	7,8; 9,9; 13,4; 16,3	4,4–4,7	230; 400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	нет	60	есть	1¼"	1¼"	971×510×640	107; 112; 120; 125
	WPF ... Set(S)	15,6; 17,7; 19,8; 23,3; 26,8; 29,7; 32,6	4,4–4,7	230; 400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	нет	60	есть	1¼"	1¼"	970×1240×640	205; 215; 224; 232; 240; 245; 250
	WPF ...G	21,9; 29,7; 45,7; 55,8; 69	4,8–4,9	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	нет	60	есть	2"	2"	1154×1242×860	345; 367; 415; 539; 655
	WPF ...HT	27,4	4,9	400	от –5 °C до +20 °C	R410a	нет	нет	75	есть	2"	2"	1154×1242×860	367
VAILLANT (Германия)	geoTHERM	5,9; 8; 10,4; 13,8; 17,3	4,4	400	от –10 до +20 °C	R407c	нет	6	62	нет	1¼", ∅28	1¼", ∅28	1200×600×650	141; 148; 152; 172; 179
	geoTHERM plus	5,9; 8; 10,4	4,4	400	от –10 до +20 °C	R407c	175	6	62	нет	1¼", ∅28	1¼", ∅28	1200×600×650	141; 148; 152
	geoTHERM plus (cooling)	5,9; 8; 12	4,4	400	от –10 до +20 °C	R407c	нет	6	62	есть	1¼", ∅28	1¼", ∅28	1200×600×650	141; 148; 152
	geoTHERM pro VWS	22; 28; 38; 44	4,4	400	от –10 до +20 °C	R407c	нет	2/4/6	62	нет	1½"	1½"	1200×760×1100	326; 340; 364; 387
VIESSMANN (Германия)	Vitocal 200-G	рассольно-водяное исполнение 6,1; 7,7; 9,7, водоводяное исполнение 7,5; 9,7; 12,8	до 4,5	230	от +2 до 24 °C	R410a	нет	9	60	есть	штекер DN 20	штекер DN 20	844×600×1155	120; 130; 135
	Vitocal 222-G	5,9; 7,7; 10	4,2–4,3	400	от +2 до 24 °C	R410a	170	нет	60	есть	штекер DN 20	штекер DN 20	680×600×1829	250; 250; 256
	Vitocal 300-G	рассольно-водяные 5,9–85,6, водоводяные 7,9–117,8	до 4,8	400	от +2 до 24 °C	R407c	нет	03.06.2009	60	есть	1¼"	1"	от 844/1085× ×600/780× ×1155/1287	138; 143; 152; 158; 165; 168
WOLF (Германия)	BWS ...K	5,8; 9,1; 11,9; 13,9	4,7	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	нет	6; 9	65	нет	н.д.	н.д.	1920×695×600	195; 198; 204; 207
	BWS ...Z	5,8; 8,6; 10,3	4,6–4,7	400	от –5 °C до +25 °C	R407c	200	6	65	нет	н.д.	н.д.	1920×695×600	290; 295; 298

Источник: http://www.c-o-k.ru/articles/geotermal-nye-teplovye-nasosy-obzor-rynka