Эксплуатация тепловых насосов Zubadan в условиях климата Подмосковья

Большинство владельцев дачных домов рано или поздно задумываются о том, как сделать свое загородное жилище пригодным для зимы, которая в московском регионе не то чтобы сурова, но совсем не Краснодарский край. В 2016 году такая мысль посетила и меня. В связи с этим возникло несколько вариантов дальнейших действий.

Егоров Дмитрий, технический директор «Aspect Team»

Вариант первый и самый желанный: природный газ. Доступность природного газа в Подмосковье сильно ограничена. При близости магистрали отсутствие газа на участке не является большой проблемой, с оговоркой на годичную волокиту при подключении. В случае удаления магистрали на 100 и более метров от участка доступность этого ресурса резко снижается. Стоимость подключения при значительном удалении от магистрали может приближаться к полумиллиону рублей и даже более.

Второй активно рекламируемый вариант – автономный газ. Такое решение предлагает даже АО «Мособлгаз». Данный вариант плохо подходит при сложившейся планировке участка и прилегающих территорий, поскольку плотность дачной застройки зачастую не оставляет возможности выполнить требования по удаленности газгольдера от строений на 20 метров. По стоимости автономный газ почти не выигрывает у природного газа. Автором данный вариант детально не рассматривался ввиду плотности застройки и сложности подъезда техники для заправки и обслуживания.

Третий вариант – прямой электрический нагрев. По первоначальным вложениям способ очень привлекательный: электрические котлы просты и дешевы. Если при этом отойти и от водяной системы отопления и использовать электрические конвекторы, общая стоимость будет еще ниже. При этом данный вариант самый дорогой в эксплуатации – счетчик не будет знать отдыха. Останавливают даже не будущие затраты на электроэнергию, в конце концов, первоначальные затраты в других вариантах настолько высоки, что за эти деньги можно долго топить дом электроэнергией, на первый план выходит проблема нехватки мощности – по сути, зимой весь выделенный лимит будет тратиться на поддержание комфортной температуры в доме, на повседневные нужды ничего не останется. Здесь следует оговориться, что у меня 220 вольт и 32 ампера выделенной мощности, что эквивалентно примерно 7 кВт электрической мощности.

Варианты с пеллетами и тем более дровами не рассматривались, так как в этих случаях дом лишается автономности, для поддержания работы необходимо приезжать раз в три-четыре дня. Дизельный вариант кроме затрат на недешевый котел и дорогое топливо влечет за собой малоприятный запах солярки.

Рис. 1 Модель применения системы ATW (Air to Water)

После анализа рынка осенью 2016 года был выбран вариант с воздушным тепловым насосом с гидромодулем. Такой способ обогрева потенциально обладает рядом преимуществ:

- значительно снижается электропотребление по сравнению с прямым электрическим нагревом;
- обеспечивается автономность на случай длительного отсутствия владельца и возможность подключения к системе диспетчеризации;
- не усложняется процесс монтажа с сохранением параметров комфорта;
- не требуются длительные согласования, что выгодно отличает данный вариант от природного и автономного газа;
- отсутствует запах дизельного топлива.

Отрицательным фактором выбранного варианта является его стоимость, которая сопоставима с вариантом автономного газоснабжения.

Модель применения системы ATW (Air to Water) показана на *Рис.1.*

В ноябре 2016 года был приобретен тепловой насос Mitsubishi Electric PUHZ-FRP71VHA с гидромодулем EHSC-VM6CR1 без накопительного бака. Номинальная холодопроизводительность – 7,1 кВт, теплопроизводительность – 8 кВт. Потребляемая мощность – 2,1 кВт. Стоимость комплекта с Wi-Fi адаптером в ноябре 2016 года составила около 750 тыс. руб.

Монтаж системы занял один день. Гидравлическая сеть к тому моменту была готова, дом топился по временной схеме электрическим котлом на 4 кВт. Установленные отопительные приборы – панельные радиаторы.

В отопительных приборах кроется один из нюансов работы системы с тепловым насосом. Несмотря на то, что в брошюре производителя, где описываются варианты гидравлических схем подключения к потребителям, на картинке присутствуют радиаторы отопления, в действительности это не лучший вариант для теплового насоса. При расчете системы отопления инженер-проектировщик, как правило, подбирает отопительные приборы исходя из наружной температуры -25°С (для Москвы) и теплоносителя порядка +70-80°С на входе (речь идет о стандартном варианте с газовой котельной). Такие температуры неприемлемы для теплового насоса. Максимальная уставка на пульте равна +60°С, но это крайне высокая величина, задание которой обернется повышенным расходом электроэнергии и крайне низким COP. COP – тепловой коэффициент, отношение вырабатываемой тепловой мощности к затрачиваемой электрической. Поскольку загородный дом был построен в 90-х годах, с деревянными полами на лагах и плохим утеплением, единственной мерой для повышения COP была установка радиаторов с максимальной поверхностью.

Тепловой насос был подключен к системе диспетчеризации с первого дня работы. В гидромодуле присутствуют дискретные входы и выходы, посредством которых имеется возможность получать информацию о работе компрессора (работает/не работает), наличии аварии (есть/нет), режиме оттайки (да/нет), работе встроенного ТЭНа (1 ступень/ 2 ступени/ не работает). По отдельному дискретному входу можно остановить работу теплового насоса. Также были установлены датчики температуры воды на входе и выходе теплового насоса, расходомер на обратном трубопроводе и электросчетчик с импульсным выходом. Данное оборудование позволило получать информацию о выработанной теплоте и затраченной энергии. Также на систему диспетчеризации приходила информация о температуре наружного воздуха (датчик установлен на северной стороне дома) и температуре в самой большой по площади комнате. Позднее добавились датчики температуры во всех комнатах. Вся информация считывалась один раз в минуту и помещалась в строку в файле Excel.

В *таблице 1* приведен пример отчета системы диспетчеризации утром 2 марта 2017 года.

Как можно заметить по таблице 1, для обеспечения температуры в помещении около +21°С приходилось поддерживать температуру прямого теплоносителя порядка +50°С. Потребляемая мощность составляла 1,75 кВт при теплопроизводительности 4,54 кВт.

Таблица 1. Данные системы диспетчеризации от 2 марта 2017 г.

Дата	Время	Улица, °С	Кухня, °С	Компрессор*	Авария*	1 ступень ТЭНов	2 ступень ТЭНов	Прямая Т, °С	Обратная Т, °С	Эл. мощн., кВт	Расход, м³/ч	Тепл. мощн, кВт	COP
02.03.2017	7:55:15	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,5	1,74	0,949	4,54	2,61
02.03.2017	7:56:15	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,5	1,74	0,949	4,54	2,61
02.03.2017	7:57:16	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,5	1,8	0,944	4,52	2,51
02.03.2017	7:58:16	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,5	1,74	0,947	4,53	2,60
02.03.2017	8:00:18	2,5	21,3	1	0	0	0	49,6	45,6	1,8	0,947	4,42	2,46
02.03.2017	8:01:19	2,5	21,4	1	0	0	0	49,7	45,5	1,8	0,949	4,65	2,58
02.03.2017	8:02:19	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,6	1,74	0,947	4,42	2,54
02.03.2017	8:03:20	2,5	21,5	1	0	0	0	49,6	45,6	1,8	0,947	4,42	2,46
02.03.2017	8:04:20	2,5	21,6	1	0	0	0	49,7	45,6	1,74	0,947	4,53	2,60
02.03.2017	8:05:20	2,5	21,5	1	0	0	0	49,7	45,6	1,74	0,944	4,52	2,60
02.03.2017	8:07:20	2,6	21,3	1	0	0	0	49,6	45,5	1,74	0,947	4,53	2,60
02.03.2017	8:08:20	2,5	21,4	1	0	0	0	49,6	45,5	1,74	0,947	4,53	2,60

**Цифра 1 в графе «компрессор» означает работу компрессора в это время. Нули в остальных графах говорят об отсутствии аварий и неработающих ТЭНах гидромодуля.*

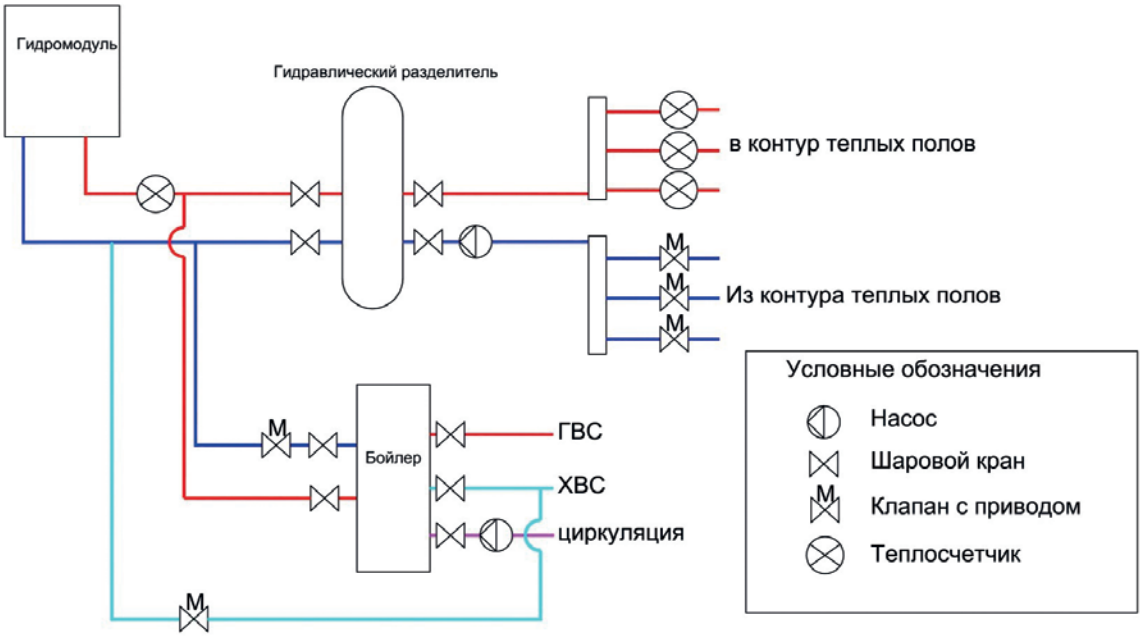

Рис. 2

Следует отметить, что тепловой насос в то время работал на комнату площадью 18 м² и помещение котельной площадью 12 м².

После первой зимы я задался целью опустить температуру теплоносителя, чтобы достигнуть больших значений COP. Для этого требовалось удалить старые полы на лагах и выполнить теплые полы во всех помещениях, в том числе и в техническом помещении котельной. Также необходимо было утеплить дом, чтобы минимизировать тепловые потери. Из таблицы 1 видно, что для отопления 30 м² тратилось 4,5 кВт, что эквивалентно 150 Вт/м² – аномально высокое значение. К тому же, в доме нужно было отопить еще два помещения спален суммарной площадью 30 м².

Переделка системы шла постепенно на протяжении двух лет, с каждой новой зимой температура теплоносителя снижалась по мере ввода новых контуров теплого пола. К началу зимы 2018 года все вышеперечисленные работы были выполнены. Отапливаемая площадь дома – около 60 м². Все пространство оборудовано теплыми полами, разделенными на восемь контуров.

Система в доме построена по гидравлической схеме, представленной на *рис. 2*. На схеме не показаны датчики, воздухоотводчики, сливные краны, фильтры, манометры и термометры.

Гидромодуль теплового насоса работает через гидравлический разделитель. Водяной насос, запорная арматура, расширительный бак, ТЭНы и фильтр находятся в гидромодуле. В основной магистрали есть ответвление с клапаном на бойлер горячей воды. Зимой часть потока переводится на бойлер, летом – весь поток, так как на это время закрывается кран на гидравлическом разделителе. Клапаном управляет свой контроллер, но это может делать и гидромодуль, снабженный соответствующими контактами на колодке дискретных выходов.

На другой стороне гидравлического разделителя находится насосная группа контура теплых полов и гребенки теплых полов. На каждый контур предусмотрен свой клапан с приводом.

Следует отдельно остановиться на алгоритме работы теплых полов. В традиционной системе отопления с котлом имеется несколько контуров теплых полов и термостаты, управляющие отсечными клапанами на гребенке. При достижении заданной температуры термостат снимает напряжение с клапана, теплоноситель перестает поступать в контур и зона или помещение, на которое работает контур, начинает остывать. При падении температуры в помещении до величины «уставка минус гистерезис» термостат открывает клапан и теплоноситель подается в контур теплого пола. Такой алгоритм, по опыту, не подходит тепловому насосу. При открытии клапана в систему начинает поступать захоложенная вода, что заставляет тепловой насос скачкообразно повышать мощность компрессора и какое-то время работать на этом уровне. Зимой это может вызвать резкое обледенение наружного блока и последующую разморозку, после которой также потребуется работа на высокой мощности, а возможно, и активация дополнительных ТЭНов (входят в состав гидромодуля, но имеют отдельное подключение – при желании ими можно не пользоваться). Оптимальным же режимом в моем случае является работа всех контуров сразу и зависимость подаваемой температуры теплоносителя от наружной температуры. Гидромодуль позволят реализовать такой режим. Кроме режима по температуре теплоносителя и температуре в помещении в настройках присутствует и погодозависимый режим работы, при котором не происходит резких скачков мощности.

В *таблице 2* представлен отчет системы диспетчеризации от 13 ноября 2019 года. Температура на улице близка по значению с таблицей 1 от 2 марта 2017 года. При этом отапливаемая площадь в два раза больше, а температура воздуха в районе кухни на 3°С выше, чем была сразу после монтажа системы в 2017 году.

Таблица 2. Данные системы диспетчеризации от 13 ноября 2019 г

Дата	Время	Улица, °С	Кухня, °С	Компрессор	Авария	1 ступень ТЭНов	2 ступень ТЭНов	Прямая, °С	Обратная, °С	Эл. мощн., кВт	Расход, м³/ч	Тепл. мощн., кВт	COP
13.11.2019	8:44:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,6	30,7	1,56	0,823	4,9	3,12
13.11.2019	8:45:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,7	1,62	0,825	5,1	3,14
13.11.2019	8:46:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,6	30,7	1,62	0,825	5,3	3,28
13.11.2019	8:47:45 PM	2,3	24,9	1	0	0	0	33,6	30,8	1,56	0,825	5,2	3,32
13.11.2019	8:48:45 PM	2,2	24,8	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,823	5,0	3,18
13.11.2019	8:49:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,7	1,62	0,825	5,5	3,37
13.11.2019	8:50:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,6	30,7	1,56	0,825	5,4	3,49
13.11.2019	8:51:45 PM	2,1	24,9	1	0	0	0	33,6	30,8	1,56	0,825	5,4	3,49
13.11.2019	8:52:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,8	1,5	0,825	4,7	3,15
13.11.2019	8:53:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,825	5,3	3,40
13.11.2019	8:54:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,825	5,4	3,48
13.11.2019	8:55:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,6	3,59
13.11.2019	8:56:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,827	5,5	3,52
13.11.2019	8:57:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,5	3,55
13.11.2019	8:58:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	4,9	3,16

Кроме возможности сторонней диспетчеризации (как в моем случае) есть возможность подключения по Wi-Fi к сервису MELCloud от Mitsubishi Electric. Это реализуется покупкой и установкой дополнительного Wi-Fi модуля. В сервисе можно включать-отключать блок (дискретным входом блок можно только поставить на паузу, водяной насос будет продолжать работать), менять уставку (отдельного аналогового входа для смены уставки нет), задавать расписание работы. Модуль был установлен исходя из соображений резервирования канала связи.

Из других возможностей гидромодуля необходимо отметить следующие:

- управление внешним нагревателем – выход 220 В на внешнее реле. Подразумевается возможность включения внешнего электрокотла или любого иного устройства нагрева. Главное, верно распорядиться сигналом на запуск дополнительного нагревателя;
- управление циркуляционным насосом ГВС – выход 220 В;
- управление клапаном ГВС (уже упоминался выше);
- управление смесительным клапаном. Речь идет о возможности одновременной работы без сторонних контроллеров на радиаторы отопления (прямоток) и на теплые полы (смесительный узел).
- управление дополнительным насосом отопления – выход 220 В.
- внешнее реле протока – дает возможность поставить свое реле протока (например, лепестковое) для контроля протока воды.

Многих наверняка заинтересует вопрос о предельных температурах работы теплового насоса зимой. Абсолютный рекорд – 7 января 2017 года, когда агрегат проработал всего пару месяцев после установки – температура опустилась до -30°С. При этом работали оба ТЭНа и компрессор. К сожалению, данных системы диспетчеризации за зиму 2017 года не сохранилось.

Зимой 2018-2019 гг. наиболее низкая температура наблюдалась утром 23 января: в 9 утра температура составляла -24,3°С. В *таблице 3* представлены параметры работы теплового насоса в этот момент. Следует отметить, что была подключена 2-я ступень ТЭНов мощностью 4 кВт. COP низок, но отличен от 1. По итогам наблюдений 2018-2019 гг., дней с температурой ниже -20°С было всего три: 22-24 января, дом не использовался, для облегчения задачи отопления была снижена температура теплоносителя и температура в помещении.

Гораздо типичнее для зимы центрального региона России температура -10°С и именно она была принята как определяющая. В *таблице 4* представлены параметры работы при температуре -10°С 16 января 2019 года. ТЭНы не работают, COP существенно выше 1. Необходимо отметить, за зиму 2018-2019 гг. наблюдалось всего шесть дней, когда температура днем не поднималась выше -10°С.

В летнее время тепловой насос эксплуатировался и работал для приготовления горячей воды. Уставка поднималась до +50°С и блок начинал работать на бойлер косвенного нагрева. COP в летнем режиме составлял порядка 3,5-4 кВт/кВт. Бойлера косвенного нагрева на 120 литров и мощности данного теплового насоса вполне достаточно для четырех-пяти человек. Следует также уточнить, что заявленная мощность отопления в 8 кВт наблюдалась только в летнем режиме. В зимнем режиме при COP в районе 3 кВт/кВт и потреблении 2 кВт тепловая мощность была не более 6 кВт. В отличие от газовых или электрических котлов теплопроизводительность холодильной машины – величина переменная и является функцией от наружных условий. Именно условий, а не только температуры. Существует диапазон условий в районе 0 °С, при котором осадки (мокрый снег) сильно облепляют теплообменник наружного блока, в результате чего падает теплопроизводительность и COP из-за уменьшения интервалов между разморозками. По мере охлаждения наружного воздуха данная проблема частично устраняется.

Таблица 3. Данные системы диспетчеризации от 23 января 2019 г.

Дата	Время	Улица, °C	Кухня, °C	Компрессор	Авария	1 ступень ТЭНов	2 ступень ТЭНов	Прямая, °C	Обратная, °C	Эл. мощн., кВт	Тепл. мощн., кВт	COP
23.01.2019	9:07:56 AM	-24,2	18,1	1	0	0	1	35,2	31,8	2,58	3,3	1,28
23.01.2019	9:08:56 AM	-24,3	18,2	1	0	0	1	35,3	31,9	2,58	3,3	1,27
23.01.2019	9:09:56 AM	-24,3	17,9	1	0	0	1	35,4	32	2,52	3,3	1,32
23.01.2019	9:10:56 AM	-24,3	18,0	1	0	0	1	35,5	32,1	2,64	3,3	1,25
23.01.2019	9:11:56 AM	-24,3	18,0	1	0	0	1	35,6	32,3	2,58	3,2	1,25
23.01.2019	9:12:56 AM	-24,3	18,1	1	0	0	1	35,7	32,3	2,58	3,3	1,30
23.01.2019	9:13:56 AM	-24,3	18,0	1	0	0	1	35,8	32,4	2,58	3,3	1,29
23.01.2019	9:14:56 AM	-24,3	18,1	1	0	0	1	35,8	32,4	2,58	3,4	1,31
13.11.2019	8:52:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,8	1,5	0,825	4,7
13.11.2019	8:53:45 PM	2,2	24,9	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,825	5,3
13.11.2019	8:54:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,825	5,4
13.11.2019	8:55:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,6
13.11.2019	8:56:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,827	5,5
13.11.2019	8:57:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,5
13.11.2019	8:58:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	4,9

Пара слов про эксплуатационные затраты. Счета за электроэнергию в январе 2017 года составили около 9000 рублей при 30 м² отапливаемой площади. Это вклад не только теплового насоса, но и встроенных ТЭНов (два ТЭНа на 2 и 4 кВт). Ввиду высокой уставки ТЭНы чаще подключались, чтобы помочь тепловому насосу выйти на заданный уровень температуры. В январе 2019 года при 60 м² отапливаемой площади счет составил 5500 руб. ТЭНы в работе практически не использовались.

Общий вывод: эксплуатация воздушных тепловых насосов в московском регионе вполне возможна и требует лишь грамотно спроектированной гидравлической системы отопления, с применением отопительных приборов большой поверхности (теплые полы). Переход на такую систему возможен как при новом строительстве, так и в случае реконструкции системы отопления существующего дома.

Таблица 4. Данные системы диспетчеризации от 16 января 2019 г.

Дата	Время	Улица, °C	Кухня, °C	Компрессор	Авария	1 ступень ТЭНов	2 ступень ТЭНов	Прямая, °C	Обратная, °C	Эл. мощн., кВт	Тепл. мощн., кВт	COP
16.01.2019	6:57:30 PM	-10,2	21,8	1	0	0	0	39,7	36	1,86	3,7	2,00
16.01.2019	6:58:30 PM	-10,3	21,9	1	0	0	0	39,5	35,9	1,86	3,6	1,95
16.01.2019	6:59:30 PM	-10,2	21,8	1	0	0	0	39,5	35,9	1,92	3,6	1,89
16.01.2019	7:00:30 PM	-10,3	21,8	1	0	0	0	39,7	35,9	1,98	3,8	1,93
16.01.2019	7:01:30 PM	-10,3	21,8	1	0	0	0	39,7	35,9	1,98	3,8	1,93
16.01.2019	7:02:30 PM	-10,3	21,8	1	0	0	0	39,8	35,9	1,98	3,9	1,98
16.01.2019	7:03:30 PM	-10,4	21,8	1	0	0	0	39,8	35,9	1,98	3,9	1,98
16.01.2019	7:04:30 PM	-10,4	21,8	1	0	0	0	39,8	35,9	1,98	3,9	1,98
16.01.2019	7:05:30 PM	-10,4	21,9	1	0	0	0	39,8	35,9	2,04	3,9	1,93
16.01.2019	7:06:30 PM	-10,4	21,8	1	0	0	0	39,9	36	1,98	3,9	1,97
13.11.2019	8:54:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,825	5,4
13.11.2019	8:55:45 PM	2,2	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,6
13.11.2019	8:56:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,7	1,56	0,827	5,5
13.11.2019	8:57:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	5,5
13.11.2019	8:58:45 PM	2,1	25	1	0	0	0	33,7	30,8	1,56	0,827	4,9