ПЕРЕХОД НА ГИБРИДНЫЙ ИСТОЧНИКИ ОТОПЛЕНИЯ

ГАЗ И ТЕПЛОВОЙ НАСОС ВОДА-ВОЗДУХ

MG.SC.ING. DMITRIJS IVANCOVS

20.09.2021.

Содержание

1. Введение 2
2. Газовый котел 2
3. Тепловой насос 3
4. COP 4
5. Тепловой баланс 6
6. Система отопления 8
7. Экономическое обоснование 10
8. Выводы 13

Переход на гибридный источник отопления.

1. Введение

Рано или поздно, но все владельцы частных домов сталкиваются с вопросом ремонта устаревающих конструкций и инженерных коммуникаций. Среди всего прочего, встает вопрос и о замене отопительного котла. Технологии стремительно развиваются, рынок насыщен альтернативными источниками отопления, рекламные буклеты пестрят соблазнительными показателями экономичности и человеку без профильного инженерного образования, достаточно сложно проанализировать большой массив данных чтобы сделать оптимальный для себя выбор. Данная публикация, написана чтобы разъяснить основные аспекты и обозначить те факторы, на которые стоит обратить внимание владельцу частного дома при выборе отопительного оборудования. В общем виде, мы рассмотрим сценарий замены газового котла на гибридный, комбинированный тепловой насос вода-воздух + газ.

2. Газовый котел

С заменой газового котла все обстоит достаточно просто. Если температура в доме во время отопительного сезона была комфортная, то главное на что стоит обратить внимание, это чтобы совпадала тепловая мощность и температурные режимы теплоносителя.

Если котел не справлялся с нагрузкой, то стоит обратиться за помощью к инженеру-теплотехнику что бы он пересчитать теплопотери ограждающих конструкций, размеры и тепловую мощность нагревательных элементов, температурные режимы теплоносителя и гидравлические характеристики сети.

Если котел работал с низкой эффективностью и потреблял много газа, возможно, что он был подобран с большим запасом по мощности. Газовые котлы достигают своей эффективности, когда работают в режимах, близких к максимальной мощности. В наших климатических условиях (Рига), средняя температура наружного воздуха, во время отопительного сезона, составляет половину от максимальной. То есть, большую часть времени, котлы работают на половину от максимальной мощности. Этот негативный фактор можно снизить путем расстановки приоритетов раздачи тепла. Достаточно часто, проектировщики, суммируют все тепловые потребители: отопление, горячая водоподготовка и вентиляция. Однако, общую тепловую мощность котла можно снизить. Если, в качестве приоритета раздачи тепла выбрать инерционность системы (скорость изменения температуры среды в зависимости от изменения температуры теплоносителя), то получится следующая последовательность:

1. максимальный приоритет у вентиляции (температура воздуха изменяется сразу после изменения температуры теплоносителя);

2. проточная водоподготовка горячей воды;
3. аккумуляционная водоподготовка (бойлер);
4. высокотемпературные системы отопления (радиаторы, конвектора);
5. низкотемпературные системы отопления (теплые полы, стены, потолки).

Тепло для вентиляции надо обеспечивать постоянно из-за ее низкой инерционности.

Горячая водоподготовка требует большой мощности, но на относительно короткое время. Подогрев бойлера обычно занимает 10-20 минут. Если отключить отопление в доме на это время, то заметного падения температуры в помещениях не произойдет.

Таким образом, можно не суммировать мощности отопления и горячей водоподготовки, а выбрать только большую из них. Для этого в режиме автоматического управления необходимо задать приоритет горячей водоподготовки. Это позволит значительно снизить общую мощность котла и повысить эффективность его работы.

Следует отметить, что в момент возобновления подачи тепла в контур отопления, температура обратки может быть ниже номинально. Это может привести к кратковременному образованию конденсата в котле. Большинства современных котлов являются конденсатного типа, поэтому для них это не является проблемой.

Все вопросы, связанные с оптимизацией системы отопления необходимо решить до выбора и замена отопительного оборудования. После, эти задачи будет решить сложнее, дороже и с компромиссами.

3. Тепловой насос

3.1. Принцип действия.

Принцип работы теплового насоса такой же как у холодильника. Компрессор сжимает хладагент, который от сжатия нагревается и затем, остывая, конденсируется в конденсаторе (радиатор за холодильником). После этого, хладагент проходит через расширительный клапан, давление хладагента падает, и он закипает, испаряется поглощая тепло (испарительные трубки внутри холодильника).

3.2. Вариации.

Принцип работы теплового насоса один, а вариантов исполнения множество. Тепло от конденсатора (внутреннего блока), можно передать в помещение через воздух (большинство современных кондиционеров являются тепловыми насосами воздух-воздух), или через теплообменник нагреть воду. Холодный контур испарителя (наружный блок) может прогреваться наружным воздухом, грунтовыми скважинами, контурами в земле или водоеме. Выбор технического исполнения зависит от окружающих условий в месте установки оборудования.

3.3. Хладагент.

Эффективность работы теплового насоса во многом зависит от условий использования и параметров хладагента. Изменение температуры кипения хладагентов, существенно влияет на показатели работы теплового насоса, и как следствие на значения COP (англ. COP – сокр. от coefficient of performance).

Величина коэффициента преобразования теплового насоса зависит от разности

температур кипения холодильного агента в испарителе и его конденсации в конденсаторе. Чем меньше эта разность, тем выше коэффициент преобразования.

В качестве примера, в таблице 1 приведены значения энтальпии и COP для различных фреонов при температуре 0°C на испарителе.

Таблица 1 - Значения энтальпии и COP для различных фреонов при температуре 0°C на испарителе

Фреон	h_A, кДж/кг	$h_Б$, кДж/кг	h_C, кДж/кг	h_D, кДж/кг	COP
R22	414,3	450,97	466,69	265,41	3,84
R410	437,5	482,7	502,07	287,5	3,32
R12	356,02	390,02	404,59	247,75	3,22
R134	401,1	448,3	468,53	279,58	2,80
R507	373,4	414,7	432,40	274,3	2,67
R404	376,5	424,9	445,64	287,1	2,29

Параметры термодинамического процесса задаются производителями тепловых насосов под конкретный тип хладагента исходя из прогнозируемых условий эксплуатации. Замена хладагента на отличный от указанного производителем возможна, но не рекомендуется без знания характеристик агента и термодинамических параметров компрессионного цикла конкретной установки.

Пользователь должен понимать, что не смотря на общий принцип действия тепловых насосов, их технические характеристики могут очень сильно отличатся. Если у пользователя «А», в условиях «Х», установка «1» работает хорошо, это не значит, что у пользователя «Б», в условиях «Y», установка «2» будет работать точно также.

4. COP

4.1. Суть параметра.

COP является одним из важнейших параметров, определяющих экономичность оборудования. Например, при значении COP=4.0, на производство 4,0 кВт тепловой энергии расходуется 1,0 кВт электроэнергии.

Значение COP не является постоянным и очень сильно изменяется в зависимости от рабочих параметров и условий использования.

4.2. Номинальные значения.

Возьмём технические данные, которые находятся в свободном доступе на сайте производителя и проведем их анализ. Гибридный тепловой насос вода-воздух + газ. Технические данные нового газового котла аналогичные старому, в них мы углубляется не будим. Рассмотрим параметры теплового насоса.

Номинальная тепловая мощность при температуре подачи теплоносителя 45°C - 6,89 кВт. Номинальная электрическая мощность в режиме обогрева - 2,01 кВт. COP=3,42.

Таблица 2 – Технические данные производителя

CONNECTABLE INDOOR UNITS				
Heating capacity	Min.		kW	/ 1.80 (2)
	Nom.		kW	7.40 (1) / 6.89 (2)
	Max.		kW	10.0 (1) / 9.53 (2)
Power input	Heating	Nom.	kW	1.66 (1) / 2.01 (2)
COP				4.45 (1) / 3.42 (2)

Дальше производитель указывает фактические параметры при определенных температурах наружного воздуха и теплоносителя в подающем трубопроводе.

Таблица 3 – Температурные режимы и мощности

LWC [°C]	30		35		40		45		50		55	
T_{amb} [°C]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]
-20	3,79	2,41	3,73	2,71	3,51	3,03	3,29	3,19	3,18	3,23		
-15	4,96	2,38	4,81	2,64	4,52	2,93	4,33	3,12	4,25	3,21	3,86	3,21
-7	6,57	2,31	6,41	2,58	6,35	2,83	6,25	3,03	5,99	3,13	5,48	3,20
-2	7,38	2,28	7,29	2,50	7,25	2,73	6,82	2,91	6,70	3,02	6,16	3,14
2	7,90	2,25	7,68	2,42	7,43	2,63	COP=2,34		7,16	2,92	6,59	3,06
7	10,17	2,35	10,02	2,54	9,81	2,74			9,04	3,07	8,50	3,16
12	11,04	2,32	10,76	2,49	10,48	2,70	10,05	2,92	9,61	3,05	9,03	3,15
15	12,04	2,28	11,72	2,44	11,35	2,66	10,92	2,89	10,38	3,03	9,76	3,15
20	13,81	2,25	13,46	2,38	13,01	2,62	12,52	2,85	11,87	3,01	11,17	3,15

В столбце 45°C находим значение тепловой мощности (HC) близкое у номинальному –

6,82 кВт. Рядом находится значение потребляемой электрической мощности (PI) 2.91 кВт. Фактический COP=2,34, что значительно ниже номинального. Так происходит из-за того, что на COP влияет очень много различных параметров, поэтому проще оперировать номинальными значениями при стандартных (EN 14511) значениях. Оборудование разных производителей легче сравнивать, когда значения указаны при одинаковых (стандартных) условиях.

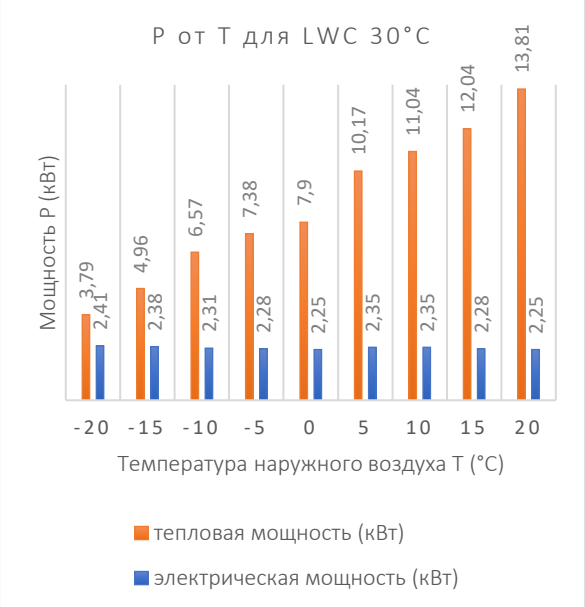
4.3. Температурные режимы.

Для простоты восприятия, отобразим табличные данные производителя в виде графиков. Рассмотрим только крайние значения, с температурой подачи (LWC) 30°C и 55°C.

Таблица 4 – Температурные режимы и мощности

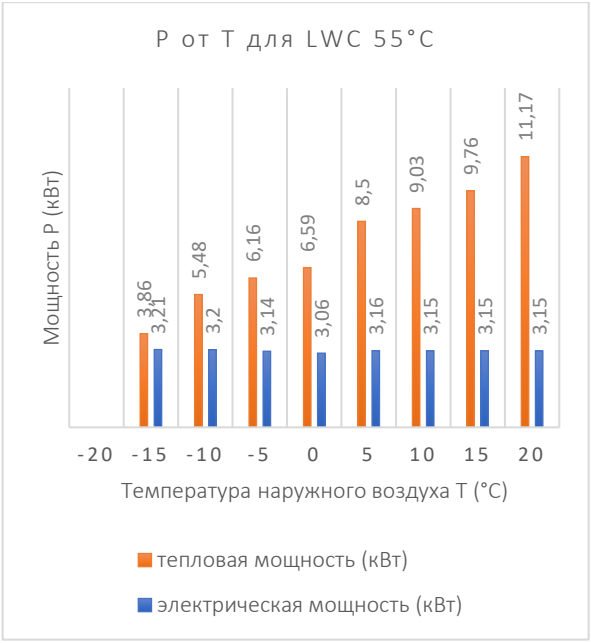
LWC [°C]	30		35		40		45		50		55	
T_{amb} [°C]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]
-20	3,79	2,41	3,73	2,71	3,51	3,03	3,29	3,19	3,18	3,23		
-15	4,96	2,38	4,81	2,64	4,52	2,93	4,33	3,12	4,25	3,21	3,86	3,21
-7	6,57	2,31	6,41	2,58	6,35	2,83	6,25	3,03	5,99	3,13	5,48	3,20
-2	7,38	2,28	7,29	2,50	7,25	2,73	6,82	2,91	6,70	3,02	6,16	3,14
2	7,90	2,25	7,68	2,42	7,43	2,63	7,28	2,79	7,16	2,92	6,59	3,06
7	10,17	2,35	10,02	2,54	9,81	2,74	9,53	2,96	9,04	3,07	8,50	3,16
12	11,04	2,32	10,76	2,49	10,48	2,70	10,05	2,92	9,61	3,05	9,03	3,15
15	12,04	2,28	11,72	2,44	11,35	2,66	10,92	2,89	10,38	3,03	9,76	3,15
20	13,81	2,25	13,46	2,38	13,01	2,62	12,52	2,85	11,87	3,01	11,17	3,15

График 1 – Зависимость мощности от температуры для LWC 30°C



На графике для LWC 30°C, видно, что чем выше температура наружного воздуха, тем больше разница между потребляемой электрической мощностью и производимым теплом, COP больше.

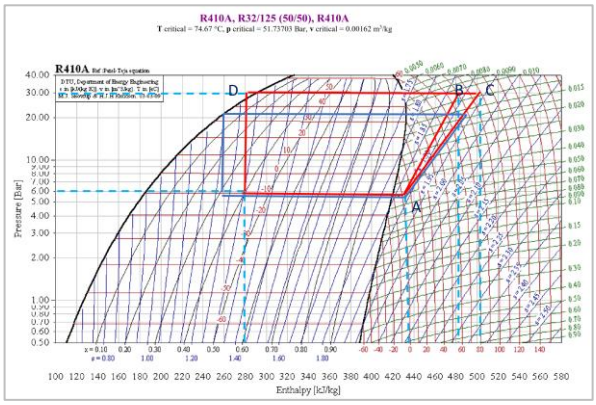
График 2 – Зависимость мощности от температуры для LWC 55°C



С увеличением LWC до 55°C, общая закономерность осталась той же, но с некоторыми отличиями. Повысилась потребляемая мощность из-за большей нагрузки на компрессор и понизилась теплопроизводительность.

Процессы, влияющие на эти изменения отображены на термодинамической диаграмме i-lgP (для фреона R410A), а их физический смысл заключается в том, что чем ниже температура теплоносителя в системе отопления, тем эффективнее работает тепловой насос.

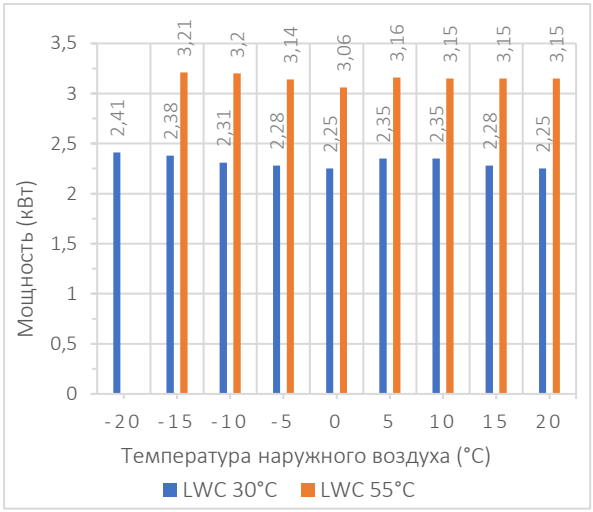
Изображение 1 – Термодинамические процессы на диаграмме i-lgP для фреона R410A



По этой причине, при низких температурах наружного воздуха, он не может стабильно работать.

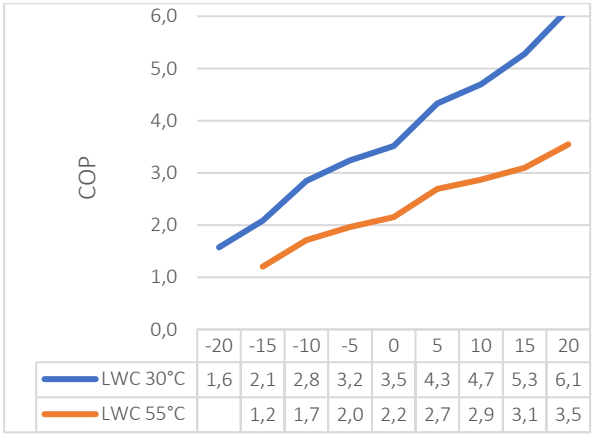
Сравнив потребляемую электрическую мощность при LWC 55°C и при LWC 30°C. При LWC 55°C она на 35-40% больше.

График 3 – Потребляемая электрическая мощность при LWC 55°C и при LWC 30°C



Температура теплоносителя в подающем трубопроводе (LWC) влияет и на значение COP.

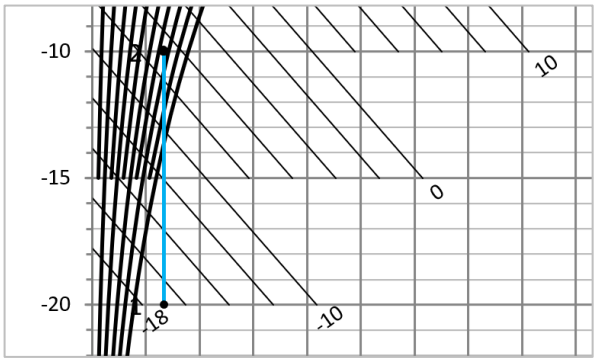
График 4 – COP при LWC 55°C и при LWC 30°C



	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
LWC 30°C	1,6	2,1	2,8	3,2	3,5	4,3	4,7	5,3	6,1
LWC 55°C		1,2	1,7	2,0	2,2	2,7	2,9	3,1	3,5

С понижением температуры наружного воздуха COP стремительно снижается. Повторюсь, что эти значения указаны производителем, а не результат математического моделирования. В реальных условиях показатели будут несколько хуже. С приближением наружной температуры воздуха к температуре испарения фреона, интенсивность кипения замедляется, что в свою очередь замедляет циркуляцию фреона в системе и падение общей производительности. В добавок к этому, испаритель периодически обмерзает, так как температура испарителя ниже точки россы наружного воздуха.

Изображение 2 – Процесс охлаждения влажного воздуха



Обычно разморозка происходит путем реверсного переключения хладагента, то есть тепловой насос переключается в режим кондиционера. Длится разморозка не долго, однако в это время тепло в систему не поступает.

С повышением температуры наружного воздуха, COP стремительно растет. На графике видно, что он может достигать значений 6,1. Для этого, у вас должен быть низкотемпературный потребитель (LWC 30°C), которому необходимо 13,81 кВт тепла при наружной температуре +20°C. Такие условия практически никогда не встречаются, поэтому COP 6,1 так и остается сугубо теоретическим.

5. Тепловой баланс

5.1. Мощность и энергия.

Для инженеров разница между мощностью и энергией очевидна, но для людей не связанных с инженерией, похожие едины измерения (кВт и кВтч) вводят некоторых в заблуждение.

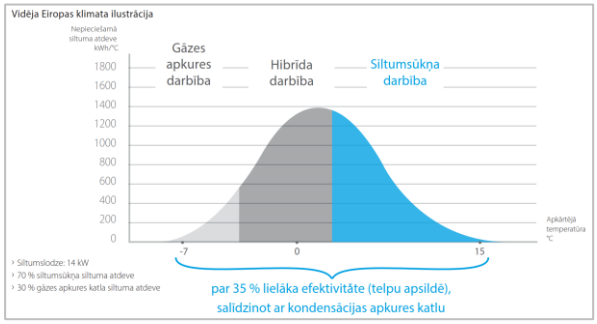
Требуемая тепловая мощность (кВт) всегда считается на максимальные значения. Если на улице -20°C, мощности должно быть достаточно чтобы в помещениях было 20-23°C. Понижать требуемую мощность нельзя, так как в помещениях станет холодно.

Энергия (кВтч) – это то, сколько вы потратили тепла в течении определенного времени. Например, электрический нагреватель мощностью 2,0 кВт проработал 5,0 минут. Его мощность равна 2,0 кВт, затраченная при этом энергия 0,167кВтч. Если нагреватель будет работать целый час без перерывов, то затраченная энергия составит 2,0 кВтч.

5.2. Мощностной режим.

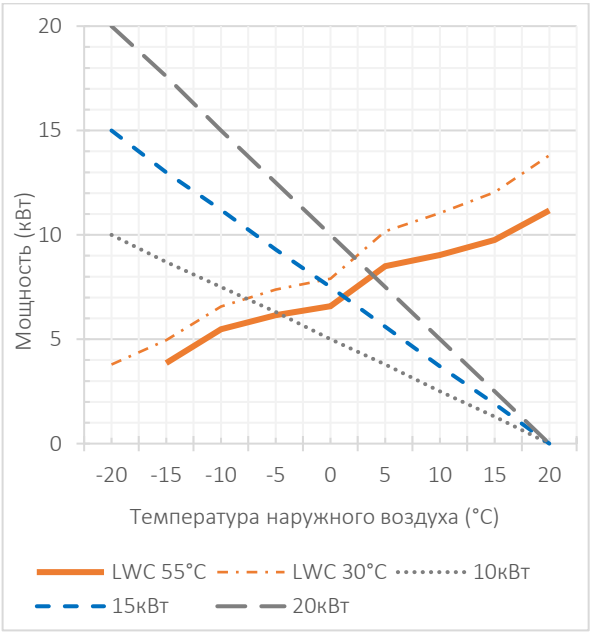
В рекламных буклетах часто встречаются подобного рода иллюстрации.

Изображение 3 – Распределение энергозатрат в зависимости от режима работы и температуры наружного воздуха



На изображении показано, что тепловой насос обеспечить 14,0 кВт тепловой мощности до температуры наружного воздуха 5°C. Давайте сравним это с уже известными вам данными приведенных в таблице 4. Отобразим графически производимую тепловую мощность в зависимости от наружной температуры для LWC 30°C и LWC 55°C. Температуру теплоносителя в подающем трубопроводе равную 30°C (LWC 30°C) рассматривать не будем, так как в подавляющем большинстве случаев LWC будет близким к 55°C. Здесь она указана только для сравнения и показывает что чем ниже температура теплоносителя, тем при более низких температурах наружного воздуха способен работать тепловой насос, выдавая при этом большую мощность.

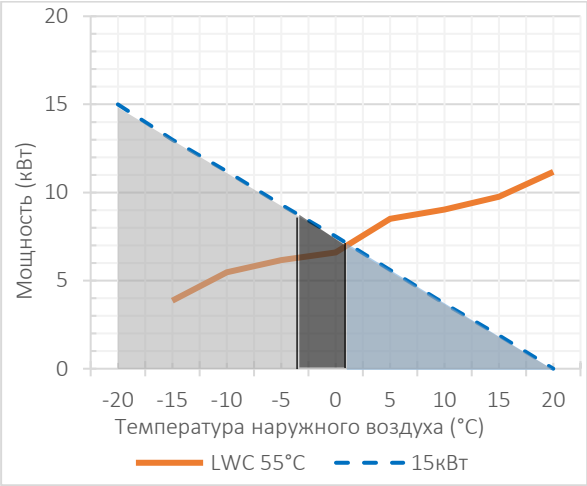
График 5 – Производимую тепловую мощность в зависимости от наружной температуры для LWC 30°C и LWC 55°C



Пунктиром показаны теплопотери помещения(й) 10, 15 и 20 кВт, в зависимости от наружной температуры воздуха. Точки пересечения этих графиков показывают ту температуру наружного воздуха, при которой тепловой насос способен самостоятельно, без помощи газового котла, компенсировать теплопотери. Здесь наглядно видно, что чем больше теплопотери, тем раньше тепловой насос переключается в гибридный режим работы. Так для 20 кВт это будет около 3°C, для 15 кВт – около 1°C и для 10 кВт – примерно -5°C.

Следует обратить внимание на то, что данные параметры справедливы для случая, когда вся мощность отводится только отоплению, без учета горячей водоподготовки и вентиляции. Эти потребители будет догревать газовый котел, а значить гибридный режим включится раньше. Насколько раньше, зависит от мощности этих потребителей.

График 6 – Распределение мощности в зависимости от режима работы и температуры наружного воздуха



На изображении 3, режим перехода с гибридного только на газ, происходит при температуре наружного воздуха около 3,5°C. В технической информации заявленные режимы работы значительно ниже. То есть тепловой насос может работать при более низких температурах воздуха, но его работа становится экономически нецелесообразной из-за стремительного снижения COP (≈до 2,1). Стоимость потребляемого тепловым насосом электричества становиться больше стоимости потребляемого газа, поэтому выгоднее переключится полностью на газ.

6. Система отопления

6.1. Тепловые режимы.

Мы уже ознакомились с тем, как температурные режимы теплоносителя влияют на эффективность работы теплового насоса. Теперь давайте рассмотрим, как эти же режимы влияет саму на систему отопления.

Наиболее распространенные температурные режимы в частных домах можно обеднить в три группы:

- низкотемпературные системы (≈30/45°C);
- высокотемпературные системы (≈80/60°C);
- комбинированные системы.

Низкотемпературные системы.

Теплые полы и горячая водоподготовка.

Идеальные условия для использования теплового насоса. Температура теплоносителя в теплом полу около 35°C. Тепловой насос может работать эффективнее и при более низких температурах наружного воздуха. Система очень инерционная, что хорошо, потому что она долго остывает без подвода тепла и плохо, потому что долго прогревается после возобновления подачи теплоносителя.

Горячая водоподготовка будет очень эффективно работать летом и в межсезонье. В морозы, часть нагрузки будет обеспечивать газовый котел или электрические нагреватели в комбинированном бойлере.

Для подогрева приточного воздуха в вентиляционной системе, нагреватель может использоваться только как второстепенный (когда нет нагрузки на отопление) или летом в осушителе воздуха.

Высокотемпературные системы.

Радиаторы, горячая вода, вентиляция.

Это наихудшие условия для использования теплового насоса. Температурные режимы системы отопления 80/60°C или 70/60°C тепловой насос обеспечить не может. Работать он будет только в начале и в конце отопительного сезона, когда теплопотери дома не большие.

Горячую водоподготовку, тепловой насос сможет обеспечить практически круглый год, за исключением сильных

морозов. Если у вас большое потребление горячей воды, установка теплового насоса будет работать эффективнее.

Если в теплоузле есть возможность подать на нагреватель воздуха в вентиляционной установке 80°С, то нецелесообразно для этого использовать тепловой насос. Из-за низкой температуры теплоносителя калорифер вырастит в размерах, что повлечет увеличения сопротивления и потребляемую вентилятором мощность. Увеличит риск заморозки калорифера и количество отказов и остановок оборудования, связанных с температурой приточного воздуха.

Комбинированные системы.

Комбинированные системы объединяют в себе низкотемпературные и высокотемпературные режимы теплоносителя. Основным является высокотемпературный контур, к которому подключен смесительный узел понижения температуры для теплого пола. Целесообразность установки теплового насоса в комбинированных системах отопления зависит от общей мощности низкотемпературного контура. Например, если теплые полы только в ванных комнатах, то вряд ли это будет экономически обоснованно.

6.2. Температурный напор.

Тепловая мощность, отдаваемая отопительным элементом в помещение, зависит от его размеров температуры поверхности. Производя замену отопительного котла, необходимо сохранить температурные режимы теплоносителя.

Поясню на примере 22 радиатора, высотой 500 мм и мощностью 1000 Вт. При температурном режиме 80/60°С и температуре в помещении 23°С, температурный напор будет 46,28°С. Радиатор шириной 800 мм обеспечит требуемую мощность теплоотдачи.

Таблица 5 – Размеры радиатора при температурном режиме 80/60°С

Type	11	21	22	33
Height, mm	500	500	500	500
Norm output, W/m	868	1156	1470	2035
Exponent, n	1,3070	1,3076	1,3270	1,3371
Length, mm				
400	315	420	533	737
500	394	525	666	922
600	473	630	800	1106
700	552	735	933	1290
800	630	840	1066	1475
900	709	945	1199	1659
1000	788	1049	1333	1843
1100	867	1154	1466	2028
1200	946	1259	1599	2212
1400	1103	1469	1866	2581
1600	1261	1679	2132	2950
1800	1419	1889	2399	3318
2000	1576	2099	2665	3687
2300	1813	2414	3065	4240
2600	2049	2729	3465	4793
3000	2364	3148	3998	5530

Во втором варианте, понизим температурный режим до 45/40°С. При той же температуре в помещении 23°С, температурный напор составит только 19,4°С. В этом случае, вместо 800 мм, потребуется радиатор длиной 2600 мм.

Таблица 6 – Размеры радиатора при температурном режиме 45/40°С

Type	11	21	22	33
Height, mm	500	500	500	500
Norm output, W/m	868	1156	1470	2035
Exponent, n	1,3070	1,3076	1,3270	1,3371
Length, mm				
400	101	135	168	230
500	126	168	210	288
600	152	202	252	346
700	177	236	294	403
800	202	269	336	461
900	228	303	378	519
1000	253	337	420	576
1100	278	370	462	634
1200	303	404	504	691
1400	354	471	588	807
1600	405	538	672	922
1800	455	606	756	1037
2000	506	673	840	1152
2300	581	774	966	1325
2600	657	875	1092	1498
3000	758	1010	1260	1728

Если понизить температуру теплоносителя без изменений в системе отопления, то радиатор из нашего примера, вместо 1066 Вт, сможет отдать только 336 Вт.

6.3. Гидравлика.

Этот раздел относится к тем, кто еще стоит перед выбором системы отопления.

В установленной системе уже поздно менять температурные режимы.

Температурные режимы влияют на размеры трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, насосов точно так же, как на размеры отопительных элементов.

Так, например, через трубу диаметром 16мм, при температурном режиме 80/60°C, можно передать тепловым приборам 10 кВт тепловой мощности. Понизив ΔT до 5°C (45/40°C), без увеличения скорости и сопротивления системы при существующих насосах – только 2,5 кВт.

Таблица 7 – Зависимость параметров сети от температурного режима

d (mm)	Q (kW)	Δ t°C	G (l/s)	V (m/s)
16	10	20	0,12	0,59
16	2,5	5	0,12	0,59
16	10	5	0,48	2,38
32	10	5	0,48	0,59

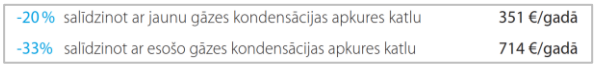
Для того, чтобы передать 10 КВт при ΔT 5°C, диаметр трубопровода надо увеличить до 32 мм, а расход теплоносителя с 0,12 до 0,48 л/с.

Увеличение размеров всей системы, это достаточно существенное её удорожание.

7. Экономическое обоснование

Рассмотрим экономическую составляющую вопроса. По расчету производителя экономия от замены старого котла на гибридный может составить от 351 до 714 евро в год.

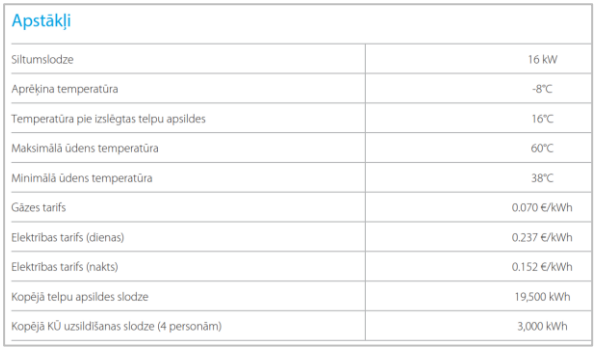
Изображение 4 – Данные экономии от производителя



Давайте произведем расчет самостоятельно, только с учетом наших климатических данных и актуальных цен на энергоносители.

За основу берем исходные данные предоставленные производителем.

Изображение 5 – Исходные данные технико-экономического обоснования от производителя



Мощность – 16 кВт – принимается.

Расчетная температура - -8°C – нет. Возьмем лучше из LBN 003-19 «Būvklimatoloģija» таблиц 6 и 7. Расчетная температура отопительного сезона в Риге -20°C. Длительность отопительного сезона 192 дня, средняя температура холодной пятидневки 1,1°C.

Режим пониженной температуры в помещении - 16°C – нет. Поскольку мы планируем эффективно использовать тепловой насос, то предполагаем низкотемпературную систему отопления. Системы с низкотемпературным источником тепла очень долго выходят в рабочий режим. Об этом я писал выше. Примем 22°C в постоянном режиме.

Конкретные температуры теплоносителя для нашего расчета не потребуются. Отметим только что указан низкотемпературный режим работы.

Стоимость газа – 0,070 €/кВтч – нет.

Находим актуальную стоимость газа на сегодняшний день – это 0,054 €/кВтч.

Изображение 6 – Тариф на газ

ТАРИФЫ С 01.07.2021. ДО 31.12.2021.

Переменная часть в зависимости от потребления, 01.07.2021. - 31.12.2021.:

Годовое потребление газа	**0 - 2635 кВт-ч** (0 - 250 м³)	**2635.1 - 5269 кВт-ч** (250.01 - 500 м³)
Природный газ EUR/кВт-ч	**0.0343216**	**0.0343216**
Природный газ с 01.10.2021 EUR/кВт-ч	**0.0343959**	**0.0343959**
Распределение - переменная часть EUR/кВт-ч	0.0180761	0.0074416
Передача EUR/кВт-ч	0.002004	0.002004
Передача с 01.10.2021*** EUR/кВт-ч	0.0019297	0.0019297
Акцизный налог* EUR/кВт-ч	0.00165	0.00165
НДС 21% EUR/кВт-ч	0.0117709	0.0095376
Тариф за 1 кВт-ч	**0.0678226**	**0.0549548**

(https://lg.lv/ru/dlja-doma/tarify-i-kalkuljator)

У различных поставщиков цена варьируется, но можем принять 0,060 €/кВтч. Учитывая стремительный рост цен на газ, очень вероятно, что скоро она достигнет 0,070 €/кВтч.

Изображение 7 – Динамика роста цен на газ

$Gaspool_{fm}$ cena, EUR/MWh

2018.gads		2019.gads		2020.gads		2021.gads	
		Janvāris	24.07	Janvāris	14.88	Janvāris	16.08
		Februāris	21.86	Februāris	11.69	Februāris	19.75
Marts	18.12	Marts	18.43	Marts	9.68	Marts	17.74
Aprīlis	18.41	Aprīlis	16.19	Aprīlis	8.78	Aprīlis	17.76
Maijs	19.15	Maijs	15.37	Maijs	6.86	Maijs	20.56
Jūnijs	21.54	Jūnijs	13.80	Jūnijs	5.12	Jūnijs	24.98
Jūlijs	21.91	Jūlijs	11.06	Jūlijs	5.13	Jūlijs	28.78
Augusts	22.32	Augusts	10.89	Augusts	5.40	Augusts	35.69
Septembris	23.80	Septembris	11.04	Septembris	7.89	Septembris	43.69
Oktobris	27.81	Oktobris	12.75	Oktobris	11.26		
Novembris	26.29	Novembris	15.39	Novembris	14.25		
Decembris	24.98	Decembris	15.95	Decembris	13.84		

(https://www.gaso.lv/dabasgazes-tirgus)

Стоимость электроэнергии – 0,237 €/кВтч – нет. Цены сильно отличаются от выбранного тарифа, примем 0,15 €/кВтч. Ночной тариф игнорируем.

Общие энергозатраты на отопление – 19500 кВтч – нет. Длительность отопительного сезона в Риге 192 дня или 4608 часов. Теплопотери при средней температуре 1,1°C составят половину, 16*0,5=8 кВт. Получаем 4608*8≈36864 кВтч. Более точный расчет в таблице 8.

Горячую водоподготовку удалим из расчетов для упрочения. По сути, она улучшит показатели теплового насоса летом и ухудшит их зимой.

Сравним результаты расчетов. Эксплуатационные энергозатратные гибридного котла, по расчету производителя - 1429€/год.

Изображение 4 – Результаты расчета от производителя

Gada siltuma nepieciešamība: 19,500 kWh		
SS saražotā enerģija	12,800 kWh	-
SS efektivitāte	3.64 SCOP*	-
Ekspluatācijas izmaksas	€ 675	-
Gāzes apkures katla saražotā enerģija	6,700 kWh	19,500 kWh
Telpu apsildes efektivitāte	90%	90%
Ekspluatācijas izmaksas	€ 521	€ 1,517
Gada siltuma nepieciešamība: 19,500 kWh		
Gāzes apkures katla saražotā enerģija*	3,000 KWH	3,000 KWH
KŪ uzsildīšanas efektivitāte	90%	80%
Ekspluatācijas izmaksas*	€ 233	€ 263
		TOTAL
Ekspluatācijas izmaksas	€ 1,429	€ 1,780

* vai 364%

В наших климатических условиях и с актуальными ценами на энергоносители - 2155 €/год.

Следует отметить, что с ростом цен на газ, использование теплового насоса становится более выгодным, так как его становится целесообразно использовать при более низких температурах и худшем показателе COP. У производителя в расчете указан номинальный COP 3.64 (изображение 4), тогда как фактический COP от 3,0 до 2,1.

На экономические показатели сильно влияет фактическая температура наружного воздуха и количество холодных дней в году.

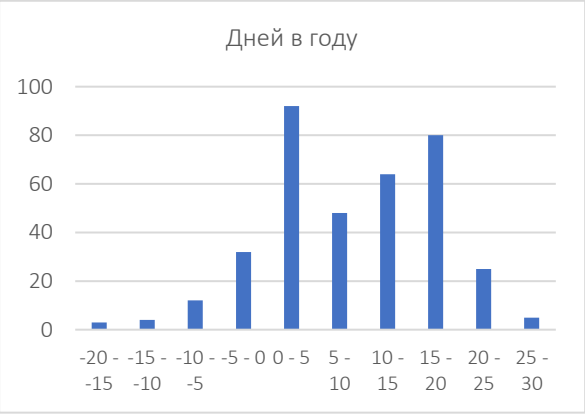
Таблица 8 – Технико-экономический расчет

Температурный диапазон наружного воздуха	Дней в году	Тепло-потери	Старый газовый котел	Новый газовый котел	Новый гибридный котел			
					Газ	Тепловой насос	COP	Электро-энергия
°C		кВт	кВтч	кВтч	кВтч	кВтч		кВтч
-20 - -15	3	14,0	1008	1008	1008			
-15 - -10	4	12,1	1162	1162	1162			
-10 - -5	12	10,3	2966	2966	2966			
-5 - 0	32	8,4	6451	6451	3226	3226	2,1	1536
0 - 5	92	6,6	14573	14573	4858	9715	2,4	4048
5 - 10	48	4,7	5414	5414		5414	2,8	1934
10 - 15	64	1,9	2918	2918		2918	3,0	973
15 - 20	80							
20 - 25	25							
25 - 30	5							
Сумма:	365		34493	34493	13219	21274		8491
КПД газового котла			0,75	0,90	0,90			
Стоимость энергии €/кВтч			0,06	0,06	0,06			0,15
Расходы на отопление €/год			2759	2300	881			1274

Расходы на отопление	€/год
Старый газовый котел	2759
Новый газовый котел	2300
Новый гибридный котел	2155

	Экономия €/год
Замена старого газового котла (КПД 0,75) на новый (КПД 0,9)	460
Замена старого газового котла (КПД 0,75) на гибридный котел	605
Замена котла с КПД 0,9 на гибридный котел	145

График 7 – Распределение количества дней в году по температурным диапазонам



Чем теплее зима, тем лучше показатели теплового насоса.

Из сравнительного анализа технико-экономических параметров можно сделать следующие выводы:

- Простая замена старого газового котла на новый с лучшим КПД, позволит сэкономить 460 €/год. При его стоимости 1500-2000 евро, он окупится за 3-4 года.
- Замена старого котла на гибридный, позволит сэкономить немного больше - 605€/год, но при стоимости 7000-10000 евро, окупаться он будет 11-16 лет.
- Замена исправно работающего котла с КПД 0,9 – не окупится никогда.

8. Выводы

8.1. Газ + тепловой насос.

Эффективное использование тепловых насосов возможно в достаточно ограниченном сегменте эксплуатации. Современные газовые котлы достаточно эффективны, автономны, надежны и способны обеспечить высокий уровень комфорта для пользователя.

8.2. Твердое топливо + тепловой насос.

Мы не рассматривали эту комбинацию тепловых насосов, но их стоимость за установку можно обосновать повышенным комфортом. Меньше работы с загрузкой топлива и чисткой. Меньше перепады температур в помещениях, автономность, удобство. Экономически это не обоснуешь, но, если клиент готов платить за свой комфорт, у него есть возможность его получить.

8.3. Тепловой насос Воздух-воздух.

Одно из самых простых и эффективных устройств. Способен работать с максимально возможным показателем COP.

8.4. COP.

Показатель COP – величина переменная и зависит от условий эксплуатации и окружающей среды.

8.5. Эксплуатация

Приобретая гибридный тепловой насос, вы приобретаете два отопительных прибора. С одной стороны, это хорошо, так как есть резервный источник тепла. С другой – плохо, так как больше механизмов увеличивают вероятность поломок, а соответственно расходы на сервисное обслуживание и сопутствующий аварийный ущерб.

8.6. Стоимость системы отопления.

Ниже температурные режимы теплоносителя - дороже система отопления.

8.7. Проект.

Тепловой насос не требует согласования проекта. Прост в установке. Занимает мало места. Не требует отдельного помещения. Правда все это только в том случае, если он не комбинированный.

8.8. Экономические показатели.

Универсальных решений нет, и тепловой насос не исключение. Экономическую целесообразность установки гибридных установок необходимо рассматривать с системой отопления в целом и для каждого конкретного случая отдельно.