

**Поддержка разработки законодательства для устойчивого  
теплоснабжения, включающего использование ВИЭ – Технический и  
Правовой консалтинг. АБР. ТА 6564 KAZ**



## СОДЕРЖАНИЕ СТРАНИЦЫ

<b>1</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Возобновляемые источники энергии - Статус и потенциал в Казахстане</b> .....	<b>10</b>
2.1	Гидроэнергетика .....	10
2.2	солнечная энергия .....	11
2.3	энергия ветра .....	12
2.4	Биоэнергетика .....	13
<b>3</b>	<b>ГИДЕЛИНЫ</b> .....	<b>15</b>
3.1	Введение в технологические листы .....	15
3.2	Качественное описание .....	15
3.3	Количественное описание .....	15
3.4	Энергия / технические данные .....	16
3.5	Способность регулирования.....	19
3.6	Окружающая среда.....	19
3.7	коммерческие данные Financial data .....	20
3.8	Определения.....	21
<b>4</b>	<b>Сравнение ключевых финансовых показателей</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Технологические паспорта</b> .....	<b>27</b>
5.1	Технологические листы для производства тепла для централизованного теплоснабжения 27	
5.2	Технологические паспорта для отдельных отопительных установок .....	27
5.3	Технологические листы для промышленного технологического нагрева .....	27

## ЛИСТЫ DATA

<b>Восстановление крупной угольной электростанции на биомассу .....</b>	<b>28</b>
Технические данные 01 - Древесные гранулы, существующий котел .....	33
Технические данные 02 - Древесная щепа, новый котел .....	33
Технический паспорт 03 - Древесная щепа, существующий котел, вытяжной пункт .....	34
Технический паспорт 04 - Древесная щепа, существующий котел, установка обратного давления .....	34
<b>Введение в установки по переработке отходов и биомассы .....</b>	<b>36</b>
<b>МНП ТЭЦ и НГОУ.....</b>	<b>50</b>
Технический паспорт 05 - WtE ТЭЦ, малый.....	53
Технический паспорт 06 - Мощная ТЭЦ, носитель информации .....	54
Технические характеристики 07 - Мощная ТЭЦ, большая, 40/80°С обратная/впередняя температура.....	54
Технические характеристики 08 - Мощная ТЭЦ, большая, 50/100°С обратная/впередняя температура.....	55
Технический паспорт 09 - Отходы, Котельная.....	55
<b>Биомассовые ТЭЦ и ГЭС.....</b>	<b>57</b>
Технический паспорт 10 - Древесная щепа ТЭЦ, малая.....	63
Технический паспорт 11 - Древесная щепа ТЭЦ, средняя.....	64
Технические характеристики 12 - Древесная стружка ТЭЦ, большая, 40/80°С обратная/впередняя температура.....	64
Технические характеристики 13 - Древесная щепа ТЭЦ, большая, 50/100°С обратная/впередняя температура.....	65
Технический паспорт 14 - Древесная щепа ТЭЦ, большая, добыча.....	66
Технические характеристики 15 - Древесные гранулы ТЭЦ, небольшие .....	66
Технический паспорт 16 - ТЭЦ древесных гранул, носитель.....	67
Технические характеристики 17 - ТЭЦ с древесными гранулами, большая, 40/80°С обратная/впередняя температура .....	67
Технический паспорт 18 - ТЭЦ с древесными гранулами, большая, 50/100°С обратная/впередняя температура.....	68
Технический паспорт 19 - ТЭЦ древесных гранул, крупная, добыча .....	69
Технический паспорт 20 - Соломенная ТЭЦ, малая.....	69
Технический паспорт 21 - Соломенная ТЭЦ, носитель информации .....	70
Технические характеристики 22 - Соломенная ТЭЦ, большая, 40/80°С обратная/впередняя температура.....	70
Технические характеристики 23 - Соломенная ТЭЦ, большая, 50/100°С обратная/впередняя температура.....	71
Технические характеристики 24 - Древесная щепа, НОР, Малый .....	72

Технический паспорт 25 - Древесная щепа, НОР, Medium .....	72
Технические характеристики 26 - Древесная щепа, НОР, большая .....	73
Технический паспорт 27 - Древесные гранулы, Котельная.....	73
Технический паспорт 28 - Солома, Котельная.....	74
<b>Стирлинговые двигатели, газифицированная биомасса .....</b>	<b>75</b>
Технический паспорт 29 - двигатель Стирлинга, газифицированная биомасса.....	76
<b>Ветровые турбины на суше.....</b>	<b>77</b>
Технический паспорт 30 - Береговые установки ветряных турбин .....	85
Технический паспорт 31 - Береговые малые ветряные турбины.....	86
<b>Фотогальваника .....</b>	<b>87</b>
Технические характеристики 32 - Фотоэлектрические, малые жилые системы .....	97
Технический паспорт 33 - Фотоэлектрические, среднегабаритные коммерческие системы .....	97
Технические характеристики 34 - Фотоэлектрические, крупномасштабные коммунальные системы.....	97
<b>Тепловые насосы.....</b>	<b>99</b>
Технические характеристики 35 - Тепловые насосы для сжатия, источник воздуха, небольшой.....	109
Технические характеристики 36 - Тепловые насосы сжатия, источник воздуха, среда .....	110
Технические характеристики 37 - Тепловые насосы сжатия, источник воздуха, большой .....	110
Технические характеристики 38 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, малые размеры .....	111
Технические характеристики 39 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, теплоноситель .....	111
Технические характеристики 40 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, большие ..	112
Технические характеристики 41 - Тепловые насосы для сжатия, морская вода.....	113
Технические характеристики 42 - Поглощающие тепловые насосы.....	113
<b>Электрические котлы .....</b>	<b>115</b>
Технические характеристики 43 - Электрические котлы .....	118
<b>Геотермальное централизованное отопление.....</b>	<b>119</b>
Технические характеристики 44 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, компрессионный тепловой насос, 1200 м.....	126
Технические характеристики 45 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, тепловой насос сжатия, 2000 м.....	127
Технические характеристики 46 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, абсорбционный тепловой насос, 1200 м.....	127
Технический паспорт 47 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, абсорбционный тепловой насос, 2000 м. ....	128
Технические характеристики 48 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, электрический тепловой насос, 1200 м, пониженная температура ЦТ.....	128

Технический паспорт 49 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, электронасос, 2000 м, пониженная температура ЦТ.....	129
<b>Солнечное централизованное отопление .....</b>	<b>130</b>
Технический паспорт 50 - Солнечное централизованное отопление .....	134
<b>Биомассовый котел, автоматическая остановка .....</b>	<b>136</b>
Технические характеристики 51 - Биомассовый котел, автоматическая загрузка - одноквартирный дом, существующее и реконструируемое с энергетической точки зрения здание .....	137
Технические характеристики 52 - Биомассовый котел, автоматическая заправка - одноквартирный дом, новостройки. ....	138
Технические характеристики 53 - Биомассовый котел, автоматическая остановка - многоквартирный жилой комплекс, существующий дом .....	139
Технические характеристики 54 - Биомассовый котел, автоматическое торможение - многоквартирный жилой комплекс, новостройка .....	139
<b>Биомассовый котел, ручная загрузка .....</b>	<b>141</b>
Технико-экономический паспорт 55 - Биомассовый котел, ручная загрузка топлива - одноквартирный дом, существующие, новые и энергетически реконструированные здания.....	142
<b>Дровяная печь.....</b>	<b>143</b>
Технические характеристики 56 - Дровяная печь без встроенного водяного бака - дом на одну семью, существующее и новое здание.....	144
Технические характеристики 57 - Дровяная печь со встроенным резервуаром для воды - дом на одну семью, существующий, энергетически реновированный и новый корпус.....	145
<b>Электрические тепловые насосы .....</b>	<b>146</b>
Технические характеристики 58 - Тепловой насос, воздух-воздух - существующий одноквартирный дом .....	154
Технические характеристики 59 - Тепловой насос, воздух-воздух - новый одноквартирный дом .....	155
Технические характеристики 60 - Тепловой насос, воздух-вода - существующий одноквартирный дом .....	155
Технические характеристики 61 - Тепловой насос, воздух-вода - новый одноквартирный дом ..	156
Технические характеристики 62 - Тепловой насос, воздух-вода - существующий квартирный комплекс.....	157
Технические характеристики 63 - Тепловой насос, воздух-вода - новый жилой комплекс .....	157
Технические характеристики 64 - Тепловой насос, наземный источник - существующий одноквартирный дом .....	158
Технические характеристики 65 - Тепловой насос, наземный источник - новый одноквартирный дом .....	159
Технические характеристики 66 - Тепловой насос, наземный источник - существующий многоквартирный жилой комплекс.....	159
Технические характеристики 67 - Тепловой насос, наземный источник - новый многоквартирный жилой комплекс .....	160

Технические характеристики 68 - Тепловой насос, вентиляция - новый многоквартирный дом...	160
Технические характеристики 69 - Тепловой насос, вентиляция - новый жилой комплекс.....	161
<b>Тепловые насосы с газовым приводом .....</b>	<b>162</b>
Технические характеристики 70 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, воздух-вода - существующий многоквартирный дом .....	166
Технические характеристики 71 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, наземный источник - существующий многоквартирный дом .....	167
Технические характеристики 72 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, воздух-вода - существующий многоквартирный жилой комплекс.....	168
Технические характеристики 73 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, наземный источник - существующий многоквартирный жилой комплекс .....	168
Технические характеристики 74 - Тепловой насос с приводом от газового двигателя, воздух-вода - существующий квартирный комплекс .....	171
Технические характеристики 75 - Тепловой насос с приводом от газового двигателя, наземный источник - существующий многоквартирный жилой комплекс .....	172
Технические характеристики 76 - Газовый адсорбционный тепловой насос, наземный источник - существующее семейство многоквартирных домов .....	174
<b>Солнечное отопление.....</b>	<b>175</b>
Технические характеристики 77 - Солнечная система отопления - многоквартирный дом, существующее здание.....	177
Паспорт 78 - Солнечная система отопления - дом на одну семью, энергия отремонтирована...177	
Технические характеристики 79 - Солнечная система отопления - многоквартирный дом, новостройка .....	178
Технические характеристики 80 - Солнечная система отопления - многоквартирный жилой комплекс, существующий дом.....	178
Технические характеристики 81 - Солнечная система отопления - многоквартирный жилой комплекс, новостройка .....	179
<b>Электрическое отопление.....</b>	<b>181</b>
Технические характеристики 82 - Электрическое отопление - многоквартирный дом, новый корпус .....	182
Технические характеристики 83 - Электрическое отопление - многоквартирный жилой комплекс, новый корпус.....	183
<b>Высокотемпературный тепловой насос.....</b>	<b>184</b>
Технические характеристики 84 - Высокотемпературные тепловые насосы, до 125°С.....	187
Технические характеристики 85 - Высокотемпературные тепловые насосы, до 150°С.....	188
<b>Тепловой насос с тепловым приводом .....</b>	<b>189</b>
Технические характеристики 86 - Тепловой насос с тепловым приводом до 80°С.....	189

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АБР	Азиатский банк развития
ПКС	Пузырьковый Кипящий Слои
CAPEX	Капитальные расходы (Capital Expenditure)
ЦКС	Циркулирующий Кипящий Слои
CH <sub>4</sub>	Метан
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль
CO <sub>2</sub>	диоксида углерода
КП	Коэффициент производительности
ФЧТ	Фонд чистых технологий
РО	Районное охлаждение
РТ	Районное теплоснабжение
ЕБРР	Европейский банк реконструкции и развития
ЕРС	Проектирование, закупки и строительство (Engineering, Procurement, Construction)
ЭФ	Электростатический фильтр
КС	Кипящий слой
ОДГ	Очистка дымовых газов
ОРФ	Окончательное решение о финансировании
ГДж	Гига джоуль
ПК	Правительство Казахстана
Гв	Гигаватт
ВТС	Высокая теплота сгорания
JESCF	Япония - Фонд сотрудничества ЕБРР
KazREFF	Казахстанский Фонд Устойчивой Энергетики
kW	Кило Ватт
НТС	Низкая теплота сгорания
МВт	Мега-Ватт
МВтч	мегаваттный час
N <sub>2</sub> O	оксид азота
NO <sub>x</sub>	оксиды азота
ЭиТО	Эксплуатация и техническое обслуживание
PV	фотоэлектрические устройства (Photovoltaic)

SCADA	Контроль технологических и производственных процессов (Supervisory control and data acquisition)
СКВ	Селективная каталитическая редуция
СНКВ	Селективная некаталитическая редуция
SO2	диоксид серы
ООН	Организация Объединенных Наций
ПРООН	Программа развития ООН
WtE	Отходы в энергию (Waste-to-Energy)

DRAFT



## 1 ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан приступила к переходу от производства энергии на основе ископаемого топлива к производству энергии из возобновляемых источников.

Уголь является доминирующим источником энергии в Казахстане, на его долю приходится 64,7% от общего объема прогнозируемой выработки электроэнергии и 74,0% от выработки тепловой энергии в 2019 году.

Правительство Казахстана стремится диверсифицировать энергетический баланс страны, и Национальный план зеленого роста предусматривает следующую (оптимистическую) разбивку к 2030 году: 49,0% уголь, 21,0% газ, 10,0% гидроэнергетика и 8,0% атомная энергетика, наряду с существенными возобновляемыми источниками энергии, таким образом, элементом является возобновляемая энергия.

В настоящем отчете описаны технологии возобновляемого теплоснабжения<sup>1</sup>, которые потенциально могут быть внедрены в теплоэнергетическом секторе Казахстана.

---

<sup>1</sup> Общая информация об описании технологии и данных основана на информации, собранной на [сайте Energistyrelsen | \(ens.dk\)](https://ens.dk).

## 2 ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ - СТАТУС И ПОТЕНЦИАЛ В КАЗАХСТАНЕ

В Казахстане существует огромный потенциал для использования возобновляемых источников энергии, в частности, ветровых и малых гидроэлектростанций.

Потенциал Республики Казахстан по выработке электроэнергии только за счет использования энергии ветра в 10 раз выше, чем в настоящее время. Но на возобновляемые источники энергии приходится всего 0,6 процента всех электростанций. Из них 95 процентов приходятся на проекты малой гидроэнергетики.

Основными барьерами на пути инвестиций в возобновляемые источники энергии являются относительно высокая стоимость финансирования и отсутствие единых закупочных тарифов на электроэнергию из возобновляемых источников. Объем и продолжительность льготных тарифов на возобновляемую энергию оцениваются отдельно для каждого проекта на основе технико-экономического обоснования и затрат на производство электроэнергии для конкретного проекта. Энергия ветра, солнца, биомассы и воды мощностью до 35 МВт, а также геотермальные источники имеют право на льготный тариф. Трансмиссионные компании обязаны закупать энергию производителей возобновляемой энергии.

Казахстан является участником Рамочной конвенции ООН об изменении климата (1995 г.) и ратифицировал Киотский протокол в 2009 году. Казахстан взял на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов. Наличие в энергетическом балансе Казахстана большего количества возобновляемых источников энергии является одним из наиболее эффективных механизмов снижения вредного воздействия энергетического сектора и диверсификации национальных энергетических мощностей.

Для того, чтобы помочь Казахстану достичь своих целей в области производства возобновляемой энергии, Европейский Банк Реконструкции и Развития (ЕБРР) запускает Казахстанский Фонд Финансирования Возобновляемой Энергии (KazREFF). Целью KazREFF является предоставление поддержки развития и долгового финансирования для проектов по возобновляемым источникам энергии, которые отвечают требуемым коммерческим, техническим и экологическим критериям. Поддерживаемые технологии возобновляемой энергетики будут включать солнечную, ветровую, малую гидроэлектроэнергию, геотермальную энергию, биомассу и биогаз. Фонд включает в себя сумму до 50 миллионов долларов США для финансирования проектов, а также до 20 миллионов долларов США для льготного финансирования из Фонда чистых технологий (ФЧТ), и техническую помощь, финансируемую японским правительством через Японский фонд сотрудничества ЕБРР (JECF).

В 2019 году в Казахстане был запущен 21 объект возобновляемой энергетики. За три года количество "зеленой" энергии удвоилось. В 2017 году станции с возобновляемыми источниками энергии выработали более одного миллиарда кВт-ч. В 2019 году данный показатель вырос почти до 2,5 млрд. кВт-ч. По состоянию на 2020 год в Казахстане функционирует 97 объектов возобновляемой энергетики, при этом более половины электроэнергии, вырабатываемой солнечными электростанциями, приходится на возобновляемые источники.

### 2.1 ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Малые ГЭС являются наиболее быстроразвивающимися областями использования возобновляемых источников энергии в стране. Так, в период с 2007 по 2010 год в Алматинской области было введено в эксплуатацию пять малых ГЭС общей установленной мощностью 20 МВт. Одним из важных направлений энергоэффективности экономики Казахстана является строительство гидроэлектростанций на малых реках, работающих без удержания плотин.

Гидроэнергетика составляет около 13 процентов от общей генерирующей мощности Казахстана, обеспечивая около 7,78 ТВт-ч от 15 крупных (450 МВт) ГЭС общей мощностью 2,248 ГВт. В число крупных гидроэлектростанций входят Бухтырская (750 МВт), Шульбинская (702 МВт) и Усть-

Каменогорская (315 МВт) станции на реке Иртыш, Капшагайская (364 МВт) станция на реке Или, Мойнакская (300 МВт) станция на реке Чарын и Шардаринская (104 МВт) станция на реке Сырдарья. Малые (1-10 МВт) и средние (10-50 МВт) гидроэнергетические проекты стали более популярными из-за их низкой стоимости, надежности и кажущейся экологичности. Имеется семь малых ГЭС (<10 МВт) общей установленной мощностью 78 МВт с оценочным потенциалом 13 ТВтч, которые охватывают Восточно-Казахстанскую и Южно-Казахстанскую, Жамбылскую и Алматинскую области.

По словам экспертов, при условии установки малых ГЭС можно производить около 8 млрд. кВт/ч в год, и этого более чем достаточно для удовлетворения спроса, который сейчас удовлетворяется за счет импорта из Центральной Азии.



Рисунок 12: Потенциальные регионы для ГЭС

## 2.2 СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

В Казахстане есть районы с высокой солнечной инсоляцией, которые могут быть пригодны для использования солнечной энергии, особенно на юге страны, где солнечный свет поступает в период от 2200 до 3000 часов в год, что составляет 1200-1700 кВт/м<sup>2</sup> в год.

Как концентрированные солнечные тепловые и солнечные фотоэлектрические (PV) имеют потенциал. Недалеко от Алматы находится солнечная фотоэлектрическая установка мощностью 2 МВт, а в Жамбылской области южного Казахстана в настоящее время ведется строительство шести солнечных фотоэлектрических установок суммарной мощностью 300 МВт.

Кроме фотоэлектрических солнечных батарей, концентрированная солнечная энергия выгодна, так как не требует воды для работы, поэтому может использоваться в пустынных и полупустынных районах, материалы (сталь, стекло и бетон) отечественного производства и легкодоступны, а солнечные тепловые станции накапливают энергию в виде тепла, что намного эффективнее, чем батареи, используемые в фотоэлектрических системах, и позволяет производить электричество по требованию, даже после захода солнца, что позволяет удовлетворять как базовые, так и пиковые нагрузки.

В настоящее время нет планов по установке концентрированной солнечной теплоэлектростанции, хотя правительство планирует создать 1,04 ГВт возобновляемых источников энергии к 2020 году. Наиболее подходящими местами для строительства солнечных электростанций являются Южно-Казахстанская, Кызылординская и Аральская области.

Наиболее значимый проект в этой области, реализованный в 2002 году в Казахстане и финансируемый ООН, предусматривал установку 50 призмных солнечных электростанций мощностью по 100 литров воды каждая, и 50 солнечных фотоэлектрических станций, использующих воду реки Сырдарьи для обеспечения жителей двух сел Приаралья питьевой водой и отоплением.

В частности, согласно Плану мероприятий по альтернативным и возобновляемым источникам энергии в Казахстане до конца 2020 года планируется ввести в эксплуатацию около 28 проектов по использованию солнечной энергии общей установленной мощностью 713,5 МВт.

Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) профинансировал два солнечных парка в Казахстане. Первый из них, 50 МВт Burnoye Solar 1, был создан в апреле 2014 года. Второй, известный как Burnoye Solar 2, также имеет 50 МВт и будет расположен в Жамбылской области.

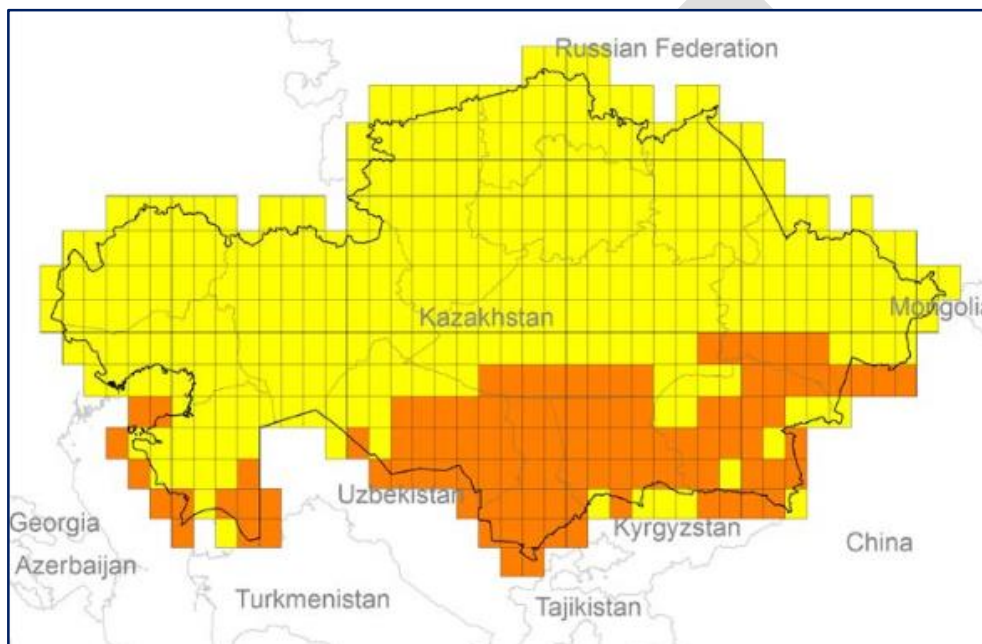


Рисунок 3: Потенциальные регионы для Солнечных электростанций

## 2.3 ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Степная география Казахстана делает его пригодным для использования в ветроэнергетике, а оценочный потенциал ветроэнергетики, который может быть экономически освоен, составляет около 760 ГВт. Около 50% территории Казахстана имеет среднюю скорость ветра, подходящую для выработки электроэнергии (4-6 м/с) с наибольшим потенциалом в Каспийском море, центральном и северном регионах.

Наиболее перспективные отдельные объекты находятся в Алматинской области в Джунгарских (Джунгарских) воротах, в 600 км к северо-востоку от Алматы вблизи границы с Синьцзяном и Чылыкском коридоре в 100 км к востоку от Алматы. Потенциал ветра 525 Вт/м<sup>2</sup> в Джунгарских воротах и 240 Вт/м<sup>2</sup> в Чылыкском коридоре был оценен с производством электроэнергии от ветряных турбин, потенциально достигающим 4400 кВт/ч/МВт и 3200 кВт/ч/МВт, соответственно.

В настоящее время Министерство промышленности и новых технологий выбрало 10 объектов для строительства крупных ветроэлектростанций (ВЭС) общей мощностью 1000 МВт с целью коммерческого производства электроэнергии в объеме 2-3 млрд. кВтч. В настоящее время в Казахстане работает только одна ветроэлектростанция; в декабре 2011 года в Жамбылской области была запущена Кордайская ветроэлектростанция мощностью 1500 кВт.

Одна из казахстанских электроэнергетических компаний, АО "Самрук-Энерго", недавно получила кредит Евразийского банка развития в размере \$94 млн на строительство крупнейшей ветряной электростанции в Казахстане. Проект позволит производить 172 миллиона киловатт-часов электроэнергии в год, сэкономить более 60 миллионов тонн угля и сократить выбросы парниковых газов.

Первая на постсоветском пространстве станция по производству ветрогенераторов будет построена в Актюбинской области Казахстана. Ожидается, что этот проект стоимостью 95,3 млн. долларов США создаст 500 рабочих мест.

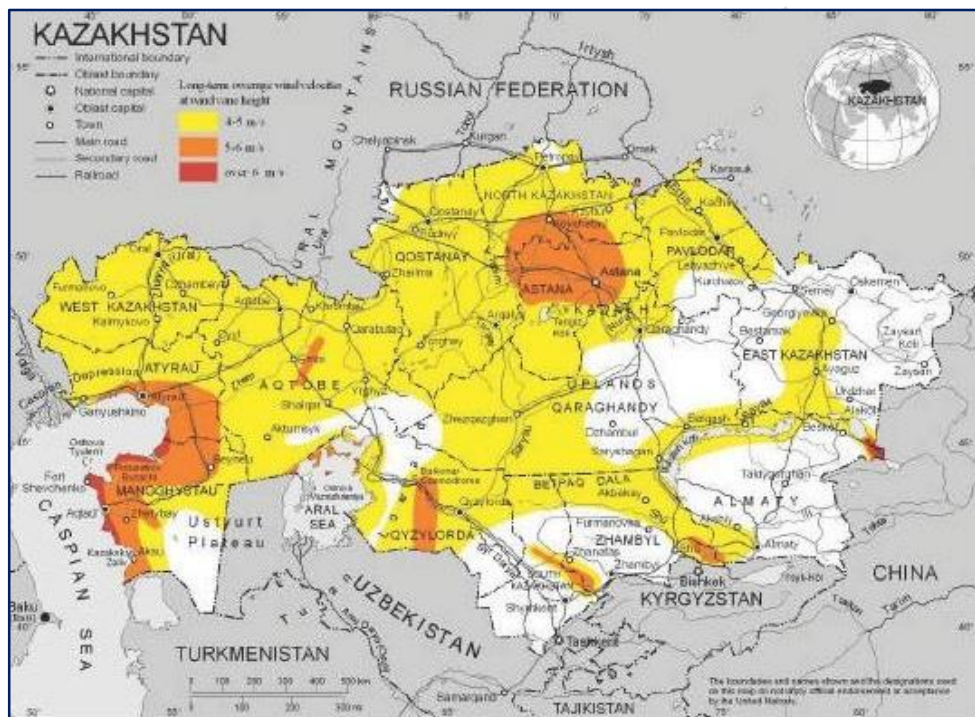


Рисунок 4: Потенциальные регионы для ВЭС

## 2.4 БИОЭНЕРГЕТИКА

В Казахстане имеется 76,5 млн. га сельскохозяйственных угодий, 10 млн. га леса и 185 млн. га степных лугов, которые обеспечивают обильное количество отходов и остатков биомассы, что позволяет создавать и организовывать биоэнергетические услуги.

Казахстан производит и экспортирует такие культуры, как пшеница (озимая и весенняя), рожь (озимая), кукуруза (для зерна), ячмень (озимая и весенняя), овес, просо, гречиху, рис и бобовые, со средним урожаем зерна 17,5 - 20 Мт, что равно примерно 12 - 14 Мт отходов биомассы. Биомассовые отходы в настоящее время эксплуатируются плохо и выделяется лишь ~10% от общего объема остатков, в основном в виде кормовой добавки для скота. Доля сельских домохозяйств, использующих кухонные плиты на биомассе для приготовления пищи и отопления, в настоящее время неизвестна.

Потенциальным источником энергии являются также органические отходы, и известно, что по меньшей мере 400 000 домашних хозяйств содержат крупный рогатый скот, лошадей и овец. По оценкам, потенциал производства электроэнергии в Казахстане из биомассы составляет 35 млрд. кВт/ч в год, а тепловой энергии - 44 млн. Гкал в год.

Различные внешние финансирующие учреждения (ПРООН, ГЭФ, Фонд ХИВОС) оказывали поддержку развитию инициатив по биогазу, включая Центр подготовки специалистов по биогазу

при Экомузее в Каранге (2002-2003 гг.) и Центрально-Казахстанский центр образования в области биогаза "Лазурное пламя" (2004-2005 гг.). Однако, несмотря на эту поддержку, в настоящее время в стране действует только одна крупномасштабная биогазовая установка - биогазовая установка мощностью 360 кВт в селе Восток Костанайской области. Биогазовая установка "Восток" состоит из двух реакторов объемом 2400 м<sup>3</sup>, работающих с сырьем 40 т/сутки коровьего, овечьего и верблюжьего навоза, остатков зерна и 1 т/сутки отходов скотобоен. Установка была установлена в 2011 году компаниями "Караман-К" Лтд. и "Зорг Биогаз" с целью поставки 3 млн. кВт/ч электроэнергии в год.

Еще одним потенциальным направлением является использование биогаза, который производится из отходов фермерских хозяйств и птицефабрик. В Казахстане имеется значительное количество домашнего скота и птицы. Потенциал производства метана из отходов животноводства составляет более 85 тыс. тонн.

Потенциальный объем производства метана из сточных вод коммунального хозяйства составляет около 3 млн. тонн.

## **3 ГИДЕЛИНЫ**

### **3.1 ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИСТЫ**

Каждая технология описывается отдельной технологической картой в том же формате, как описано ниже.

### **3.2 КАЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ**

Качественное описание дает ключевую характеристику технологии. Типичные абзацы:

#### **3.2.1 Краткое описание технологии**

Очень краткое описание для не-инженеров о том, как эта технология работает и для каких целей.

#### **3.2.2 Вход**

Основное сырье, в первую очередь топливо, потребляемое технологией.

#### **3.2.3 Выход**

Формы вырабатываемой энергии, т.е. электричество, тепло, биоэтанол и др.

#### **3.2.4 Типичные возможности**

Указанные мощности предназначены для одной "установки" (например, одной ветряной турбины или одного теплового насоса).

#### **3.2.5 Требование к площади**

Потребность в площади выражается в 1 000 м<sup>2</sup> на МВт. Представленное значение относится только к площади, занимаемой объектами, необходимыми для производства энергии.

#### **3.2.6 Способность регулирования**

В частности, это касается технологий производства электроэнергии, т.е. того, как быстро они могут реагировать на изменение спроса.

#### **3.2.7 Преимущества/недостатки**

Конкретные преимущества и недостатки по сравнению с эквивалентными технологиями.

#### **3.2.8 Окружающая среда**

Упомянуты особые экологические характеристики, например, особые выбросы или основные экологические следы.

### **3.3 КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ**

Для проведения сравнительного анализа различных технологий необходимо, чтобы данные были действительно сопоставимыми: Все данные о затратах приводятся в фиксированных ценах 2020 года без учета налога на добавленную стоимость (НДС) и других налогов.

Приведенная в таблицах информация относится к состоянию развития технологии на момент принятия Окончательного решения о финансировании (ОРФ) в данном году (2020).

Предполагается, что ОРФ принимается, когда финансирование проекта обеспечено и все

разрешения получены. Год ввода в эксплуатацию будет зависеть от сроков строительства отдельных технологий.

Ниже приведена типичная таблица количественных данных, содержащая все параметры, используемые для описания конкретных технологий. Таблица состоит из общей части, идентичной для групп схожих технологий (тепловые электростанции, нетепловые электростанции и технологии производства тепла), и специфической для данной технологии части, содержащей информацию, относящуюся только к конкретной технологии. Общая часть сделана для облегчения сравнения технологий.

Каждая ячейка таблицы содержит только один номер, который является центральной оценкой для стандартной рыночной технологии, т.е. без указания диапазона.

Ниже приведен пример таблицы технологий производства тепловой энергии:

Таблица 12: Пример таблицы данных

<b>Технология</b>	
<b>Энергия / технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	
Принудительное отключение (%)	
Планируемый перерыв (недели в году)	
Срок службы (годы)	
Срок строительства (годы)	
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	
Вторичное регулирование (% в минуту)	
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	
Теплое время запуска (часы)	
Время холодного запуска (часы)	
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МВт)	
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	

### 3.4 ЭНЕРГИЯ / ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

#### 3.4.1 Теплогенерирующая мощность для одного агрегата

Мощность, предпочтительно типичная (а не максимальная), указывается для одной единицы, способной вырабатывать энергию, например, для одной ветряной турбины (а не для ветряной электростанции).

В случае модульной технологии, такой как фотоэлектрическое или солнечное отопление, в качестве устройства выбирается типичный размер солнечной электростанции, основанный на исторических установках или рыночном стандарте. Различные размеры могут быть указаны в отдельных таблицах, например, малый PV, средний PV, большой PV.



Мощность дается как чистая генерирующая мощность в непрерывном режиме, т.е. валовая мощность (выход от генератора) минус собственное потребление (нагрузка на дом), равная мощности, доставляемой в сеть.

Блок МВт используется как для выработки электроэнергии, так и для производства тепла. Хотя это и не соответствует термодинамическому формализму, это облегчает сравнение и обеспечивает более интуитивную связь между мощностью, производством и часами полной нагрузки.

Следует подчеркнуть, что данные в таблице основаны на типичных возможностях. При отклонениях от типичной емкости необходимо учитывать экономию эффекта масштаба внутри диапазона типичных размеров. Диапазон возможностей должен быть указан в примечаниях.

### 3.4.2 энергоэффективность

Коэффициенты для всех тепловых станций (как электрических, тепловых, так и комбинированных) выражаются в процентах при более низкой теплотворной способности (более низкая теплотворная способность) в условиях окружающей среды в Казахстане, учитывая среднюю температуру воздуха примерно **xx** °С.

Электрический КПД тепловых электростанций равен общей подаче электроэнергии в сеть, поделенной на потребление топлива. Указаны два коэффициента полезного действия: коэффициент полезного действия, указанный поставщиком, и ожидаемый типичный годовой коэффициент полезного действия.

Для технологий, использующих только тепловую энергию, общий КПД равен количеству тепловой энергии, переданной в районную теплотворную сеть, деленному на потребление топлива. Потребление вспомогательной электроэнергии не включается в КПД, а указывается отдельно в процентах от мощности производства тепловой энергии (т.е. МВт вспомогательного/МВт тепла).

Энергия, поступающая от источника тепла для тепловых насосов (как электрическая, так и абсорбционная), не учитывается в качестве входной энергии. Температуры источника тепла указаны в конкретных технологических главах.

Ожидаемая типичная годовая эффективность учитывает типичное количество запусков и остановок и основывается на предполагаемом времени полной нагрузки, указанном в таблице ниже.

Таблица 3: Предполагаемое количество часов работы при полной загрузке

	Полные часы нагрузки (электричество)	Часы работы при полной загрузке (жара)
Твердые бытовые отходы / биогаз самостоятельно	8,000	8,000
Котлы		4,000
Геотермальные тепловые и тепловые насосы		6000
Электрические котлы		500

Энергоэффективность для прерывистых технологий (например, фотоэлектрических и ветряных) выражается в качестве коэффициента мощности. Коэффициент мощности рассчитывается как годовое производство, деленное на максимальное потенциальное годовое производство.

Максимальный потенциальный годовой объем производства рассчитывается в предположении, что установка работала при полной загрузке в течение всего года, т.е. 8,760 часов/год.

### 3.4.3 Потребление вспомогательной электроэнергии

Для технологий, использующих только тепло, потребление электроэнергии для вспомогательного оборудования, такого как насосы, вентиляционные системы и т.д., указывается отдельно в процентах от вырабатываемой тепловой мощности (т.е. MW-вспомогательное тепло/МВт).

Для тепловых насосов внутреннее потребление считается частью КПД (коэффициент полезного действия, КПД), в то время как другая потребность в электроэнергии для внешней перекачки, например, перекачка грунтовых вод, указывается под вспомогательным потреблением электроэнергии.

Для генерации КУ, вспомогательное потребление не указывается отдельно, а включается в чистый КПД и для нетепловых станций, как уменьшение количества часов полной нагрузки.

### 3.4.4 Когенерационные ценности

Коэффициент  $C_b$  (коэффициент противодавления) определяется как максимальная генерирующая мощность в режиме противодавления, деленная на максимальную тепловую мощность.

Значение  $C_v$  для паровой турбины экстракции определяется как потеря выработки электроэнергии, когда производство тепла увеличивается на единицу при постоянном расходе топлива.

Значения для  $C_b$  и  $C_v$  приведены - если не указано иное - при температуре 100°C вперед и температуре 50°C в обратном направлении для системы централизованного теплоснабжения. Для сверхкритических паровых турбин значения должны быть также приведены при 80/40°C.

### 3.4.5 Среднегодовые часы полной загрузки

Среднегодовой коэффициент мощности, упомянутый выше, описывает среднегодовую чистую генерацию, деленную на теоретическую максимальную годовую чистую генерацию, если бы станция работала на полную мощность в течение 8,760 часов в год. Эквивалентное количество часов работы на полную мощность в год определяется умножением коэффициента мощности на 8,760 часов, т.е. общего количества часов в году.

Часы работы при полной загрузке в значительной степени зависят от местоположения и технологии

### 3.4.6 Принудительное и плановое отключение

Принудительное отключение определяется как количество взвешенных часов вынужденного отключения, деленное на сумму часов вынужденного отключения и часов работы, умноженное на 100. Взвешенные часы вынужденного отключения - это часы, вызванные незапланированными отключениями, взвешенные в зависимости от того, сколько мощности было выведено из строя.

Принудительное отключение дается в процентах, в то время как запланированное отключение дается в неделях в году.

Наличие определяется как  $1 \text{ минус (взвешенные часы вынужденного отключения + запланированные часы отключения) / 8760}$ ; возможно в процентах.

### 3.4.7 срок службы

Технический срок службы - это ожидаемое время, в течение которого энергетическая установка может эксплуатироваться в пределах или в приемлемой близости к первоначальным эксплуатационным характеристикам, при условии, что она будет нормально эксплуатироваться и обслуживаться. В течение этого срока службы некоторые эксплуатационные параметры могут

постепенно ухудшаться, но все же оставаться в приемлемых пределах. Например, КПД электростанции часто несколько снижается (на несколько процентов) с годами, а затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание увеличиваются из-за износа и деградации компонентов и систем. В конце технического срока службы ожидается, что частота непредвиденных эксплуатационных проблем и риск поломки приведут к неприемлемо низкой работоспособности и/или высоким затратам на эксплуатацию и техническое обслуживание. В это время установка выводится из эксплуатации или подвергается продлению срока службы, что подразумевает капитальный ремонт компонентов и систем, необходимый для того, чтобы сделать установку пригодной для нового периода непрерывной эксплуатации.

Срок службы, указанный в этом каталоге, является теоретической величиной, присущей каждой технологии и основанной на опыте. Как указывалось ранее, тепловые технологии, вырабатывающие электрическую и/или тепловую энергию, как правило, предполагают, что они рассчитаны на эксплуатацию приблизительно в течение 4 000 - 5 000 полных часов нагрузки в год. Ожидаемый технический срок службы учитывает типичное количество пуско-наладочных работ и остановок (указание количества пуско-наладочных работ и остановок приведено в описании финансовых данных в разделе "Пусковые расходы").

В реальной жизни конкретные установки с подобной технологией могут работать короче или дольше. Стратегия эксплуатации и технического обслуживания, например, количество часов работы, пуско-наладочных работ и реинвестиций, сделанных за эти годы, в значительной степени повлияет на фактический срок службы.

### **3.4.8 Срок строительства**

Время от принятия окончательного решения о финансировании (ОРФ) до завершения ввода в эксплуатацию (начало коммерческой эксплуатации), выраженное в годах.

## **3.5 СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Пять параметров описывают способность технологий регулировать электроэнергию:

- A. Первичная регулировка (% в 30 секунд): регулировка частоты
- B. Вторичное регулирование (% в минуту): балансировка мощности
- C. Минимальная нагрузка (процент от полной нагрузки).
- D. Теплое время запуска, (часы)
- E. Время холодного запуска, (часы)

Для некоторых технологий эти параметры не имеют значения, например, если технология мгновенно регулируется в режиме включения/выключения.

Параметры A и B - это прядильные резервы, т.е. способность регулировать, когда технология уже работает.

Параметр D. Время теплого пуска, используемое в технологиях котлов, определяется как время, необходимое для достижения рабочих температур и давления и запуска производства из состояния, когда температура воды в испарителе превышает 100°C, что означает, что котел находится под давлением.

Параметр E. Время холодного пуска, используемое для технологий котлов, определяется как время, необходимое для достижения рабочей температуры и давления и запуска производства из состояния, если котел находится при температуре и давлении окружающей среды.

## **3.6 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

Предполагается, что все заводы спроектированы в соответствии с нормами, действующими в настоящее время в Казахстане.

Выбросы, приведенные ниже, указаны в массе на ГДж топлива при более низкой теплотворной способности.

Выбросы CO<sub>2</sub> не указываются, так как они зависят от топлива, а не от технологии.

SO<sub>x</sub>: выбросы рассчитываются на основе следующего содержания серы в топливе:

	Торф	Солома	Древесное	Отходы	Биогаз
Сера (кг/ГДж)	0.24	0.20	0.00	0.27	0.00

**NO<sub>x</sub>** . NO<sub>x</sub> равно NO<sub>2</sub> + NO, где NO преобразуется в NO<sub>2</sub> в весовых эквивалентах.

**Выбросы парниковых газов** включают CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O в граммах на ГДж топлива.

**Частицы** включают в себя мелкие частицы (PM 2.5). Значение дается в граммах на ГДж топлива.

### 3.7 КОММЕРЧЕСКИЕ ДАННЫЕ FINANCIAL DATA

Финансовые данные приведены в долларах США, фиксированные цены, уровень цен 2020 года.

#### 3.7.1 Инвестиционные расходы

Инвестиционные затраты также называются ценой инжиниринга, закупок и строительства (EPC) или ночными затратами. Включены также расходы на инфраструктуру и подключение, т.е. электричество, топливо и воду в помещениях завода.

Инвестиционные расходы отражаются на нормализованной основе, т.е. затраты на МВт. Конкретные инвестиционные затраты - это общие инвестиционные затраты, поделенные на мощность, указанную в таблице, т.е. мощность, которую видно из сети, будь то электрическая или тепловая сеть. Для технологий производства электроэнергии, включая комбинированную выработку тепловой и электрической энергии, знаменателем является электрическая мощность.

Инвестиционная стоимость вытяжных паровых турбин, которые могут работать в конденсационном режиме, указывается как стоимость мощности в МВт-конденсационном режиме.

Там, где это возможно, инвестиционная стоимость делится на стоимость оборудования и стоимость установки. Стоимость оборудования включает в себя комплектующие и машины, в том числе для охраны окружающей среды, а стоимость установки - проектирование, строительные работы, здания, подключение к сетям, монтаж и ввод в эксплуатацию оборудования.

Арендная плата за землю не включена, но может быть оценена на основании требований к площади, если это указано в качественном описании.

Затраты владельцев на предпроектную проработку (администрирование, консультации, управление проектом, подготовка площадки, получение разрешений от властей) и проценты в ходе строительства не включаются. Затраты на демонтаж выведенных из эксплуатации установок также не включены. Затраты на вывод из эксплуатации могут быть компенсированы остаточной стоимостью активов.

#### Стоимость расширения сети

Затраты на расширение сети от добавления в нее нового электрогенератора или нового крупного потребителя (например, электродкотла или теплового насоса) не включены в представленные данные.

### 3.7.2 Эксплуатация и техническое обслуживание (Эксплуатация и техническое обслуживание)

Фиксированная доля затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание рассчитывается как стоимость одной генерирующей мощности в год (\$US/MW/год), где генерирующая мощность является той, которая определена в начале данной главы и указана в таблицах. Она включает в себя все расходы, которые не зависят от того, сколько часов работает станция, например, администрация, оперативный персонал, платежи по контрактам на эксплуатацию и техническое обслуживание, сетевые или системные сборы, налог на имущество и страхование. Любые необходимые реинвестиции для поддержания установки в рабочем состоянии в течение технического срока службы также включены, в то время как реинвестиции для продления срока службы исключаются. Реинвестиции в реальном выражении дисконтируются по ставке дисконтирования 4% годовых. Стоимость реинвестиций для продления срока эксплуатации установок может быть указана в примечании, если имеются данные.

Переменные расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание (\$US/MWh) включают расход вспомогательных материалов (воды, смазочных материалов, топливных присадок), обработку и утилизацию остатков, запасных частей и ремонт и техническое обслуживание, связанное с производством (однако, не покрываются гарантиями и страховками).

Плановые и незапланированные расходы на техническое обслуживание могут относиться к фиксированным расходам (например, плановые ежегодные работы по техническому обслуживанию) или к переменным расходам (например, работы в зависимости от фактического времени эксплуатации) и делятся соответствующим образом.

Расходы на топливо не включены.

Потребление вспомогательной электроэнергии включено только для тепловых технологий. Применяемая цена электроэнергии указывается в примечаниях по каждой технологии вместе с долей затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание за счет вспомогательного потребления. Это позволяет вносить коррективы со стороны пользователей с собственными цифрами цены на электроэнергию. В цену электроэнергии не включены налоги.

Следует отметить, что затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание часто развиваются с течением времени. Поэтому указанные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание являются средними затратами в течение всего срока службы.

## 3.8 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Паровой процесс на ТЭЦ (когенерация тепловой и электрической энергии) может быть разного типа:

1. **Конденсация:** Весь пар проходит через паровую турбину и подается в конденсатор, который охлаждается водой при температуре окружающей среды. Конденсационная паровая турбина вырабатывает только электричество, без тепла.
2. **Обратное давление:** Весь пар проходит через паровую турбину и подается в конденсатор, который охлаждается обратным потоком из теплосети централизованного теплоснабжения или промышленной технологической теплосети. Конденсация происходит при повышенных температурах, что позволяет использовать произведенное тепло. Турбина противодавления вырабатывает электричество и тепло в почти постоянном соотношении.
3. **Извлечение:** Работает так же, как и конденсация, но пар может быть извлечен из турбины для производства тепла (эквивалентно противодавлению). Это обеспечивает гибкий режим работы, при котором соотношение электроэнергии и тепла может варьироваться.

#### 4 СРАВНЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В этой главе представлены ключевые финансовые показатели по всем технологиям, т.е. удельные инвестиционные затраты, а также затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Здесь интервалы данных в технологических паспортах сокращены до средних значений.

Все данные находятся на постоянном ценовом уровне 2020 года.

Таблица 3: Основные финансовые показатели - Различные технологии производства централизованного теплоснабжения

Технология	Номинальная инвазия.	Исправлено техническое обслуживание и ремонт	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание
	M\$US/ MВт	США/ MВт/год	США/ MВтч
<b>Восстановление угольных электростанций на биомассе</b>			
Уголь в древесные гранулы существующий котел	0.61	4,054	0.44
Уголь на древесную щепу новый котел	1.94	35,695	1.33
Уголь в древесную щепу выходит из котла, экстракционная установка	1.94	17,152	1.82
Уголь на древесную щепу Существующий котел, установка обратного давления	-	35,695	1.33
<b>ТЭЦ "Отходы в энергию"</b>			
Малые отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, питание 35 МВт	2.86	113,014	7.14
Средние отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, питание 80 МВт	2.54	73,810	7.14
Крупные отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, подача 220 МВт, 40/80°C	2.21	53,119	19.36
Крупные отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, подача 220 МВт, 50/100°C	2.21	53,119	19.36
<b>Завод по переработке отходов в энергию</b>			
Отходы в энергию, только РТ, 35 МВт корма.	2.23	99,583	9.44
<b>Среднемасштабная биомассовая электростанция</b>			
Малая древесная щепа ТЭЦ, 20 МВт питания	1.13	49,852	1.69
ТЭЦ со средней древесной щепой, 80 МВт питания	1.27	53,724	1.57
Древесная щепа ТЭЦ, большая, 40/80°C обратная/вперед температура	1.21	34,848	1.57
Древесная щепа ТЭЦ, большая, 50/100°C обратная/вперед температура	1.21	34,848	1.57
Древесная стружка ТЭЦ, крупная, добыча	1.33	36,542	1.34
Древесные гранулы ТЭЦ, небольшие	1.13	50,457	0.73
Древесные гранулы ТЭЦ, средний	1.13	46,343	0.69
Древесные гранулы ТЭЦ, большая, 40/80°C температура возврата/вперед	0.91	25,289	0.68
Древесные гранулы ТЭЦ, большая, 50/100°C температура возврата/вперед	0.91	25,289	0.67
Древесные гранулы ТЭЦ, большие, добыча	1.20	29,766	0.62
Соломенная ТЭЦ, маленькая	1.23	57,717	0.83

Технология	Номинальная инвазия.	Исправлено техническое обслуживание и ремонт США/ МВт/год	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание США/ МВтч
	M\$US/ МВт		
Соломенная ТЭЦ, средняя	1.37	54,692	0.80
Соломенная ТЭЦ, большая, 40/80°C обратная/впередняя температура	1.29	46,585	0.80
Соломенная ТЭЦ, большая, 50/100°C обратная/впередняя температура	1.29	46,585	0.76
Древесная стружка, Котельная, Маленькая	0.96	44,891	3.75
Древесная стружка, Котельная, Medium	0.81	58,322	3.75
Древесная стружка, Котельная, Большой	0.61	48,037	3.75
Древесные гранулы, Котельная	0.87	40,051	2.40
Солома, Котельная	1.09	63,404	2.64
<b>Стирлинговые двигатели</b>			
Газифицированная биомасса	4.60	38,720	25.41
<b>Ветровые турбины на суше</b>			
Большой	1.36	16,940	1.82
Маленький, \$US/единица	4.60	653	-
<b>Фотоэлектрические ячейки, подключенные к сетке</b>			
Фотовольтаика, Малый	1.37	15,488	-
Фотоэлектричество, Медиум	0.97	12,584	-
Фотовольтаика, Большая	0.53	10,769	-
<b>Тепловые насосы</b>			
Комп. л.с., источник воздуха 1 МВт	1.69	2,420	3.27
Комп. л.с., источник воздуха 3 МВт	1.15	2,420	2.66
Комп. л.с., источник воздуха 10 МВт	1.04	2,420	2.06
Суммарная мощность, избыточное тепло 1 МВт	1.50	2,420	3.27
Суммарная мощность, избыточное тепло 3 МВт	1.04	2,420	2.66
Суммарная мощность, избыточное тепло 10 МВт	0.81	2,420	2.06
См. л.с., морская вода 20 МВт	0.58	4,840	1.45
Абсорбционный тепловой насос, ДН	0.73	2,420	1.09
<b>Электрические котлы</b>			
Электрические котлы, 400/690 В; 1-5 МВт	0.18	1,295	1.09
Электрические котлы, 10/15 кВ; >10 МВт	0.08	1,295	1.09
<b>Геотермальное централизованное отопление</b>			
Геотермальное РН, 1200 м.	3.28	27,346	6.90
Геотермальное РН, 2000 м.	3.48	28,919	5.57
Геотермальное РН, 1200 м.	1.52	13,431	2.54

Технология	Номинальная инвазия.  M\$US/ МВт	Исправлено техническое обслуживание и ремонт США/ МВт/год	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание США/ МВтч
Геотермальное РН, 2000 м.	2.53	20,933	3.63
Гот. ДН, 1, 200 м, пониженная температура ДН.	3.27	28,072	6.66
Гот ДН, 2000 м, пониженная температура ДН.	3.48	29,645	5.20
<b>Солнечное централизованное отопление</b>			
Солнечное централизованное теплоснабжение (инвестиции и затраты на производство МВт/ч)	519	0.11	0.25

Таблица 4 - Индивидуальные отопительные установки

Технология	Номинальная инвазия.  1 000 ДОЛЛАРОВ США/ МВт	Исправлено техническое обслуживание и ремонт США/ МВт/год	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание США/ МВтч
<b>Биомассовый котел, автоматическая остановка</b>			
Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Дом на одну семью, существующие и реконструированные здания.	8.2	610	0.00
Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или щепки - Дом на одну семью, новостройки	8.2	606	0.00
Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Квартирный комплекс, существующее здание	106.5	2,088	0.00
Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Квартирный комплекс, новый корпус	64.1	1,367	0.00
<b>Биомассовый котёл</b>			
ручная загрузка	8.2	551	0.00
<b>Дровяная печь</b>			
Дровяная печь без водяного бака, дрова - Дом на одну семью, существующие, энергетически реновированные и новые здания	3.0	175	0.00
Дровяная печь с резервуаром для воды - Дом на одну семью, существующие, энергетически отремонтированные и новые здания	4.8	248	0.00
<b>Электрические тепловые насосы</b>			
Воздух-воздух, существующий дом на одну семью	2.1	206	0.00
Воздух-воздух, новый дом на одну семью	1.3	196	0.00
Воздух-вода, существующий дом на одну семью	11.4	336	0.00
Воздух-вода, новый дом на одну семью	8.5	336	0.00



Технология	Номинальная инвазия.	Исправлено техническое обслуживание и ремонт	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание
	1 000 ДОЛЛАРОВ США/ МВт	США/ МВт/год	США/ МВтч
Воздух-вода, существующие квартиры	170.6	1,997	0.57
Воздух-вода, новые квартиры	85.9	1,997	0.57
Соляной раствор в воде (наземный источник), существующий дом на одну семью.	18.2	336	0.00
Соляной раствор в воде (наземный источник), новый дом на одну семью.	13.3	336	0.00
Соляной раствор в воде (наземный источник), существующие квартиры	301.3	1,997	0.57
Соляной раствор в воде (наземный источник), новые квартиры	107.7	1,997	0.57
Вентиляция, новый дом на одну семью	2.3	230	0.00
Вентиляция, новые квартиры	85.9	1,392	0.57
<b>Тепловые насосы с газовым приводом</b>			
Абсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, существующий многоквартирный дом (воздух-вода)	17.8	284	0.00
Абсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, существующий дом на одну семью (соляной раствор в воде).	37.5	284	0.00
Абсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, существующий жилой комплекс (воздух-вода)	20.6	284	0.00
Абсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, существующий жилой комплекс (соляной раствор в воде)	37.5	284	0.00
Тепловой насос с приводом от газового двигателя, существующий жилой комплекс (воздух-вода)	4.8	284	0.00
Тепловой насос с приводом от газового двигателя, существующий жилой комплекс (соляной раствор-вода)	21.8	284	0.00
Адсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, существующий дом на одну семью (соляной раствор в воде)	15.7	284	0.00
<b>Солнечное отопление</b>			
Солнечная система отопления - Дом на одну семью, существующее здание	4.6	82	0.00
Солнечная система отопления - Дом на одну семью, Энергетический ремонт	4.1	82	0.00
Солнечная система отопления - Дом на одну семью, новый корпус	2.9	82	0.00
Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом	98.0	469	0.00
Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом	89.5	469	0.00
<b>Электрическое отопление</b>			
Электрическое отопление - Дом на одну семью, новый корпус	3.5	29	0.00
Электрическое отопление - Квартирный комплекс, новый корпус	124.6	59	0.00

Таблица 5 - Промышленное технологическое тепло

Технология	Номинальная инвазия.  M\$US/ MBT	Исправлено техническое обслуживание и ремонт США/ MBт/год	Переменная эксплуатация и техническое обслуживание США/ MBтч
<b>Высокотемпературные тепловые насосы</b>			
Высокая температура. Л.С. до 125°C	1.05	1,174	4.0
Высокая температура. Л.С. до 150°C	1.27	1,174	4.0
<b>Л.с. с тепловым приводом</b>			
Л.С. с тепловым приводом 80°C	0.68	2,420	1.21

## **5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА**

Не все технологические листы были составлены одинаково. В некоторых случаях данные отсутствуют, что свидетельствует о невозможности определить достаточно надежные источники таких данных.

### **5.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИСТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

В эту категорию включены следующие технологии:

- Восстановление крупной угольной электростанции на биомассу;
- МНП ТЭЦ и Котельные-станции;
- Биомассовые ТЭЦ и Котельная станции;
- Смешивающие двигатели, газифицированная биомасса;
- Ветряные турбины на берегу;
- Фотовольтаика;
- Тепловые насосы;
- Электрические котлы;
- Геотермальное централизованное отопление; и
- Районное солнечное теплоснабжение.

### **5.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

В эту категорию включены следующие технологии:

- Биомассовый котел, автоматическая загрузка;
- Биомассовый котел, ручная загрузка;
- Дровяная печь;
- Электрические тепловые насосы;
- тепловые насосы с газовым приводом; и
- Солнечное отопление.

### **5.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИСТЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАГРЕВА**

В эту категорию включены следующие технологии:

- Высокотемпературный тепловой насос; и
- Тепловой насос с тепловым приводом

## Восстановление крупной угольной электростанции на биомассу

---

### Краткое описание технологии

Существующие угольные электростанции могут быть реконструированы для сжигания биомассы, главным образом, с целью сокращения выбросов CO<sub>2</sub> без вывода из эксплуатации существующих генерирующих мощностей. Преобразование в биомассу на существующих пылеугольных электростанциях может быть осуществлено частично путем совместного сжигания части биомассы вместе с углем, или путем полного преобразования электростанции в биомассу. Данные и описания в данной главе рассматривают только **полные варианты преобразования**.

Считается, что возраст электростанций, подлежащих восстановлению, составляет примерно 25 лет, что означает, что в любом случае необходимо будет продлить срок их службы. Таким образом, ожидаемые расходы по продлению срока эксплуатации включены в стоимость тех частей станции, которые останутся в эксплуатации после реконструкции. Далее предполагается, что восстановленная электростанция будет иметь технический срок службы 15 лет, т.е. затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание покроют необходимые работы по реконструкции в этот период.

Необходимые работы и связанные с ними затраты на продление срока службы и реконструкцию существующих электростанций в любом случае будут варьироваться в широких пределах, так как все первоначальные электростанции уникальны с точки зрения технического проектирования и состояния.

Угольные электростанции могут быть модифицированы под биомассу несколькими способами. Здесь рассматриваются следующие три концепции:

- a) Древесные гранулы, существующий котел
- b) Древесная щепа, новый котел
- c) Древесная щепа, существующий котел

Эти варианты определяют требования к необходимым техническим модификациям и заменам топливопогрузочного оборудования, котельных систем и т.д. заводов.

### а) Древесные гранулы

Самым простым и дешевым (с точки зрения инвестиционных затрат) решением является переработка топлива из угля в древесные гранулы, которое является топливом с наиболее схожими характеристиками с углем, что означает возможность использования одного и того же котла.

На рисунке ниже показан принципиальный эскиз установки, а также то, какие элементы предполагается добавить, заменить или отремонтировать. Среди них:

- Новые силосы для хранения и системы транспортировки гранул;
- Угольные мельницы, которые должны быть модифицированы и иметь увеличенную мощность из-за более низкой теплотворной способности;
- Большие вентиляторы для пневматических транспортных систем;
- Новые горелки;
- Модификации котлов, например, сажевые воздуходувки во избежание отложений; и
- Другие продления срока службы, в зависимости от обстоятельств.

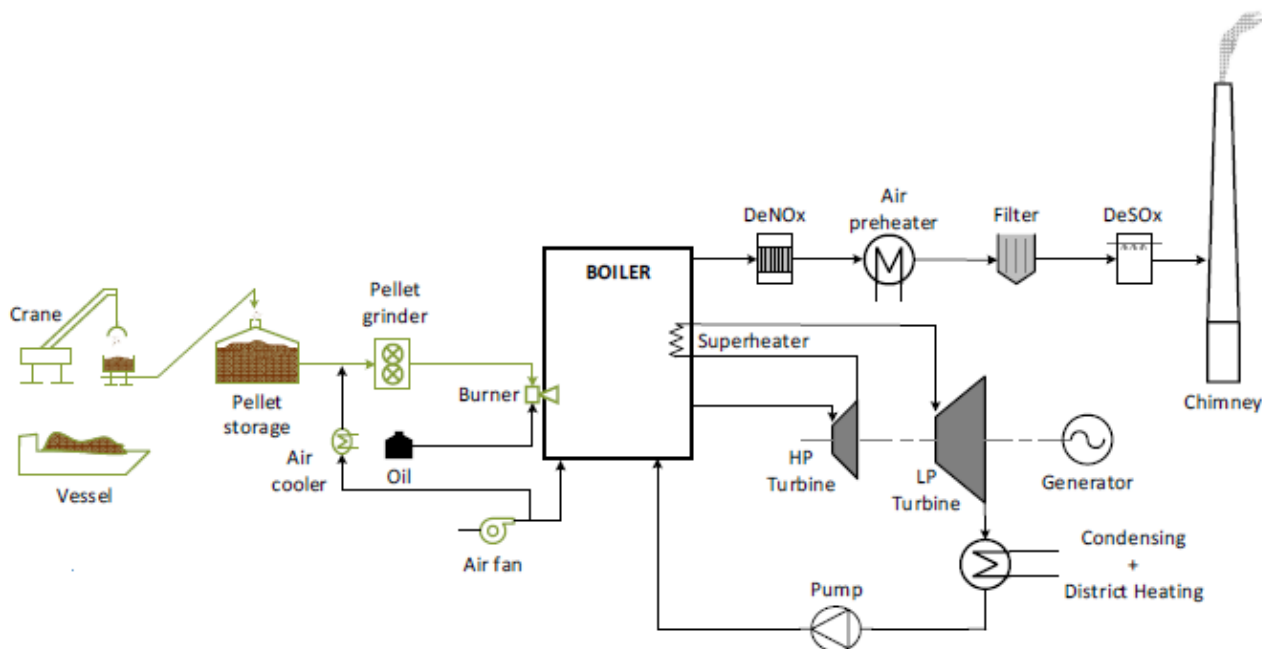


Рисунок 4: Эскиз ТЭЦ, переоборудованной для обжига древесными гранулами. Зеленые элементы указывают на оборудование, которое необходимо добавить, заменить или отремонтировать.

#### б) Древесная щепа, новый котел

Преобразование вида топлива из угля в древесную щепу требует значительных изменений и является более трудоемким и дорогостоящим, чем преобразование в гранулы. Однако это может быть уравновешено более низкой ценой топлива. Одним из вариантов перехода на древесную щепу является установка целого нового котла.

Потребность в замене котла обусловлена невозможностью адаптации котла, работающего на угольной пыли, к более крупным и неоднородным древесным щепам.

На рисунке ниже показан принципиальный эскиз установки, а также то, какие элементы предполагается добавить, заменить или отремонтировать. Среди них:

- Новые системы хранения и транспортировки древесной щепы
- Новые ЦКС бойлеры и вентиляторы воздуха
- Новая турбина высокого давления благодаря более низкому давлению пара. Котел ЦКС также может быть изготовлен как сверхкритичный с высокими параметрами пара.
- Новая система дымовых газов, фильтры и конденсационный скруббер и, возможно, также СКВ
- Другие продления срока службы, в зависимости от обстоятельств

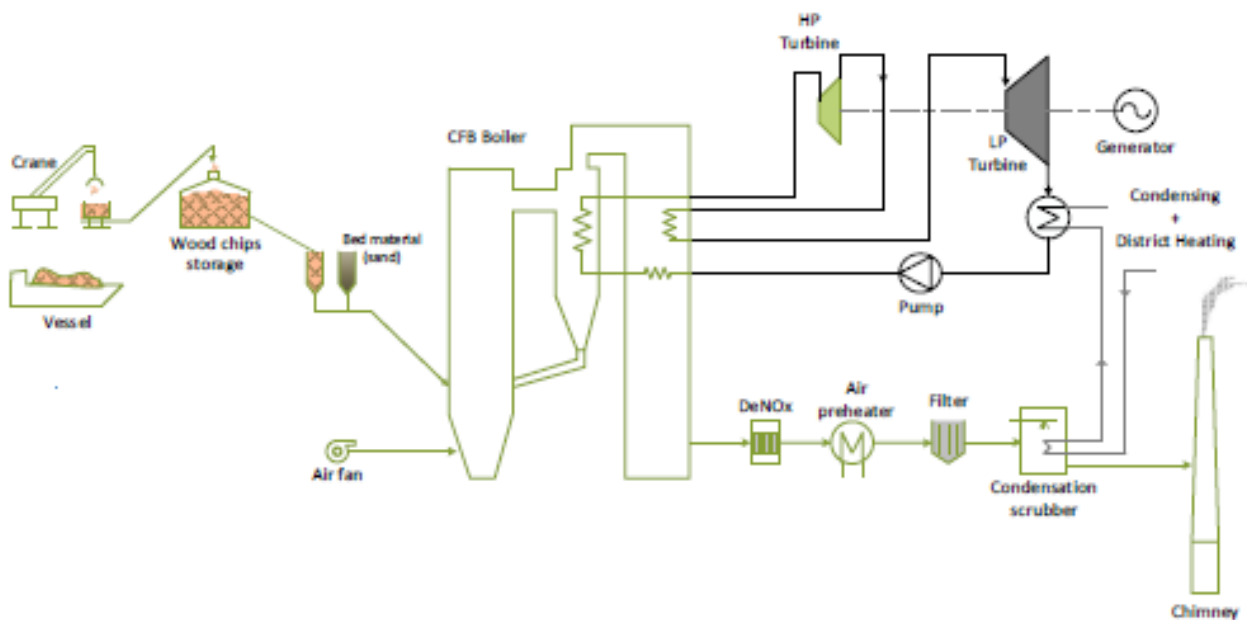


Рисунок 5: Эскиз КУ станции, переоборудованной для сжигания древесной щепы с новым котлом ЦКС. Зеленые элементы указывают на оборудование, которое необходимо добавить, заменить или отремонтировать.

### в) Древесная щепа, существующий котел

Другим вариантом перехода на древесную щепу является повторное использование существующего котла, но установка для переработки щепы в сухое и мелкозернистое вещество, т.е. сравнимое с топливом, получаемым при измельчении древесных гранул.

Таким образом, существующие котлы, системы дымовых газов и паровые системы могут поддерживаться в рабочем состоянии с незначительными изменениями, сделанными в связи с продлением срока службы.

В связи с большими объемами топлива завод по хранению и подготовке может значительно расширить существующую установку.

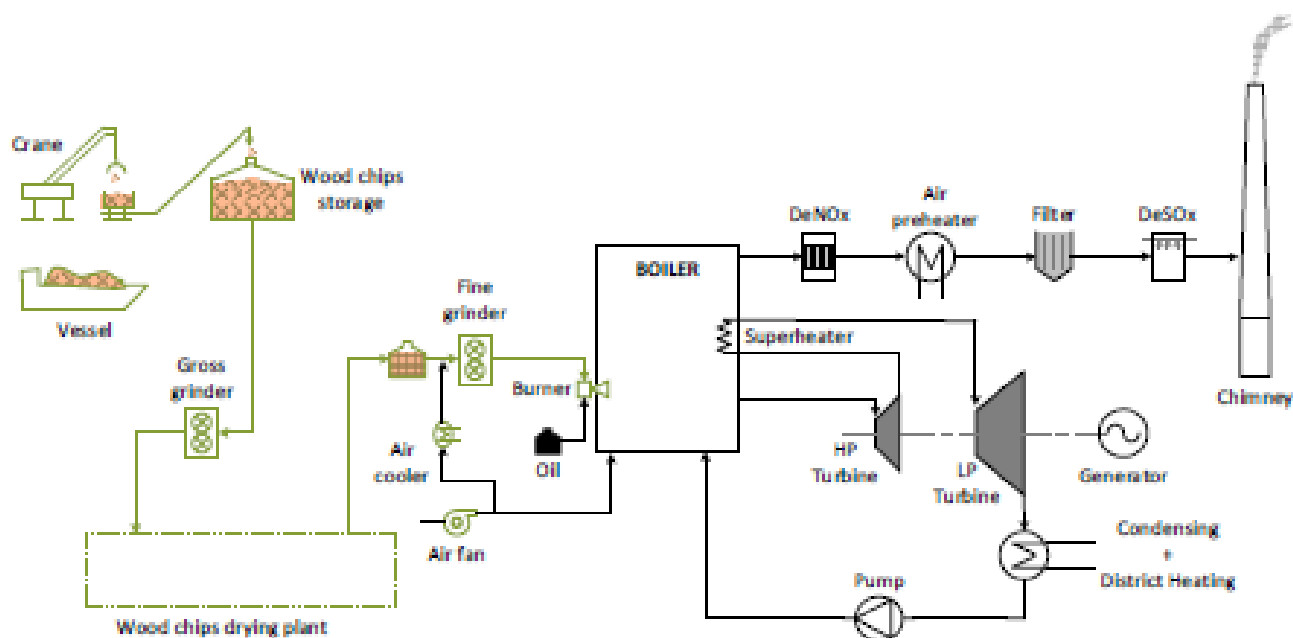


Рисунок 6: Эскиз КУ станции, переоборудованной для сжигания древесной щепы с выходящим из нее котлом. Зеленые элементы указывают на оборудование, которое необходимо добавить, заменить или отремонтировать.

В качестве альтернативы преобразованию древесной щепы в пылеугольное топливо котел можно модифицировать, установив под котлом колосниковую решетку. В этом случае подача тепла на колосниковую решетку, как правило, меньше, чем при первоначальной подаче тепла, и установка соответственно снижает номинальную мощность.

### Вход

Первичным топливом является биомасса в виде а) сухих и сжатых древесных гранул или б) и в) древесной щепы.

### Выход

Выходит электричество и тепло для использования в системах централизованного теплоснабжения.

### Типичные возможности

Рассматриваемый диапазон мощностей находится в диапазоне 200-400 МВтэ.

### Способность регулирования

Способность регулирования в большинстве случаев не сильно изменится, если существующие котлы угольных станций будут перестроены на сжигание биомассы.

### Преимущества / недостатки

В целом, реконструкция угольных электростанций на сжигание биомассы является относительно быстрым и экономически эффективным способом сокращения использования ископаемого топлива (угля). По сравнению со строительством целых новых блоков инвестиции, скорее всего, будут значительно ниже. Кроме того, периоды отключений, скорее всего, будут короче, чем если бы целая новая электростанция была построена на том же месте, на котором предполагается

реконструкция. Однако, в случае строительства нового котла и турбины ГЭС, преимущество со временем может быть несущественным.

Одним из недостатков является то, что данные о производительности будут более или менее заблокированы данными старой установки, например, эффективность будет в значительной степени зависеть от допустимой температуры и давления пара. Первоначальным установкам может быть от 20 до 30 лет, и поэтому они не полностью соответствуют стандартам современных технологий в отношении эффективности и т.д. По сравнению с углем, химия сжигания древесины вызывает повышенные проблемы с образованием золы и шлака и коррозией в котле. В связи с этим необходимо несколько снизить температуру котла и пара, и, таким образом, электрический КПД установки, как правило, также снижается на несколько процентов.

Эти три варианта реконструкции имеют различные преимущества и недостатки по сравнению друг с другом. Использование готовых древесных гранул предлагает быстрое решение для реконструкции старых угольных электростанций с меньшими затратами по сравнению с другими вариантами. С другой стороны, затраты на топливо выше.

Древесная щепа - более дешевое топливо, чем древесные гранулы. Однако, в случае как замены котла, так и строительства завода по сушке и переработке топлива, инвестиции выше.

При установке нового котла для сжигания древесной щепы, которая имеет относительно высокое содержание воды, можно получить более высокий тепловой КПД при восстановлении тепла конденсации из дымовых газов, хотя и с несколько меньшим электрическим КПД. Тем не менее, общий КПД может быть выше и даже выше 100% (НТС).

В случае с котлом типа ЦКС, а также, возможно, и с переоборудованными котлами, давление пара часто ниже, чем в оригинальной установке, и поэтому турбина высокого давления должна быть заменена на новую. Однако ряд поставщиков ЦКС в состоянии предложить и котлы сверхкритического типа. В противном случае падение давления над турбиной высокого давления приведет к чрезмерной конденсации пара, а турбина низкого давления получит пар, который будет слишком "влажным" и, в конечном счете, сломается быстрее, чем это должно произойти.

Обычно при сжигании биомассы добавляют золу угля или уголь для предотвращения образования шлака и коррозии в котле, это, скорее всего, сделает золу непригодной для распространения в окружающей среде. В то же время рециркуляция золы для использования в бетонных изделиях, что является обычной практикой при использовании угольной золы, сомнительна при использовании древесной золы из-за ее высокого содержания в щелочах. Зола, образующаяся при сжигании угля или биомассы, может быть использована для производства синтетического гипса.

### **Окружающая среда**

Экологические проблемы при использовании биомассы в качестве топлива на реконструированных угольных электростанциях, как правило, аналогичны проблемам, возникающим на новых электростанциях, работающих на биомассе. Центральными вопросами являются выбросы твердых частиц, NOx и конденсатной воды. Существующая конфигурация установок часто приводит к более высоким затратам на очистку дымовых газов, чем для новых установок.

Другая экологическая проблема - тяжелые металлы в золе. Зола, образующаяся в результате сжигания биомассы, содержит минералы, которые ценны в сельском и лесном хозяйстве и могут быть переработаны. Это является предметом регулирования, включающего химический анализ и контроль концентраций тяжелых металлов. Особенно концентрация кадмия и свинца в золе ограничивает количество, которое может быть распределено на определенном участке в год.

Существует несколько специфических вопросов здравоохранения и безопасности, связанных с транспортировкой, обработкой и хранением древесных гранул и щепы. К ним относятся, например, опасность удушья, самовоспламенения, взрыва и образования ядовитых форм при хранении и транспортировке.



### Технические данные 01 - Древесные гранулы, существующий котел

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесные пеллеты, существующий котел, экстракционная установка</b>	
<b>Энергия / технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	300
Электрический КПД (конденсационный режим для вытяжных установок). нетто (%). фирменная табличка	NA
КПД электроэнергии (конденсационный режим для экстракционных установок). нетто (%). среднее годовое значение	NA
С <sub>б</sub> коэффициент (50°C/100°C)	NA
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	NA
Принудительное отключение (%)	NA
Планируемый перерыв (недели в году)	NA
Срок службы (годы)	15
Срок строительства (годы)	2
Потребность в площади (1 000 м <sup>2</sup> /МВт)	NA
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания. %)	NA
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	20
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	0.61
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	4,054
Переменная ЭИТО (\$US/MWhe)	0.44

### Технические данные 02 - Древесная щепа, новый котел

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесную щепу, новый котел, вытяжная станция</b>	
<b>Энергия / технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	300
Электрический КПД (конденсационный режим для вытяжных установок). нетто (%). фирменная табличка	NA
КПД электроэнергии (конденсационный режим для экстракционных установок). нетто (%). среднее годовое значение	NA
С <sub>б</sub> коэффициент (50°C/100°C)	NA
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	NA
Принудительное отключение (%)	NA
Планируемый перерыв (недели в году)	NA
Срок службы (годы)	15
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в площади (1 000 м <sup>2</sup> /МВт)	NA
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесную щепу, новый котел, вытяжная станция</b>	
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания. %)	98
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	24
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	8
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.94
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	35,695
Переменная ЭИТО (\$US/MWhe)	1.33

### Технический паспорт 03 - Древесная щепа, существующий котел, вытяжной пункт

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесную щепу, существующий котел, вытяжную установку.</b>	
<b>Энергия / технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	300
Электрический КПД (конденсационный режим для вытяжных установок). нетто (%). фирменная табличка	NA
КПД электроэнергии (конденсационный режим для экстракционных установок). нетто (%). среднее годовое значение	NA
С <sub>b</sub> коэффициент (50°C/100°C)	NA
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	NA
Принудительное отключение (%)	NA
Планируемый перерыв (недели в году)	NA
Срок службы (годы)	15
Срок строительства (годы)	2
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	NA
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания. %)	98
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	24
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	8
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.94
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	17,152
Переменная ЭИТО (\$US/MWhe)	1.82

### Технический паспорт 04 - Древесная щепа, существующий котел, установка обратного давления

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесную щепу, преобразование малого угольного котла, установку обратного подпора</b>	
<b>Энергия / технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	70

<b>Восстановление электростанций из угля на биомассу, древесную щепу, преобразование малого угольного котла, установку обратного подпора</b>	
Электрический КПД (конденсационный режим для вытяжных установок). нетто (%). фирменная табличка	NA
КПД электроэнергии (конденсационный режим для экстракционных установок). нетто (%). среднее годовое значение	NA
Сб коэффициент (50°C/100°C)	NA
Коэффициент Cv (50°C/100°C)	NA
Принудительное отключение (%)	NA
Планируемый перерыв (недели в году)	NA
Срок службы (годы)	15
Срок строительства (годы)	NA
Требуемая площадь (1000 м2/МВт)	NA
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания. %)	NA
NOX (г на ГДж)	30
CH4 (г на ГДж)	3
N2O (г на ГДж)	10
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	NA
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	35,695
Переменная ЭИТО (\$US/MWhe)	1.33

## Введение в установки по переработке отходов и биомассы

В связи с большим сходством качественное описание биомассы и отходов сжигания растений представлено с общим описанием технологии. Кроме того, главы, описывающие теплоэлектростанции (ТЭЦ) и теплоцентрали (ТЭЦ) для биомассы и отходов, соответственно, были объединены для того, чтобы сделать каталог более удобным для чтения.

### Краткое описание технологии

Описание включает в себя технологии, которые имеют большое сходство, когда используются для ТЭЦ и НСЗ, сжигаемых с биомассой или отходами, последняя из которых называется объектом "Отходы в энергию" (WtE). Основные системы представлены на рисунке ниже, проиллюстрированном ТЭЦ, работающей на принципе WtE.

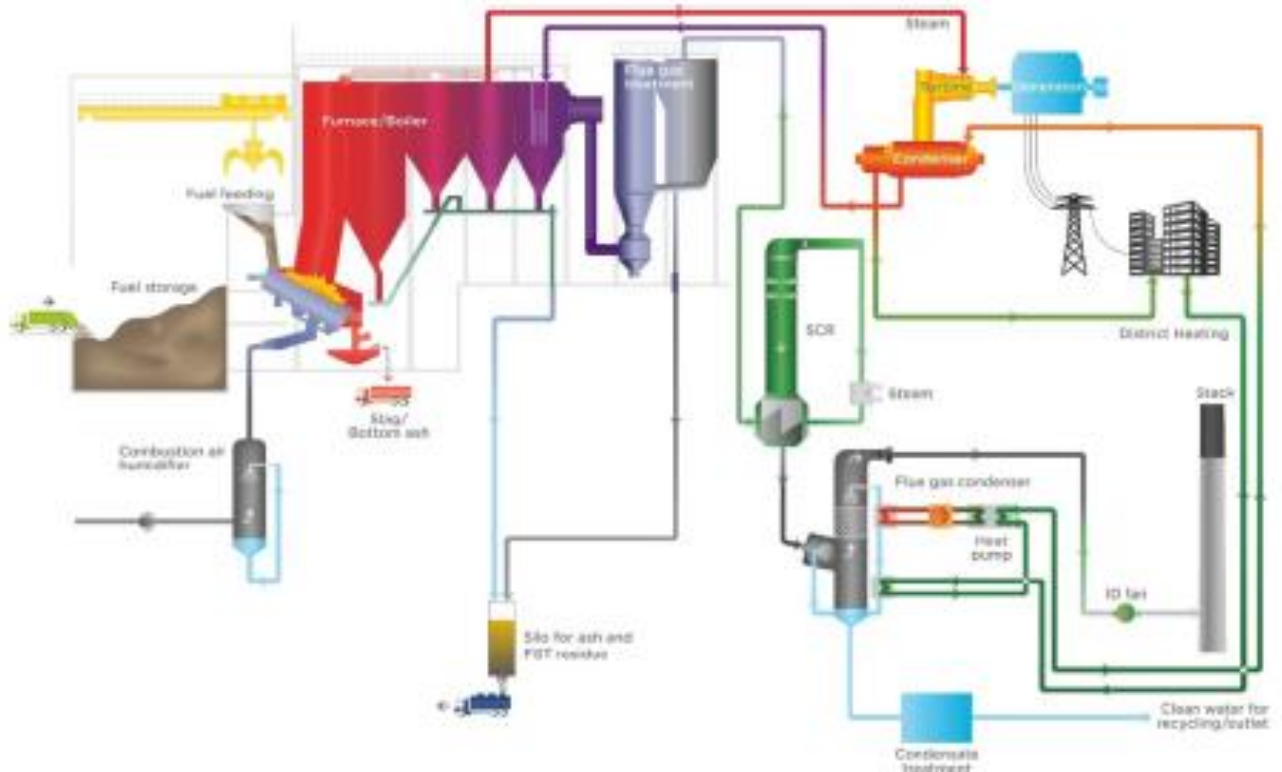


Рисунок 7: Основные системы ТЭЦ (или только Heat), пример объекта WtE ТЭЦ.

Основными системами ТЭЦ, работающих на биомассе или отходах, являются:

- Зона приема и хранения топлива,
- Печь или система обжига, включая подачу топлива
- Паровой котёл
- Паровая турбина и генератор,
- Система очистки дымовых газов (ОДГ), потенциально включающая СКВ-систему для снижения выбросов NOx.
- Системы для обработки отходов сгорания и очистки дымовых газов
- Дополнительная система конденсации дымовых газов
- Дополнительная система увлажнения воздуха сгорания

В случае НОР паровой котел заменяется водогрейным котлом, в комплект не входит турбина/генераторная установка.

Другие основные системы в принципе такие же, как и для ТЭЦ-установок.

### **Вход**

Древесная щепа, древесные гранулы и солома рассматриваются для растений, использующих биомассу. Другие типы биомассы, например, другие лесосечные отходы; опилки и ореховая скорлупа могут быть релевантными в качестве источника энергии, в то время как различные виды топлива устанавливают различные технические требования к растениям, эти различия не будут учитываться.

Объекты "Отходы в энергетику" (WtE) получают неперерабатываемые твердые бытовые отходы (ТБО), коммерческие отходы и определенные фракции промышленных отходов, а также строительный мусор и отходы от сноса зданий и сооружений. Они могут также включать топливо, полученное из отходов (ТБО). Могут быть включены некоторые виды опасных отходов, но специальные заводы по переработке опасных отходов здесь не рассматриваются. Более подробно о топливе см. в соответствующих главах, посвященных Отходам и биомассе.

### **Прием и хранение топлива**

Топливо принимается грузовиком. Хранение обычно доступно на месте в течение как минимум двух дней при полной загрузке.

Для древесной щепы и древесных гранул хранилище топлива обычно имеет вместимость 1-2 недели. Солома поступает в кипах и хранится в закрытом здании во избежание воздействия влаги; древесные гранулы хранятся в закрытом бункере; древесная щепа может храниться снаружи, но часто под крышей, чтобы ограничить воздействие дождя. Инвестиционные затраты в паспорта данных по биомассе включают только двухдневное хранение. Во многих случаях оптимальная вместимость хранилища топлива будет больше. Поэтому удельные затраты на хранение топлива в сутки, превышающие 2 дня, указываются в спецификации отдельно.

Отходы принимаются и хранятся в закрытом здании, чтобы избежать появления запаха, и выгружаются в специальный бункер, откуда грейфер доставляет их в загрузочный бункер. Бункер, как правило, рассчитан на 4 дня работы.

### **Печь**

В топку впрыскивается, высушивается, пиролизуется и сжигается топливо, а содержание энергии преобразуется в горячие дымовые газы для последующего поглощения в котле. Типичные топочные технологии можно разделить:

- обжиг решетки,
- различные типы кипящих слоев (КС) и
- подвесной обжиг, при котором топливо измельчается или измельчается и выдувается в печь, опционально в комбинации с ископаемым топливом.

Сжигание колосниковых сеток - это хорошо зарекомендовавшая себя и надежная технология с использованием различных видов биомассы. В дальнейшем ее можно разделить на несколько подкатегорий, например, в соответствии с EN ISO 17225-1 Твердое биотопливо - Топливные спецификации и классы - Часть 1: Общие требования.

Есть примеры комбинированных котельных технологий с подвесным и колосниковым сжиганием. По геометрическим причинам существует предел того, насколько большую колосниковую установку можно построить - порядка чуть ниже 200 МВт тепловой мощности.

Большие КС бойлеры имеют тип циркуляционного жидкостного слоя (ЦЖС) и обычно используются для КУ станций в ситуациях, когда размер станции превышает максимальный для колосникового сжигания. В частности, древесная щепа является отличным топливом для КС бойлеров.

В качестве альтернативы суспензионное сжигание топлива подходит для очень крупных электростанций, работающих на биомассе (значительно выше 200 МВт тепловой мощности), и требует измельчения топлива перед его подачей в печь. Измельчение биомассы - непростая задача, но, в частности, гранулы могут быть разделены на более мелкие частицы с помощью (угольной) мельницы. Эти частицы часто подходят непосредственно для сжигания. Сжигание пыли из измельченных древесных гранул широко используется, например, в Швеции для небольших установок мощностью до 50 МВт на тепловом входе.

Обычно все установки WtE обожжены решеткой. На установках WtE камера дожигания обеспечивает соблюдение требований по температуре и времени пребывания. При запуске котла для обеспечения нагрева до требуемой температуры необходимы биомасса или вспомогательные горелки в топке, сжигаемой на мазуте или газе. Во время нормальной эксплуатации вспомогательное топливо не добавляется.

Типичные размеры печей приведены в следующей таблице.

Таблица 6: Типичные размеры печных технологий. ДПБ относится к кипящему кипящему слою. ЦКС к циркулирующему кипящему слою и колосниковой печи были далее разделены на три подкатегории.

Boiler input MW		1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
FB	BFB										
	CFB										
Grate	Travelling grate										
	Reciprocating grates										
	Vibrating grates										
Dust fired											

## Котел

Котел является тем местом, где содержание энергии в дымовых газах передается посредством теплообмена в теплоноситель, которой обычно является горячая вода, а в случае ТЭЦ - вода и пар. По мере прохождения дымовых газов через котел, они охлаждаются, а теплоноситель нагревается посредством теплообмена. В бойлере, работающем только на тепло, вода нагревается для обеспечения необходимой температуры подачи централизованного отопления (ЦТ), которая обычно составляет до 110°C в Казахстане для распределительных сетей и несколько выше, когда вода ЦТ поступает в передающие сети.

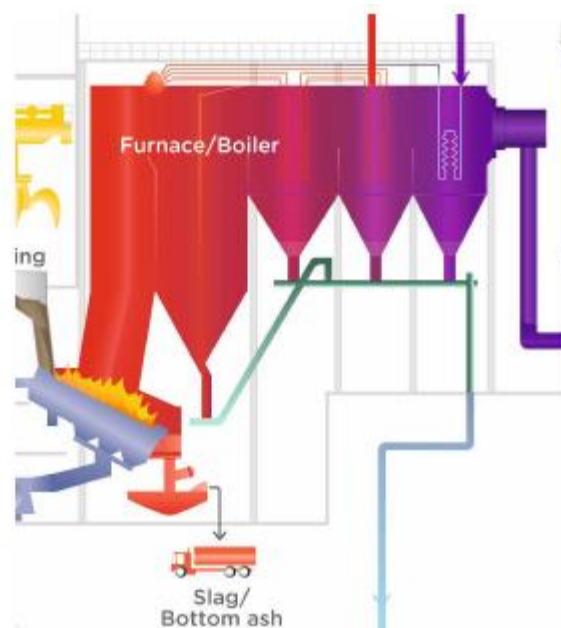


Рисунок 8: Система печь/котел

Выходом из котла КУ является перегретый пар, т.е. пар, который нагревается выше точки кипения. Установка включает насосы питательной воды, подающие воду под высоким давлением в бойлер, экономайзер, где входящая вода нагревается до температуры кипения, испарители, где вода испаряется в пар, барабанную емкость для разделения пара и воды, и перегреватели, где пар нагревается выше температуры кипения. В крупных установках, работающих на биомассе, могут использоваться различные типы котлов.

### Турбина/генератор

Турбоагрегат/генераторная установка входит только в состав ТЭЦ (или только электростанции). Перегретый пар высокого давления из котла направляется в турбину, где содержание пара преобразуется в энергию вращения турбины. Через его подключение к генератору энергия вращения преобразуется в электричество.

Температура и давление пара снижаются по мере того, как пар приводит в движение вращение лопаток турбины. Пар низкого давления отбирается из турбины в конденсаторы РТ при уровнях давления и температуры, соответствующих требованиям сети РТ. Конденсационное тепло подается в сеть РТ. Это отличается от установки, работающей только на электроэнергии, где конденсация происходит при более низких температурах и тепло конденсации теряется, например, в конденсаторе с воздушным охлаждением. Таким образом, энергетическая эффективность КУ станции ниже, чем у соответствующего объекта, работающего только на электроэнергии, но общий КПД намного выше. Энергосберегающие установки не включены в настоящую технологическую документацию. Турбина и генераторная система КУ с противодавлением показаны на рисунке ниже.

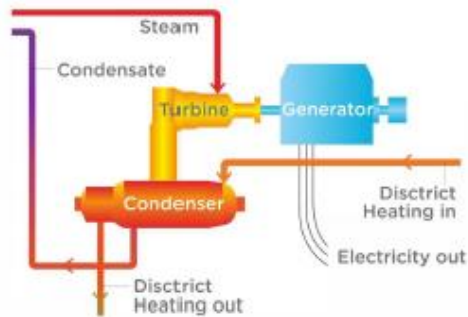


Рисунок 9: Турбина / генераторная система КУ с противодавлением

Паровая турбина более сложная и имеет два теплообменника. Один из них подключен к сети РТ, как и в случае с ТЭЦ противодавления, в то время как другой обменивает тепло с окружающей средой (обычно большие водные резервуары, например, морская вода). Пар может охлаждаться в одном из теплообменников (режим конденсации или противодавления) или в комбинации обоих (режим вытяжки).

### Подготовка дымовых газов (ОДГ)

Дымовой газ обрабатывается для удовлетворения требований по выбросам биомассы и отходов соответственно. В состав ОДГ всегда входит сажевый фильтр, либо электрофильтр (ЭФ), либо рукавный домашний фильтр (ВНФ). Кислотные газы (HCl, SO<sub>2</sub> и HF) смягчаются в сухом или полусухом процессе путем впрыскивания гидратированной извести для последующего улавливания в ВНФ или в системе мокрой очистки. Использование системы мокрой очистки снижает количество твердых остатков по сравнению с сухим процессом, но сточные воды должны быть обработаны перед сбросом, чтобы соответствовать строгим требованиям к уровню выбросов. В WtE диоксин и ртуть могут улавливаться путем впрыскивания активированного угля.

Снижение NO<sub>x</sub> осуществляется с помощью процесса СНКВ или СКВ (СНКВ и СКВ - это селективное снижение NO<sub>x</sub> с помощью инъекций аммиака, с помощью соответствующего некаталитического или каталитического процесса). Процесс СНКВ осуществляется путем впрыскивания аммиака в печь при температуре около 900°C. Он имеет ограниченную эффективность, и для соблюдения строгих предельных значений выбросов может потребоваться установка высокоэффективной каталитической системы СКВ. При работе с биомассой и отходами система СКВ обычно располагается ниже основного ОДГ (хвостовая часть) или, по крайней мере, ниже сажевого фильтра во избежание того, чтобы определенные элементы в дымовых газах дезактивировали катализатор.

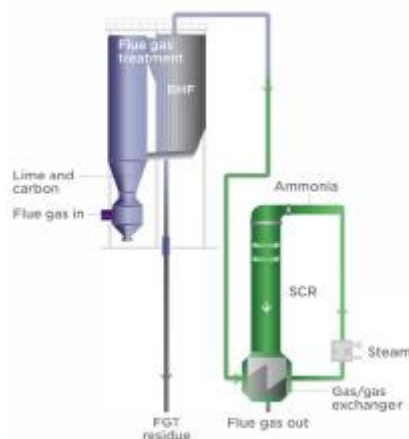




Рисунок 10: Очистка дымовых газов (сухой / полусухой), включая реактор с впрыском гидратированной извести, рукавный фильтр и систему СКВ с теплообменником газ/газ, пароперегревателем, впрыском аммиака и катализатором.

### Обращение с твердыми остатками

Твердые остатки включают в себя негорючие вещества (зола) и остатки очистки дымовых газов (ОДГ). При использовании биомассы большая часть золы отделяется в котле или сажевом фильтре и собирается в силосе для утилизации вместе с остатками ОДГ. В случае ОЭЗ зола составляет 15-20% входных отходов, и около 90 % из них выходит из установки в виде шлака, отделенного от колосниковой решетки топki.

### Система конденсации дымовых газов

Система конденсации дымовых газов устанавливается для повышенной рекуперации тепла, в первую очередь за счет конденсации водяных паров дымовых газов. Таким образом, энергетическая эффективность может быть увеличена более чем на 20%. В настоящее время конденсация дымовых газов является обычной практикой на объектах WtE и на объектах, работающих на биомассе, особенно при использовании древесной щепы, отходов и аналогичных относительно влажных видов топлива.

Конденсация дымовых газов может быть организована как система влажной очистки (см. рисунок ниже), в которой жидкость для очистки охлаждается путем теплообмена с водой ДН. Относительно холодная вода ДН охлаждает скруббер и тем самым нагревает его. Когда охлажденная жидкость для очистки встречает более теплый дымовой газ, насыщенный водяным паром, пар конденсируется, тем самым выделяя тепло конденсации. Кроме того, конденсатор можно расположить в вертикальных трубах, обмениваясь теплом с водой ДН, окружающей трубу или пластинчатый теплообменник, находящийся на пути следования дымовых газов. Система конденсации отработанных газов может быть разделена на две системы. Первая ступень - это прямая конденсация, при которой рекуперация тепла происходит при прямом теплообмене с водой ДН, а на второй ступени конденсация поддерживается тепловыми насосами. Рекуперация тепла путем прямой конденсации ограничивается температурой обратного РТ. Чем ниже температура, тем выше рекуперация тепла. Тепловой насос позволяет охладить дымовые газы и конденсацию водяного пара до достаточно низкой температуры (20 - 30°C), что соответствует очень высокой рекуперации энергии за счет энергии привода теплового насоса (обычно это пар или электричество).

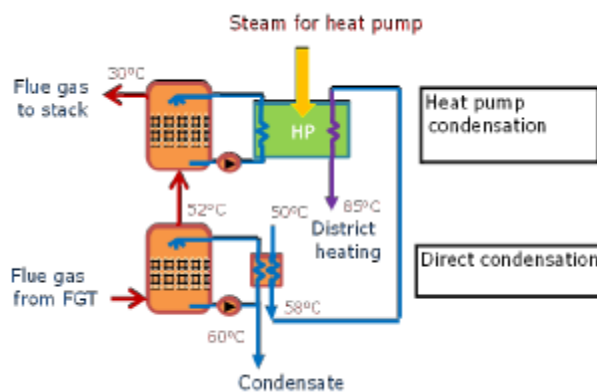


Рисунок 11: Конденсация дымовых газов, прямой и тепловой насос с приводом от обратной температуры 50°C ДН, и типичная температура адиабатического скруббера WtE

В технических паспортах указывается только прямая конденсация до уровня, ограниченного температурой обратного РТ 40°C или 50°C, в зависимости от случая. Потенциал конденсации

теплового насоса указан отдельно ("Дополнительный тепловой потенциал для теплового насоса (%)" ), и не включен в указанный КПД. В разделе " *Определение общей энергоэффективности при конденсации дымовых газов* " ниже описывается, как количественно определить общую энергоэффективность для биомассы или объекта WtE с конденсацией дымовых газов при заданной температуре топлива и РТ.

Пропуск дымовых газов через несколько мокрых скрубберов системы конденсации дымовых газов способствует достижению очень низкого уровня выбросов HCl, SO<sub>2</sub>, пыли, тяжелых металлов и аммиака.

### **Очистка конденсата и сточных вод**

Технологические сточные воды из мокрого скруббера (если он входит в комплект поставки) должны быть очищены перед сбросом в канализацию или в море. В любом случае могут применяться строгие требования, регулируемые национальным законодательством. Очистка включает в себя нейтрализацию, выпадение осадка ионов тяжелых металлов и фильтрацию, а также образование небольшого количества осадка.

Конденсат от конденсации дымовых газов имеет низкое содержание солей и загрязняющих веществ, когда система конденсации расположена ниже системы ОДГ. Очистка конденсата включает обратный осмос для получения очень чистой воды, полезной для промышленного применения, в том числе подпиточной воды котлов и подпиточной воды для сети РТ.

Производство чистой воды может значительно превышать первоначальное содержание влаги в топливе из-за воды, образующейся при сгорании из водорода и кислорода. Для относительно влажных видов топлива избыток воды может составлять более 500 кг на тонну потребляемого топлива.

Избыточный конденсат является чистой, практически безсолевой водой и может быть использован для внутренних целей, таких как подпиточная вода котла, для ОДГ и охлаждения шлака, эффективно заменяя внешнее водоснабжение. Его также можно считать рекуперированным ресурсом, который будет использоваться извне для покрытия потерь воды в районных тепловых сетях и для промышленных целей. Если это невозможно, избыточный очищенный конденсат может быть сброшен в море или в местную канализационную систему (за определенную плату). Количество избыточного рекуперированного конденсата указано в таблицах и включено в переменные эксплуатационные расходы, ср. финансовый раздел. В приведенных значениях вычитается только внутреннее потребление для подпиточного водоснабжения паровых систем.

### **Система увлажнения воздуха сгорания**

Увлажнение воздуха сгорания может в некоторой степени заменить использование конденсации, приводимой в действие тепловым насосом, для увеличения выработки тепла. Увлажнение воздуха сгорания работает путем добавления водяного пара в воздух сгорания, тем самым увеличивая содержание водяного пара в дымовых газах по мере их поступления в систему конденсации дымовых газов, что в свою очередь увеличивает теплоотдачу при непосредственной конденсации дымовых газов. Энергия, необходимая для производства водяного пара, поступающего в воздух для сгорания, рекуперируется с последней ступени системы конденсации дымовых газов, при температуре ниже температуры РН. Это низкотемпературное тепло, например, 40°С, используется в качестве источника тепла для испарения воды в системе увлажнения воздуха сгорания.

Высокий эффект увлажнения воздуха сгорания заключается в том, что дымовые газы охлаждаются дальше, чем это возможно при теплообмене с водой ДН, что представляет собой увеличение рекуперации энергии из топлива. В таблицах данных предполагается, что увлажнение воздуха сгорания (если оно включено) снижает температуру конденсации дымовых газов на 5°С и 8°С при температурах возврата РТ 40°С и 50°С соответственно. Обычно система используется в установках, сжигающих биомассу и имеющих конденсацию дымовых газов.



Рисунок 12: Увлажнитель воздуха сгорания, в котором вода, нагретая низкотемпературным источником, испаряется в поток воздуха сгорания.

### Энергетическая модель для технологических паспортов.

В связи с технологическим сходством, для заселения листов для биомассы и отходов была использована общая модель.

В таблице ниже приведены исходные допущения, сделанные при проектировании установок для различных видов сырья.

Таблица 7: Базовые допущения для ТЭЦ для оценки энергоэффективности.

Топливо	Отходы	Древесные стружки	Древесные гранулы	Солома
Система обжига	Grate	Решетка / ЦКС (большой)	Подвеска	Grate
Живой пар, ТЭЦ	425°C / 50 бар	540°C / 90 бар	560°C / 90 бар	540°C / 90 бар
Температура дымовых газов после парового котла	160°C	130°C	130°C	130°C
Избыточное соотношение воздуха	1.5	1.3	1.3	1.3
Потери котла, кроме отработанных газов (% от СУГ)	2%	2%	2%	2%
Потери турбины (редуктор/генератор) (% от брутто-мощности), ТЭЦ	3%	3%	3%	3%
Конденсация дымовых газов	Да	Да	Да	Да
Увлажнение воздуха сгорания	Нет	Да	Да	Да
Тип очистки дымовых газов	Влажный	Сушить	Сушить	Сушить
снижение NOx (малый и средний размер)	СНКВ	СНКВ	СНКВ	СНКВ
снижение NOx (крупные объекты)	СНКВ	СНКВ	СКВ	СКВ

Общий КПД установок с конденсацией дымовых газов рассчитывается при условии "прямой конденсации", когда конденсационная теплота рекуперируется непосредственно с имеющейся РТ-водой без использования тепловых насосов.

Станции РТ разделяют базовые допущения с КУ станциями, за исключением того, что параметры живого пара не применимы, и потери, связанные с паровой системой и турбиной/генератором, не существуют для этих станций.

На некоторых установках рекуперация тепла конденсации увеличивается за счет охлаждения дымовых газов, обычно до 30°C с помощью тепловых насосов. В технических паспортах в строке "Дополнительный тепловой потенциал теплового насоса (%)" содержится дополнительная теплота, которую тепловой насос будет улавливать из отработанных газов путем охлаждения до 30°C. Выработанное таким образом дополнительное тепло - это сумма этого рекуперированного количества тепла и любой внешней движущей энергии (электричества или пара), подаваемой для привода теплового насоса. Коэффициент полезного действия, приведенный в таблицах данных, не включает вклад от конденсации, приводимой в действие тепловым насосом, а инвестиции в тепловые насосы не включены в перечисленные инвестиции.

Потеря мощности, вызванная потреблением пара тепловыми насосами, специфична для данной системы и не может быть представлена здесь в табличной форме. Если бы вместо этого использовались тепловые насосы с электрическим приводом, то потерь выработки электроэнергии можно было бы избежать, но вместо этого тепловой насос сам потреблял бы энергию.

### **Определение общей энергоэффективности с помощью конденсации дымовых газов**

Конденсация дымовых газов - это технология, которая может значительно повысить тепловую эффективность биомассы и установок WtE за счет рекуперации тепла конденсации из водяного пара в дымовых газах.

Тепло конденсации не включается в определение нижней теплоты сгорания, НТС, которая обычно используется в Европе в качестве основы для определения потребляемой энергии. Таким образом, общий КПД, основанный на НТС на установках с конденсацией дымовых газов, может превышать 100%. Кроме того, при использовании НТС в качестве основы общий КПД таких установок может значительно отличаться для разных видов топлива с разным составом и содержанием влаги.

Для конденсации дымовых газов соответствующим определением теплоты сгорания для описания рекуперации тепла и общей эффективности установки является более высокая теплота сгорания (ВТС), которая учитывает потенциал рекуперации энергии из конденсации. Таким образом, в специальном разделе ниже необходимо сделать ссылку на ВТС. Остальные разделы технологических данных, а также все таблицы данных будут относиться только к обычной НТС. Общий КПД, основанный на принципе ВТС для данной установки с конденсацией дымовых газов, практически одинаков для любого топлива, когда дымовые газы охлаждаются, а водяной пар конденсируется до определенной температуры. Общий КПД с конденсацией дымовых газов в системе ВТС зависит, главным образом, от температуры возвратной воды DH, которая используется для рекуперации низкотемпературного тепла посредством теплообмена.

На рисунке ниже показан общий валовой КПД на основе НВВ для типичных заводов по производству биомассы и водопотребления. Эта кривая обычно применима к таким станциям, как для ТЭЦ, так и для конфигураций, использующих только тепло. Биомассовые установки с конденсацией дымовых газов имеют немного более высокую валовую эффективность на основе НВВ, потому что они обычно работают с более низкими коэффициентами избыточного воздуха и имеют более низкие потери золы, чем установки WtE. Показатели эффективности пунктирных котлов на рисунке показывают нижний предел КПД без конденсации, который является специфическим для топлива. В качестве примера была выбрана древесная щепа, чтобы дать низкий нижний предел.

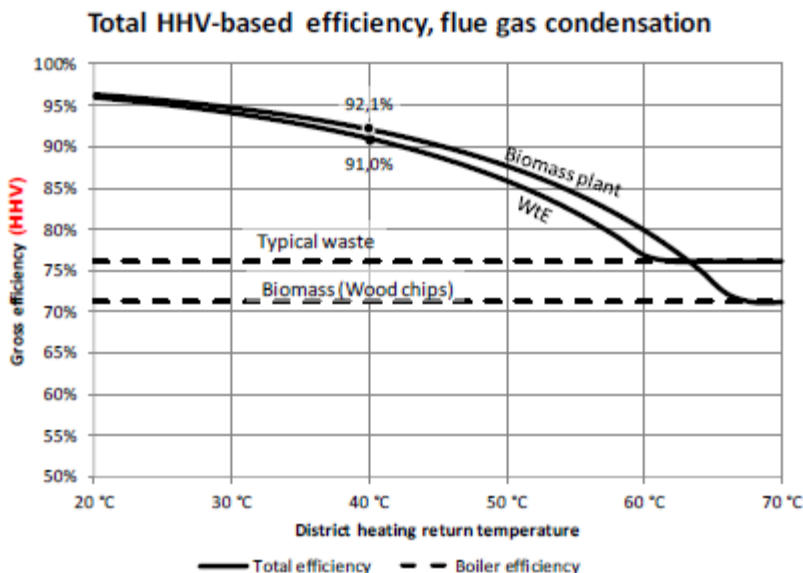


Рисунок 13: Оценка общей эффективности на основе ТВН для установок WtE и установок биомассы с учетом изменяющихся температур возврата РН - или температуры холодной среды теплового насоса

Этот показатель может быть использован в общем случае с хорошей точностью для оценки общей эффективности (на основе ВТС) установки WtE или установки на твердой биомассе, оборудованной конденсацией дымовых газов, только на основе доступной температуры возврата РТ. Эта оценка действительна даже для предельной эффективности отдельных фракций отходов, таких как органические отходы, бумага, пластмассы и т.д. Переход к обычному общему КПД, основанному на НТС, является простым. Например, типичные твердые бытовые отходы с НТС 10,6 МДж/кг и ВТС 12,2 МДж/кг, обработанные на заводе с конденсацией дымовых газов, подаваемых с водой ДН 40°C, согласно этой цифре, будут иметь суммарный КПД 91,0%, основанный на ВТС. Это может быть рассчитано на основе НТС валового суммарного коэффициента полезного действия как:  $91,0\% \cdot 12,2 \text{ МДж/кг} / 10,6 \text{ МДж/кг} = 104,7\%$ . Для влажных органических отходов с ВТС 6,5 МДж/кг и НТС 4,4 МДж/кг, обработанных на одной и той же установке, общая валовая энергоэффективность будет  $91,0\% \cdot 6,5 \text{ МДж/кг} / 4,4 \text{ МДж/кг} = 134,9\%$ . В таблице ниже приведены примеры валового суммарного КПД, рассчитанного одинаковым образом для различных видов топлива на станциях WtE и биомассы, подключенных к сетям РТ с возвратной температурой 50°C, 40°C и 30°C.

Таблица 8: Общий валовой КПД для различных видов топлива на заводах, работающих на биомассе и отходах, с доступом к различным температурам возврата РТ с использованием конденсации дымовых газов.

Общий общий КПД с конденсацией дымовых газов	Ценность нагрева		Общий КПД (НТС)		
	НТС [MJ/kg]	ВТС [MJ/kg]	РТ 50°C	РТ 40°C	РТ 30°C
<b>Топливо или его фракция</b>					
<b>Конфигурация WtE КПД котла ВТС</b>			<b>85.8%</b>	<b>91.0%</b>	<b>94.1%</b>
Смешанные отходы 10,6 ГДж/т (влажность 31%)	10.6	12.2	98.8%	104.7%	108.3%
Органические отходы (70% влажность)	4.4	6.5	127.3%	134.9%	139.5%
Зеленые отходы (50% влажности)	9.5	11.5	103.4%	109.6%	113.3%
Документ	11.1	12.6	97.4%	103.3%	106.8%
Пластиковый	35.0	37.5	91.9%	97.5%	100.8%
<b>Конфигурация биомассы Эффективность котла ВТС</b>			<b>87.7%</b>	<b>92.1%</b>	<b>94.7%</b>
Древесная стружка (50% влажности)	8.1	10.0	107.7%	113.1%	116.3%
Древесная стружка (40% влажности)	10.3	12.0	102.5%	107.7%	110.8%

Древесные гранулы (5% влажность)	17.7	19.0	94.3%	99.0%	101.9%
Солома (11% влажности)	15.0	16.4	95.8%	100.6%	103.5%

Большие тепловые насосы могут быть установлены для подачи охлаждающей воды конденсатора при еще более низких температурах, чем температура рециркуляции ДН, с целью дальнейшего увеличения рекуперации тепла. В этих случаях общий КПД все еще можно определить по приведенному выше рисунку, заменив температуру обратного РН по оси x на (более низкую) температуру охлажденной воды от теплового насоса. Использование теплового насоса для расширения конденсации дымовых газов рассматривается как дополнение, осуществимость которого оценивается как отдельный проект (см. технологическую документацию по тепловым насосам). Тепловой насос представляет собой большую часть необходимых дополнительных инвестиций.

Еще более высокий общий КПД может быть достигнут за счет рекуперации тепла от охлаждения компонентов установки, которое обычно теряется. Для этого потребуется использование тепловых насосов.

Все коэффициенты полезного действия в основных таблицах данных всех технологических карт приведены на основе обычной базы НТС для специально предполагаемого состава отходов и биомассы. Учитывая другие составы отходов или биомассы, общая эффективность на станциях с конденсацией дымовых газов гораздо точнее оценивается с помощью таблицы или процедуры, описанной выше, для данного топлива. Энергоэффективность, однако, должна быть взята непосредственно из технологических паспортов, так как конденсация дымовых газов на нее не оказывает существенного влияния.

## Финансовые данные

### Инвестиции

CAPEX основывается на строительстве с нуля, а инвестиционные затраты включают в себя инжиниринг, закупки и строительство, при этом для достижения завода "под ключ" выбирается лот-ориентированный тендерный подход.

Ценовая привязка и распределение стоимости между номинальной стоимостью контракта и стоимостью проекта основаны на тендерах, проводимых относительно большими лотами, включая отдельный лот "строительных работ" и 3 крупных лота МиО, например, печь/котел, очистка дымовых газов и турбина/генератор. Могут существовать несколько небольших лотов, которые составят баланс станции. Типичная стоимость "строительных работ" составляет 30% от общей стоимости строительства, а стоимость проекта обычно составляет 15% от общей стоимости строительства (общая стоимость строительства без учета стоимости проекта).

Стоимость проекта включает в себя:

- Организация владельца
- Гонорары владельцев или консультантов, связанные с закупками, проектированием, строительством и пуско-наладочными работами.
- Страховки
- Условия
- Хеджирование валютных курсов, связанных с контрактами
- Коммунальные подключения и т.д. (электроэнергия, вода, районное теплоснабжение)
- Дороги, место для маневрирования и парковка на месте для персонала и посетителей
- Удобства для посетителей, основные для размещения школьных классов и тому подобное.
- Следующие не включены:
  - Отвод земли - и подготовка
  - Стоимость предварительного развития
  - Утверждения, экологические и другие

- Инфраструктура вне объекта (дороги, подключения к электросети, районные тепловые трубы, канализация)
- Расходы на финансирование, отличные от специально указанных выше
- Процентные платежи во время строительства
- Любые расходы, связанные с эксплуатацией после поглощения
- Элемент финансового риска, связанный с приобретением отходов (предполагается, что отходы доступны).
- Элемент финансового риска, связанный с продажей тепла и электроэнергии (возможность продажи электроэнергии считается доступной, а 100% продажа тепла считается доступной в отопительный сезон, 5 000 - 6 000 ч/г, но может быть ограничена в летний период)
- Снос существующих сооружений на месте
- Подготовка площадки, например, перемещение элементов инфраструктуры (например, газо-, водо- и тепло- и газопроводы, канализационные системы, электрические кабели и т.д.).
- Адаптация к ограниченным площадкам, например, к коричневым полевым растениям и строительству в непосредственной близости от цитат.
- Особые архитектурные особенности и дизайн.
- Особые удобства для посетителей, кроме основных.

Для EPC-контрактов, т.е. контрактов, в которых весь завод включает в себя инжиниринг и ввод в эксплуатацию в качестве проекта "под ключ", CAPEX оценивается примерно без изменений или несколько выше. Могут быть более высокие затраты на управление проектом Подрядчика и предполагаемые риски по сравнению с лот-ориентированным подходом, но особенно на небольших установках это может быть компенсировано экономией, если Подрядчик имеет опыт работы в тесном сотрудничестве с субпоставщиками. На крупных заводах владелец часто предпочитает закупать установку лотами, чтобы обеспечить контроль над технической спецификацией и выполнением основных подсистем и строительных работ. В таких случаях использование EPC-контракта может привести к дополнительным затратам. Стоимость также зависит от распределения рисков и деталей технического описания тендерной документации.

В итоге дополнительные затраты по контракту EPC оцениваются в 0-10%. Это относится только к лот-ориентированному подходу по сравнению с EPC-контрактом при строительстве завода. Подход по контракту не должен затрагивать права собственности на завод, ответственность владельца за эксплуатацию и другие элементы риска, описанные выше.

Сравнение станций, работающих только на тепло (НОР) с КУ станциями покажет относительно большую разницу в инвестиционных затратах, выраженных в \$US/МВт. Это потому, что CAPEX для КУ станций будет включать паровой бойлер с соответствующими системами высокого давления, паровую турбину с вспомогательным оборудованием, генератор с повышающим трансформатором, распределительный пункт, систему управления и т.д. и здание паровой турбины/генератора, которое не требуется для КУ.

Кроме того, при сравнении инвестиционных затрат, выраженных в \$US/MW затрат для той же категории, например, древесная щепа, обожженная НОР, это покажет тенденцию к снижению по мере увеличения размера единицы продукции, и снижение будет, как правило, наибольшим для малых станций до, скажем, 30-40 МВт мощности, после чего она будет равняться почти постоянной цифре.

На инвестиционные затраты также влияют законодательные требования по выбросам в атмосферу, которые будут смещаться в зависимости от потребляемой тепловой энергии. Для установок, работающих на биомассе, более строгие требования вступают в силу, когда потребляемая мощность составляет 50 МВт или выше, что потребует более сложного оборудования для очистки дымовых газов, а также может привести к увеличению затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание.

## Эксплуатация и техническое обслуживание

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание состоят из следующих компонентов в связи с их зависимостью от растительного производства:

### Переменная ЭИТО:

- Расходные материалы (вода, смазочные материалы, масла, химикаты, присадки, абсорбенты и т.д.).
- Сбросные заряды для удаления конденсата из конденсатора дымовых газов
- Потребление электроэнергии (освещение исключено, так как это выглядит как вспомогательное потребление электроэнергии)
- Временный персонал
- Другое

### Исправлена ошибка:

- Административные расходы, испытания (например, НИОКР, офисное оборудование и посуда, коммунальные услуги, транспортные средства, уборка и т.д.).
- Оперативный персонал
- Технический персонал
- Плановые и незапланированные расходы на техническое обслуживание (запасные и быстроизнашивающиеся части, инструменты и строительные леса, внешняя рабочая сила и т.д.).
- Сервисные договоры
- Налоги на недвижимость
- Сетевые и системные расходы
- Страховки
- Другое

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание представляют собой сметы высокого уровня, основанные на опыте, а не на детальном анализе элементов затрат, приведенных в вышеприведенных списках. Что касается оценок CAPEX, то предполагается, что затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание для нового месторождения, отдельного завода, что означает, что любые ресурсы или объекты, которые потенциально могут быть использованы совместно с другими подразделениями, не принимаются во внимание. В случае заводов, созданных как расширение существующих и аналогичных заводов, где совместное использование персонала, объектов по эксплуатации и техническому обслуживанию и частично беспилотная/дистанционная эксплуатация являются хорошими возможностями, может быть достигнуто значительное сокращение затрат, но такие случаи должны быть проанализированы в индивидуальном порядке для количественной оценки.

Фиксированные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оцениваются со следующими элементами:

- фиксированная стоимость обслуживания технологической установки (МиО), рассчитываемая как 2% годовых от МиО CAPEX
- фиксированная стоимость обслуживания для гражданских сооружений, рассчитанная как 1% годовых от гражданских CAPEX,
- другие фиксированные расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание оцениваются индивидуально для всех сценариев,
- Стационарный персонал для автономного завода с постоянным обслуживанием диспетчерского пункта, включая административно-хозяйственные задачи персонала.

Переменные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оцениваются со следующими элементами:

- расходные материалы, используемые для конкретного случая,
- сметные расходы на утилизацию избыточного рекуперированного конденсата из конденсатора дымовых газов,
- другие переменные расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание в конкретном случае, покрывающие остальные расходы из приведенного выше списка.



Избыточный рекуперированный конденсат включен в таблицы данных и включен в состав переменных операционных затрат из расчета 1 \$US за тонну воды. Переменная себестоимость очень сильно зависит от возможностей, имеющихся на месте. Она может быть равна нулю, если внутреннее или внешнее использование может быть не по назначению, или если возможен сброс в море (или другой получатель). В случае сброса в местную общественную канализационную систему, цена устройства зависит от местных возможностей и годового объема. Обычно она находится в диапазоне 1,5-4 \$US за тонну воды.

DRAFT

## МНП ТЭЦ и НГОУ

---

### Краткое описание технологии

Заводы WtE сжигают отходы и производят энергию. Котельная производит только тепло, в то время как ТЭЦ также производит электричество.

Технология конденсации дымовых газов применяется на заводах WtE в Европе с 2004 года. Она восстанавливает теплоту конденсации содержания дымовых газов в водяном паре. Тепло, т.е. рекуперируется как низкотемпературная теплота и тем самым увеличивает энергетическую эффективность на 10-25% дополнительных пунктов для смешанных отходов.

### Вход

Топливо, используемое на заводах WtE, включает в себя в основном твердые бытовые отходы (ТБО) и другие горючие неперерабатываемые отходы. Биомасса может использоваться главным образом для запуска и закрытия. Кроме того, в качестве топлива может использоваться топливо, полученное из отказных источников (RDF). Другие виды топлива включают газойль или природный газ для горелок, используемых главным образом для запуска.

Топливо, отходы, характеризуются гетерогенностью с большими вариациями по внешнему виду, теплотворной способности и химическому составу. Теплотворная способность отходов, подаваемых в печь, является результатом контролируемого смешивания имеющихся источников отходов, подаваемых в бункер установки WtE. Она обычно находится в диапазоне 7-15 МДж/кг, обычно в среднем 10-11 МДж/кг, что относится к более низкой теплоте сгорания, НТС.

На теплотворность отходов, получаемых на установках WtE, может влиять повышенное внимание к переработке, которая, с одной стороны, может перенаправлять органические отходы с относительно низкой теплотворностью, а с другой стороны, - пластмассы, бумагу и древесину с относительно высокой теплотворностью.

### Выход

Продукты ТЭЦ WtE представляют собой электричество и тепло в виде пара, горячей (> 110°C) или теплой (< 110°C) воды.

Выходом из WtE НОР является горячая вода для централизованного теплоснабжения или пар низкого давления для промышленных целей. Энергоэффективность установки WtE повысилась за последнее десятилетие благодаря концентрации внимания на управлении процессом сгорания, ограничению температуры дымовых газов на выходе из котла и избыточного уровня воздуха, а также благодаря более широкому использованию конденсации дымовых газов. Общая энергоэффективность идентична для тепловых и когенерационных станций, за исключением того, что для НОР некоторые незначительные потери тепла в генераторе и турбинном редукторе когенерационной станции избегаются. Таким образом, производство тепла из ГЭС идентично (или немного выше), чем сумма произведенного электричества и тепла из эквивалентной КУ станции.

В случае конденсации дымовых газов избыточный конденсат (который составляет до 50% от массы отходов) может быть преобразован в высококачественную воду, полезную для технических целей, таких как котельная вода или для покрытия потерь воды в районной теплосети.

### Типичные возможности

Производительность установки WtE, как правило, находится в диапазоне 10 - 35 тонн отходов в час, что соответствует тепловой мощности прилб. 30 - 110 МВт. Мощность печи при текущем состоянии развития ограничена примерно 120 МВт тепловой мощности.

Надгорные станции типа WtE, как правило, относительно небольшие, с производительностью 5 - 15 тонн отходов в час, что соответствует тепловому вводу в диапазоне 15 - 50 МВт.

Первоначальные затраты на ТЭЦ WtE настолько высоки, что небольшие станции (< 5-10 тонн отходов в час) редко бывают финансово привлекательными. Типичная производственная линия имеет производительность 10-35 тонн отходов/час. При необходимости устанавливаются дополнительные линии. В Скандинавии ТЭЦ обычно расположены вблизи крупных городов с централизованным теплоснабжением и предназначены для переработки отходов, образующихся в непосредственной близости. В периоды, когда местные отходы образуются ниже мощностей по переработке, их можно дополнять отходами из других регионов, в том числе импортируемыми (в виде РДФ). Размер движущейся колосниковой решетки определяет верхний предел пропускной способности по массе отходов для каждой котельной (примерно 40 тонн отходов в час).

### **Способность регулирования**

КУ станции могут быть понижены до 70% от номинальной мощности. Ниже этого предела котел может быть не в состоянии обеспечить адекватное качество пара и соблюдение требования по высокотемпературному времени пребывания дымовых газов, ср. раздел окружающей среды. Установки WtE предпочтительно эксплуатировать в качестве базовой нагрузки в связи с большими первоначальными инвестициями, а также в связи с тем, что длительное хранение некоторых видов отходов является проблематичным, и поэтому они должны сжигаться непрерывно. Это также обеспечивает непрерывное районное теплоснабжение. Для поддержания мощности по переработке отходов (и теплоснабжения) во время перебоев установки WtE иногда строятся в виде 2 (или более) параллельных линий вместо одной крупной установки в зависимости от альтернативных вариантов утилизации отходов.

Большинство объектов КУ построены с полностью гибким и быстро реагирующим производством электричества, что означает, что турбина может быть взята в эксплуатацию или выведена из эксплуатации с помощью байпаса турбины, который также может быть использован частично. Когда турбина выключена, мощность составляет 100% тепла для районного отопления, и работа печи/котла продолжается без изменений. Эксплуатация турбины обычно может поддерживаться на уровне около 15% от нагрузки, указанной на паспортной табличке.

### **Преимущества/недостатки**

Завод WtE - это не только энергетическая установка, но и многофункциональное предприятие. Основным назначением является обработка отходов, с помощью которой отходы стерилизуются, а их масса и объем значительно уменьшаются. По сравнению со свалкой и анаэробным сбраживанием WtE предотвращает выброс метана, мощного парникового газа, при обращении с отходами.

Восстановление энергии из отходов является главной особенностью рекуперации ресурсов в рамках системы круговой экономики для отходов. Она дает возможность восстанавливать ресурс из отходов, которые не поддаются вторичной переработке, например, загрязненные отходы, отходы от операций по вторичной переработке и отходы, которые слишком требовательны к переработке.

Процесс рекуперации энергии также предоставляет возможность извлечения вторичного сырья из отходов, таких как металлы, в конечном итоге заменяя первичные металлы, полученные из извлеченной металлической руды. Металлы (включая железо, сталь, алюминий и медь) извлекаются из донной золы. Металлы, содержащиеся в сложных отходах, которые в противном случае было бы трудно перерабатывать, могут быть переработаны после термической обработки на установке WtE. Оставшаяся шлаковая зола используется в качестве заполнителя при строительстве дорог. Кроме того, чистая вода может быть восстановлена в результате конденсации дымовых газов.

Недостатком является то, что образуется загрязненный коррозионный дымовой газ, требующий обширной обработки, и при обработке дымовых газов образуются остатки, которые обычно классифицируются как опасные отходы. Капитальные затраты относительно высоки из-за системы очистки дымовых газов, других экологических требований, неоднородности топлива и

коррозионных свойств дымовых газов. Коррозионная природа дымовых газов также ограничивает допустимые параметры пара приблизительно до 40 - 70 бар и 400 - 440°C и, следовательно, коэффициент полезного действия нетто составляет около 20 - 30%. Из-за агрессивных дымовых газов самые горячие части новых котлов часто покрываются дорогостоящими коррозионно-стойкими сплавами (инконель).

Основным преимуществом WtE НОР по сравнению с WtE ТЭЦ является более низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы.

Главным недостатком WtE НОР является отсутствие продажи электроэнергии и, следовательно, более низкие доходы от продажи энергии и более высокая зависимость от продажи энергии на местном рынке тепла.

### Окружающая среда

Воздействие на окружающую среду включает в себя выбросы в атмосферу и воду, шлаки и остатки, образующиеся при очистке дымовых газов, в том числе летучую золу. Донная зола, составляющая около 15 % от массы отходов, сортируется для рекуперации металлов с целью их утилизации и производства заполнителей для дорожного строительства.

Остатки очистки дымовых газов и летучая зола (всего около 2 - 4% от массы загружаемых отходов) обрабатываются, например, путем нейтрализации аналогичными кислотными остатками, и хранятся в геологически стабильном подземном хранилище, предназначенном для этой цели. Если дымовые газы обрабатываются мокрыми методами, может также произойти выход хлорсодержащих сточных вод, которые обрабатываются на заводе до чистоты, удовлетворяющей требованиям для сброса в муниципальную канализацию или в море. Сбрасываемая хлоридная соль заменяет осаждение большого количества твердых остатков.

С положительной стороны рекуперированная энергия замещает энергию, полученную из других ресурсов и выбросов от этого производства, а рекуперированные металлы заменяют металлургическое производство из первичной руды.

Избыточный конденсат от конденсации дымовых газов может рассматриваться как вторичное сырье, перерабатываемое для замены воды в технических целях, например, для покрытия потерь в сетях районного теплоснабжения, к которым подключена энергетическая система. Система конденсации дымовых газов обычно располагается ниже по течению от системы очистки дымовых газов, в результате чего при выходе из конденсатора образуется конденсат с низким содержанием солей и загрязняющих веществ. Конденсат можно далее обрабатывать электродеионизацией (EDI) и обратным осмосом для достижения качества, необходимого для его последующего использования или сброса в чувствительные водоприемники.

Выбросы в атмосферу в результате рекуперации энергии отходов должны соответствовать экологическому разрешению, устанавливающему предельные значения для ряда загрязняющих веществ, включая пыль, CO, общий органический углерод (TOC), HCl, SO<sub>2</sub>, HF, NO<sub>x</sub>, тяжелые металлы и диоксины/фураны.

Рекуперация энергии также включает в себя генерирование релевантных для климата выбросов, главным образом CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O. Метан, CH<sub>4</sub>, не выделяется в значительных количествах. Он уничтожается в процессе сжигания и его потенциальные выбросы включены в ограничительное предельное значение TOC.

Отходы - это смесь нейтральной с точки зрения выбросов CO<sub>2</sub> биомассы и продуктов ископаемого происхождения, которые в основном представляют собой пластмассы. Выброс CO<sub>2</sub> в результате рекуперации энергии из пластмасс определяется как ископаемый CO<sub>2</sub>, выбрасываемый из WtE-функции. Как правило, 32% ± 5% выбросов CO<sub>2</sub> происходят из ископаемых источников.

В целом, политические и экономические рамочные условия определяют лимиты на выбросы от WtE.

Ожидается, что техническое развитие технологии DeNOx и постепенное ужесточение требований к выбросам приведет к снижению выбросов NOx для новых установок.

Твердые остатки, образующиеся в результате обработки дымовых газов и сточных вод, обычно классифицируются как опасные отходы, и, как правило, их необходимо обрабатывать, прежде чем помещать в подземное хранилище для опасных отходов.

### Технические характеристики для заводов WtE

Общий КПД установок с конденсацией дымовых газов рассчитывается при условии "прямой конденсации", когда конденсационная теплота рекуперирована непосредственно с имеющейся РТ-водой без использования тепловых насосов.

Рекуперация тепла конденсации может быть увеличена путем дальнейшего охлаждения дымовых газов, обычно до 30°C с помощью тепловых насосов. В техническом паспорте в строке "Дополнительный тепловой потенциал теплового насоса (%)" указано дополнительное тепло, которое тепловой насос будет улавливать из отработанных газов путем охлаждения до 30°C. Выработанное таким образом дополнительное тепло - это сумма этого рекуперированного количества тепла и любой внешней движущей энергии (электричества или пара), подаваемой для привода теплового насоса.

### Технический паспорт 05 - WtE ТЭЦ, малый

<b>Малые отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, питание 35 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	8.0
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	22.7
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	21.6
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.9
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.29
Коэффициент C <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	1
Планируемый перерыв (недели в году)	3.3
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	2.5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	0.5
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	99.8
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	60
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0.1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	2.86
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	113,014
Переменная ЭиТО (\$US/MWh <sub>e</sub> )	7.14

### Технический паспорт 06 - Мощная ТЭЦ, носитель информации

Средние отходы для ТЭЦ, турбина противодавления, питание 80 МВт	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	18.6
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	23.3
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	22.1
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.9
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.30
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	1.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.9
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	1.6
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5.0
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20.0
Теплое время запуска (часы)	0.5
Время холодного запуска (часы)	2.0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	99.8
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	60
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0.1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1.0
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	2.54
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	73,810
Переменная ЭИТО (\$US/MWh <sub>e</sub> )	7.14

### Технические характеристики 07 - Мощная ТЭЦ, большая, 40/80°C обратная/впередняя температура

Крупные отходы на ТЭЦ, турбина противодавления, подача 220 МВт.	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	51.8
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	23.5
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	22.4
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.9
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.30
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	1.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.4
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	3.0
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	0.8
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5.0
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20.0
Теплое время запуска (часы)	0.5
Время холодного запуска (часы)	2.0
<b>Окружающая среда</b>	

<b>Крупные отходы на ТЭЦ, турбина противодавления, подача 220 МВт.</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	99.8
NOX (г на ГДж)	60
CH4 (г на ГДж)	0.1
N2O (г на ГДж)	1.0
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	2.21
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	53,119
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	19.36

### Технические характеристики 08 - Мощная ТЭЦ, большая, 50/100°C обратная/впередняя температура

<b>Крупные отходы на ТЭЦ, турбина противодавления, подача 220 МВт.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	46.8
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	21.3
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	20.2
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	3.0
Сb коэффициент (40°C/80°C)	0.28
Коэффициент Cv (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	1.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.4
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	3.0
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.9
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5.0
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20.0
Теплое время запуска (часы)	0.5
Время холодного запуска (часы)	2.0
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	99.8
NOX (г на ГДж)	60
CH4 (г на ГДж)	0.1
N2O (г на ГДж)	1.0
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	2.21
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	53,119
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	19.36

### Технический паспорт 09 - Отходы, Котельная

<b>Отходы в энергию, только РТ, 35 МВт котла.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Тепловая мощность для одного блока (МВт)	36.9
Общий тепловой КПД, нетто (%), см. Скорость, табличка с названием	105.6
Общий тепловой КПД, нетто (%), см. СУГ, среднегодовой	105.6
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.6
Принудительное отключение (%)	1
Планируемый перерыв (недели в году)	2.9

<b>Отходы в энергию, только РТ, 35 МВт корма.</b>	
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.54
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	1
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	70
Теплое время запуска (часы)	8
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	99.8
NOX (г на ГДж)	60
CH4 (г на ГДж)	0.1
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWth)	2.23
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWth/год)	99,583
Переменная Эито (\$US/MWh_heat вывод)	9.44



## Биомассовые ТЭЦ и ГЭС

---

### Краткое описание технологии

Преобразование энергии в ТЭЦ или НГОТ (ТЭЦ) биомассы - это сжигание древесной щепы из лесного хозяйства и/или деревообрабатывающей промышленности, древесных гранул или соломы. Основными техническими различиями между ними являются производство электричества, которое производится в ТЭЦ, но не в НГОЦ, и, как следствие, необходимые рабочие температуры.

Типичная реализация - сжигание в котле, работающем на биомассе и питающем паровую турбину. Энергия, вырабатываемая котлом, представляет собой либо горячую воду, используемую непосредственно для централизованного теплоснабжения, либо это может быть (пар высокого давления), распространяемый через турбину. Турбина является либо противодавлением, либо вытяжной турбиной.

В турбине противодействия расширение заканчивается в конденсаторах централизованного теплоснабжения под давлением appr. 0.4 бара, в вытяжном устройстве расширение расширяется до минимально возможного давления на аппликаторах. 0.025 бара, что обеспечивается водяным конденсатором. Вытяжной блок может работать как в режиме противодействия, так и в режиме конденсации, а также в любой комбинации между ними.

Применение конденсации дымовых газов для дальнейшей рекуперации энергии принято в котлах, работающих на биомассе с использованием сырья с высоким содержанием влаги, например, древесной щепы, за исключением небольших установок мощностью менее 1 - 2 МВт, что связано с дополнительными капитальными затратами и затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание. Установки без конденсации дымовых газов, как правило, предназначены для других видов топлива на биомассе с содержанием влаги менее 30%.

Однако конденсация дымовых газов возможна и при обжиге соломы. Конденсация дымовых газов может повысить эффективность примерно на 10% (при температуре обратного потока 40°C DH), что представляет собой повышение эффективности конденсации и температуры обратного потока по сравнению с предыдущими показателями в 5-10%.

Прямоугольные котлы, как правило, оснащены рукавным фильтром для очистки дымовых газов. Электрофильтры не так эффективно работают при обжиге соломы, как при обжиге древесины, из-за отложений, образующихся в соломе в виде солей.

Установки, работающие на соломе, должны быть оборудованы резервуарами для накопления тепла в связи с их неспособностью производить менее 40% полной нагрузки, как описано в разделе "Способность регулирования".

### завод ORC

Альтернативным типом завода являются заводы Органического Ранкина Цикла (заводы ORC). В этом случае (биомасса) котел используется для нагрева (без испарения) термического масла до температуры чуть выше 300°C. Это подогретое масло передает тепло в установку ORC, которая похожа на паровой цикл, но в качестве рабочей среды использует хладагент вместо воды.

Причина интереса к заводам ORC заключается в том, что такое оборудование поставляется в стандартизированных комплектных модулях по привлекательной цене, и в сочетании с "бойлером", который используется только для подогрева мазута, инвестиции являются относительно скромными.

Технология ORC - это технология рекуперации отработанного тепла, разработанная для производства электроэнергии при низкой температуре и низком давлении. Блок ORC является модулем заводской сборки - это делает их менее гибкими, но дешевыми. Это может сделать финансово привлекательным строительство небольших КУ. Часть "Ранкина" указывает на то, что

это технология, имеющая сходство с системами на основе водяного пара (Rankine). Основное различие заключается в использовании среды, т.е. хладагента или силиконового масла (органического соединения, которое может гореть, но не взрывается) с термодинамическими свойствами, что делает его более подходящим, чем вода, для производства электроэнергии при низких температурах.

## Вход

Входящее в состав топлива для заводов по производству биомассы в целом может быть описано как биомасса; например, остатки от деревообрабатывающей промышленности, древесная щепа (от лесного хозяйства), солома и энергетические культуры. В зависимости от технологии сжигания, сжигание может в целом применяться для исходного сырья биомассы со средним содержанием влаги до 60% для древесной щепы и до 25% для соломы. Здесь рассматриваются три типа исходного сырья биомассы: Древесная щепа, древесные гранулы и солома. Они сильно отличаются друг от друга (влажность, зернистость, зольность и состав, размолоспособность и плотность).

Иногда на заводе можно поменять топливо с одного вида биомассы на другой, но это должно быть четко гарантировано поставщиком завода. Ниже приведено широкое описание топлива из биомассы.

Древесина (особенно в виде щепы) обычно является наиболее благоприятной биомассой для сжигания из-за низкого содержания золы, азота и щелочных металлов, однако обычно с влажностью 45 % для щепы и менее 10 % для гранул. Травянистая биомасса, такая как солома, мискантус и другие однолетние/быстрорастущие культуры, имеет более высокое содержание К, N, Cl, S и т. д., что приводит к более высоким первичным выбросам NOx и твердых частиц, повышенному образованию золы, скорости коррозии и отложениям шлака.

Древесные отходы обычно поставляются в виде древесной щепы. Древесные отходы также могут поставляться в виде гранул. Во время производства гранул топливо высушивается до влажности ниже 10%. В дальнейшем, похоже, растет интерес к использованию других видов избыточной биомассы от промышленных производств, таких как виноградные заводы, производство оливкового масла, сахара и др.

Древесная щепа - это куски древесины 5-50 мм в направлении волокон, более длинные сучья (щепки) и мелкая фракция (мелочь). Описание качества основано на трех видах древесной щепы: Мелкие, грубые и сверхгрубые. Названия относятся только к распределению размеров, а не к качеству. Мелкие частицы, а также тонкие, длинные волокна могут вызвать проблемы (в случае, если котел использует топку колосниковой решетки). В нижеприведенной таблице можно увидеть некоторые типичные (коммерческие) требования к древесной щепе.

Таблица 9: Общие условия и коммерческие требования к древесным щепам

Имя	Держитесь за сито	Доля w%
Штрафы	<3 мм	<12
Маленький	3 < X < 8 мм	<25
Грубый	8 < X < 16 мм	Не требуется
Очень грубый	16 < X < 45 мм	Не требуется
Больше размера	45 < X < 63 мм	< 3
Более 10	> 63 мм	< 6
Более 20	100-200 мм длиной	< 1.5

Примечание: Типичные размеры в образце (см. также EN ISO 17225-1).

Концентрация золы не должна превышать 2% на сухой основе.

Древесная щепа с высоким содержанием влаги часто смешивается с сухой древесной стружкой. В небольших агрегатах при сжигании древесной щепы используется технология колосникового

топки, в то время как в некоторых более крупных агрегатах применяется технология котлов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) или пузырьковым кипящим слоем (ПКС).

Другими возможными видами топлива являются энергетические культуры (например, ива и тополь), а также отходы садово-паркового хозяйства. Качество топлива должно быть в центре внимания. Следует избегать мелких частиц, а также длинных тонких кусочков. Высокое содержание влаги, например, ивы, увеличит уровень содержания СО и частиц, поэтому либо ива должна иметь низкое содержание влаги, либо ее следует смешивать с другими видами топлива. Известно, что ива забирает кадмия из почвы и, таким образом, увеличивает концентрацию в золе. Количество поглощения кадмия зависит от того, где выращивается ива. Было обнаружено, что при сжигании тополя возникают проблемы в котле, такие как "попкорн". Измельченные отходы парка и сада должны быть хорошего качества с низким содержанием негорючих материалов, из-за риска блокировки колосниковой решетки. Поэтому трудные остатки биомассы часто используются на объектах WtE, имеющих доступную мощность.

Древесные гранулы изготавливаются из древесной щепы, опилок, древесной стружки и других отходов лесопильных предприятий и других производителей древесины. Древесные гранулы производятся в нескольких типах и сортах в качестве топлива для электростанций и РТ (низкий сорт), а также для жилых домов (высокий сорт). Пеллеты чрезвычайно плотны (до удвоения плотности основного материала) и могут производиться с низким содержанием влаги (менее 5% для высококачественной продукции), что обеспечивает простоту обращения (включая длительное хранение) и высокую эффективность сгорания. При увлажнении гранулы склонны к самовоспламенению. При механической обработке, такой как конвейерная транспортировка, гранулы могут разбиться (или распасться) и высвободить пыль; эта пыль является взрывоопасной и поэтому представляет серьезную опасность. Установки, использующие древесные гранулы или стружку, должны обеспечивать устойчивость топлива. Как распад щепы в молотковых мельницах, так и последующая сушка требуют энергии, которая должна поступать из неископаемых источников (например, сама древесина). Древесные гранулы сжигаются в более крупных ТЭЦ с помощью модифицированных угольных горелок и мельниц. Угольная зола обычно сжигается совместно с древесными гранулами, добавляя около 5% корма для поглощения щелочных металлов и серы из дымовых газов. Угольная зола оказывает хорошее влияние на минимизацию шлакования и отложений, а также на эффективность и срок службы катализатора СКВ.

Солома является побочным продуктом выращивания товарных культур, в Северной Европе в основном зерна, рапса и других семян. Солома часто поставляется в виде больших прямоугольных тюков (тюки Hesston), обычно по 500 - 750 кг каждый, или MIDI тюков (400 - 800 кг каждый) из хранилищ на фермах до заводов РТ и т.д. в течение года в соответствии с заключенными договорами на поставку соломы. MIDI рулоны меньше по размеру, поэтому транспортировка может осуществляться в 3 слоя. Однако плотность выше. Не все заводы имеют систему обработки таких тюков.

## Выход

Продуктами ТЭЦ, работающих на биомассе, являются электричество и тепло в виде пара, горячая (> 110°C) или теплая (< 110°C) вода в виде централизованного тепла.

Выходом из биомассы НОР является горячая вода для централизованного теплоснабжения или пар низкого давления для промышленных целей. Общая энергоэффективность идентична для тепловых и когенерационных станций, за исключением того, что исключаются некоторые незначительные потери тепла в генераторе и турборедукторе ТЭЦ. Таким образом, производство тепла из ГЭС идентично (или немного выше), чем сумма произведенного электричества и тепла из эквивалентной КУ станции.

В случае конденсации дымовых газов избыточный конденсат может быть повышен до высокого качества воды, полезной для технических целей, таких как котельная вода или для покрытия потерь воды в сети централизованного теплоснабжения.

### Типичные возможности

Крупномасштабная ТЭЦ: > 100 МВт<sub>вход</sub> (~> 25 МВтэ)

Среднемасштабная ТЭЦ: 25 - 100 МВт<sub>на входе</sub> (~ 6 - 25 МВтэ)

Маленькая КУ: 1 - 25 МВт<sub>вход</sub> (~ 0.1 - 6 МВтэ)

Мощности ТЭЦ по снабжению теплом систем централизованного теплоснабжения в первую очередь определяются потребностями в тепле. Большинство станций оснащены установкой для временного обхода турбины с целью увеличения производства тепла за счет потери выработки электроэнергии; байпас используется чаще, чем 10-20 лет назад.

Для биомассы НСД типовая мощность составляет 1 - 50 МВт<sub>на входе</sub>.

### Способность регулирования

КУ могут работать в большом диапазоне (от 20% до 100% для одноразовых котлов, работающих на подвеске). Биомассовые установки с бойлерами барабанного типа (типичные для колосниковых бойлеров) могут работать в диапазоне от 40 до 100% нагрузки.

Нижний предел диапазона определяется способностью генерировать перегретый пар при требуемой температуре для работы турбины и получения разумного КПД электроэнергии. Только для производства тепла котел может перейти на более низкую нагрузку. Диапазон КУ, вероятно, немного расширится в будущем, но технология, похоже, имеет ограничения.

Большие установки могут быть спроектированы для опциональной работы в режиме чистого электричества (конденсационный режим) с несколько более высоким электрическим КПД, но без производства тепла. Конденсационная способность в основном проявляется в крупных установках мощностью более 130 МВт и в настоящее время используется в основном в крупных установках на пылеугольном топливе (PF).

ТЭЦ, с добычей и без добычи, способны обеспечивать как первичную, так и вторичную нагрузку. Хотя и несколько медленнее, чем угольные ТЭЦ сопоставимых размеров.

Типичные дровяные НОР'ы регулируются на 25 - 100% полной мощности. Лучшие технологии могут регулироваться на 10 - 120% с содержанием влаги не более 35%.

Навесы, обжигаемые соломой, не должны эксплуатироваться ниже 40% полной нагрузки из-за норм выбросов. Соответственно, установки, работающие на соломе, должны быть оборудованы теплоаккумулирующим резервуаром, обеспечивающим оптимальные условия эксплуатации.

### Преимущества/недостатки

Экстракционные агрегаты имеют возможность оптимизировать производство электроэнергии, когда этого требует рынок, т.е. когда призовая мощность высока. Дополнительная мощность может быть произведена, особенно в более теплые периоды, когда потребность в тепле низка.

Некоторые ресурсы биомассы, в частности солома, содержат высококоррозионные компоненты, такие как хлор, который вместе с калием образует отложения, которые одновременно являются коррозионными и ограничивают поглощение тепла. Для того чтобы избежать или уменьшить риск образования шлака и коррозии, производители котлов традиционно воздерживаются от использования такого же давления/температуры пара на биомассовых установках, как на угольных. Однако достижения в области материалов и конструкции котлов позволили новейшим станциям получать достаточно высокие данные по давлению пара и энергоэффективности. Котлы, работающие на соломе, могут работать при температуре до 540°C, а котлы, работающие на дровах, - при температуре чуть выше 560°C. В большинстве случаев технические ограничения несколько превышают экономически целесообразные. Наличие подходящих паровых турбин может ограничить температуру пара для установок меньших размеров.

## Требования к площади

Как правило, в данной главе все исследуемые заводы по производству биомассы проектируются и оцениваются по цене с использованием небольшого хранилища топлива. Обычно оно рассчитано на два дня работы при полной загрузке. Размер хранилища для некоторых видов топлива оказывает значительное влияние на полностью требуемую площадь (площадь), а также может оказать серьезное влияние на общий объем CAPEX; чтобы избежать этого влияния, хранилище хранится в небольшом размере. Для того, чтобы рассчитать CAPEX для различных размеров хранилища, таблицы содержат запись под названием "Удельные затраты на хранение топлива, превышающие 2 дня (M\$US/MBT входа/дня хранения) для топлива биомассы.

Площадь, которая будет использоваться для зданий, содержащих технологическое оборудование, оценивается различными способами. Независимо от размеров завода, добавляется очень мало дополнительной площади, например, для администрации, столовой, гаражей, рабочего цеха и т.д. Кроме того, часть дополнительной площади будет использована для обработки других видов топлива, маневрирования и взвешивания грузовых автомобилей, парковки транспортных средств, дорог и других свободных площадей. В целом, обеспечен разумный процент использования площади.

Крупнейшие растения (древесная щепа и гранулы) настолько велики, что наиболее подходящим является портовый объект, что является существенной добавкой к затратам. Этот элемент не включен ни в требования к площади, ни в стоимость в таблицах данных. Другие объекты инфраструктуры, такие как железная дорога для транспортировки топлива, не учитываются.

Вытяжные устройства по сравнению с устройствами противодавления потребуют дополнительного пространства для дополнительных обогревателей, конденсаторов и каналов и/или труб охлаждающей воды.

## Окружающая среда

Основными экологическими последствиями сжигания биомассы являются стойкая токсичность, изменение климата (потенциал ПГ) и подкисление. Однако эти следы считаются незначительными. Тем не менее, это является предметом как серьезной озабоченности, так и обсуждения. К этому добавляется также озабоченность по поводу устойчивости использования, в частности, древесноподобной биомассы для производства электроэнергии. В настоящем каталоге не ставится цель инициировать такое обсуждение, а лишь упоминается, что заводы, работающие на биомассе, могут значительно сократить выбросы ПГ по сравнению с заводами, работающими на ископаемом топливе, однако вопрос о том, является ли это ресурсосберегающее решение в глобальном масштабе жизнеспособным в долгосрочной перспективе, все еще обсуждается.

Современные системы очистки дымовых газов, как правило, включают в себя следующие процессы: DeNOx - впрыск аммиака (СНКВ) или каталитический (СКВ), улавливание SO<sub>2</sub> путем впрыска извести или использование другой системы поглощения SO<sub>2</sub>, удаление пыли с помощью рукавных фильтров.

Выбросы NO<sub>x</sub> могут быть снижены, примерно на 60 - 70%, за счет селективного некаталитического восстановления (СНКВ) на котлах, работающих на древесной щепе, и на 30-40% на котлах, работающих на соломе. Выбросы NO<sub>x</sub> могут быть снижены на 80 - 90% селективным катализатором (СКВ). СНКВ является относительно недорогим решением, но оно не обязательно применимо для котлов, подверженных большим колебаниям нагрузки и построенных с высокими скоростями охлаждения и супернагревателями в области, наиболее подходящей для впрыска аммиака. Решение СКВ требует установки катализатора, который может находиться либо в высокотемпературном месте рядом с котлом или в котле (после фильтра для удаления частиц), либо это может быть гораздо более дорогостоящим решением на хвостовом конце, требующим повторного подогрева дымовых газов. Для топлива с высокой концентрацией щелочи и металла (в основном калия) предпочтительным является хвостовой раствор, чтобы избежать отравления катализатора, которое может быстро снизить его активность, однако некоторые установки с

высоким содержанием пыли СКВ могут использовать эти виды топлива при условии, что они смешиваются с другими видами топлива с низким содержанием щёлочи и металла.

В связи со стоимостью катализатора СКВ используется в основном на крупных объектах. Предельные значения выбросов NOx также ниже для крупных установок, что дает дополнительный стимул к использованию СКВ. СКВ редко используется в НГОП из-за их относительно небольшого размера и способности достигать значений ниже предельных значений выбросов NOx без использования СКВ.

Ожидается, что в будущем предельные значения для выбросов NOx будут постепенно ужесточаться. Технология с точки зрения управления процессом сгорания, конструкции котлов и усовершенствования технологии СНКВ может избавить от необходимости СКВ, но, тем не менее, ожидается, что в будущем применение СКВ будет расширяться.

Это отражено в технических паспортах путем добавления стоимости хвостовой части DeNOx к средним (и более крупным) заводам в определенный момент в будущем. Применение СКЛ в соответствующих сценариях показано в примечаниях.

Десульфурация не является большой проблемой при обжиге древесины из-за низкого содержания серы в топливе. Типичное содержание серы в древесине составляет 0,04 г/ГДж (на сухой основе), которое использовалось в таблицах, а образующаяся SO<sub>2</sub> в значительной степени принимается вместе с золой и другими загрязняющими веществами (например, HCl и ртуть) фильтрами для очистки от частиц в сочетании с конденсацией дымовых газов. Исходя из этого, ожидается, что большинство заводов производят очень низкие выбросы SO<sub>2</sub> до 2 г/ГДж. Установки будут построены без мокрых скребков, единственной целью которых является очистка дымовых газов, так как они не нужны для выполнения экологических требований. Кроме того, благодаря низкому содержанию серы скрубберы практически не выделяют гипс. Если в установке нет конденсатора дымовых газов, ожидается, что диоксид серы будет улавливаться в рукавном фильтре, в сухом процессе, при впрыскивании небольшого количества гидратированной извести. В установке с конденсатором дымовых газов большая часть диоксида серы будет улавливаться здесь. Конденсатор дымовых газов может действовать как мокрый скруббер при добавлении извести или гидроксида натрия в циркулирующую воду.

Будущие заводы выше определенной мощности должны иметь мониторинг выбросов ртути в атмосферу, рт. ст.

Как правило, в установках, работающих на соломе, рт.ст. не представляет проблемы, так как рт.ст. окисляется хлором в топливе и улавливается в рукавном фильтре. Установки, сжигающие древесину, могут иметь проблемы с рт.ст., если они сжигают древесную стружку из определенных регионов и очищают дымовые газы только электростатическим фильтром ЭФ.

Биомассовые установки производят 4 (четыре) сорта остатков: Дымовые газы, летучая зола, шлаковая зола и, возможно, конденсат от конденсации дымовых газов.

Вся шлаковая зола и большая часть летучей золы от сжигания соломы перерабатывается в сельскохозяйственные угодья в качестве удобрения.

Часто зола от сжигания древесины откладывается на свалках, а часть шлака используется в качестве удобрения. В настоящее время ведутся исследования по соблюдению экологических нормативов при утилизации золы в леса. Шахтная зола с относительно высоким содержанием кадмия не может быть использована в качестве удобрения. Угольная зола, если ее использовать в качестве добавки, сделает невозможным использование золы в качестве удобрения, но откроет возможность ее использования в качестве угольной золы при производстве цемента и бетона.

Конденсатная вода, образующаяся в результате обжига дерева, как правило, обрабатывается для удаления тяжелых металлов, в частности кадмия, так что ее содержание достигает 3 миллиграммов на м<sup>3</sup>, или уровня, необходимого для ее сброса, которым обычно является местная коммунальная канализационная система. Очистка может включать регулирование pH, добавление полимеров и флокулянтов, а также использование ленточных фильтров для отделения

образующегося осадка. Осадок, образовавшийся в результате обработки (осадок), должен быть вывезен на безопасное полигон ТБО.

Конденсат от сжигания соломы может быть достаточно чистым для удаления без очистки, так как почти весь кадмий удерживается с летучей золой в рукавном фильтре.

### Технические паспорта для биомассы

Данные по растениям, использующим биомассу, представлены ниже. Во-первых, представлены данные для КУ.

Большие блоки противодавления показаны с двумя разными температурными установками (обратная и прямая температура сети централизованного теплоснабжения):

- 40/80°C - соответствует заводу, подключенному к распределительной сети.
- 50/100°C - соответствует заводу, подключенному к сети передачи.

Кроме того, представлены данные по крупным добывающим предприятиям, работающим на древесной щепе и древесных гранулах. Наконец, представлены данные по НОР-растениям.

Общий КПД установок с конденсацией дымовых газов рассчитывается при условии "прямой конденсации", когда конденсационная теплота рекуперирована непосредственно с имеющейся РТ-водой без использования тепловых насосов.

Рекуперация тепла конденсации может быть увеличена путем дальнейшего охлаждения дымовых газов, обычно до 30°C с помощью тепловых насосов. В техническом паспорте в строке "Дополнительный тепловой потенциал теплового насоса (%)" указано дополнительное тепло, которое тепловой насос будет улавливать из отработанных газов путем охлаждения до 30°C. Выработанное таким образом дополнительное тепло - это сумма этого рекуперированного количества тепла и любой внешней движущей энергии (электричества или пара), подаваемой для привода теплового насоса.

### Технический паспорт 10 - Древесная щепа ТЭЦ, малая

<b>Малая древесная щепа ТЭЦ, 20 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	2.9
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	14.7
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	13.9
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.7
С <sub>b</sub> коэффициент (40°C/80°C)	0.15
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	1
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	0.7
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.0

<b>Малая древесная щепа ТЭЦ, 20 МВт питания</b>	
NOX (г на ГДж)	60
CH4 (г на ГДж)	10
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.13
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	49,852
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	1.69

### Технический паспорт 11 - Древесная щепа ТЭЦ, средняя

<b>ТЭЦ со средней древесной щепой, 80 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	23.8
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	29.7
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	28.2
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	3.0
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.37
Коэффициент Cv (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.21
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	8
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	98.0
NOX (г на ГДж)	60
CH4 (г на ГДж)	2
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.27
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	53,724
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	1.57

### Технические характеристики 12 - Древесная стружка ТЭЦ, большая, 40/80°C обратная/впередняя температура

<b>Большая древесная щепа ТЭЦ, 600 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	182.6
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	30.4
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	28.9
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.9
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.37
Коэффициент Cv (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3



<b>Большая древесная щепа ТЭЦ, 600 МВт питания</b>	
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.08
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	45
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	98.0
NOX (г на ГДж)	20
CH4 (г на ГДж)	2
N2O (г на ГДж)	8
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.21
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	34,848
Переменная ЭиТО (\$US/MWh_e)	1.57

**Технические характеристики 13 - Древесная щепа ТЭЦ, большая, 50/100°С обратная/впередняя температура**

<b>Большая древесная щепа ТЭЦ, 600 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	169.8
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	28.3
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	26.9
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	3.0
Сб коэффициент (50°С/100°С)	0.35
Коэффициент Cv (50°С/100°С)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.09
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	45
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	98.0
NOX (г на ГДж)	20
CH4 (г на ГДж)	2
N2O (г на ГДж)	8
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.21
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	34,848
Переменная ЭиТО (\$US/MWh_e)	1.57

### Технический паспорт 14 - Древесная щепа ТЭЦ, большая, добыча

<b>Большая древесная щепа ТЭЦ, подача 600 МВт, добыча</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	257.7
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	43
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	40.8
Сб коэффициент (50°C/100°C)	0.44
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	0.14
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	0.06
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	45
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	97.5
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	30
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	3
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	10
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	1.33
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	36,542
Переменная ЭИТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	1.34

### Технические характеристики 15 - Древесные гранулы ТЭЦ, небольшие

<b>Малые древесные гранулы ТЭЦ, 20 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	3.1
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	15.4
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	14.6
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.3
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.18
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	1
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	0.5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.3
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	50

<b>Малые древесные гранулы ТЭЦ, 20 МВт питания</b>	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.13
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	50,457
Переменная ЭИТО (\$US/MWh <sub>e</sub> )	0.73

### Технический паспорт 16 - ТЭЦ древесных гранул, носитель

<b>ТЭЦ средней древесины, 80 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	24.7
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	30.8
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	29.3
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.5
С <sub>b</sub> коэффициент (40°C/80°C)	0.46
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в пространстве (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	0.18
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	15
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	8
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.3
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	50
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.13
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	46,343
Переменная ЭИТО (\$US/MWh <sub>e</sub> )	0.69

### Технические характеристики 17 - ТЭЦ с древесными гранулами, большая, 40/80°C обратная/впередняя температура

<b>Большие древесные гранулы ТЭЦ, 800 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	268.1
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	33.5
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	31.8
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	3.3
С <sub>b</sub> коэффициент (40°C/80°C)	0.51
Коэффициент С <sub>v</sub> (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0

<b>Большие древесные гранулы ТЭЦ, 800 МВт питания</b>	
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.06
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	15
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.3
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	20
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	0.91
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	25,289
Переменная ЭИТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	0.68

**Технический паспорт 18 - ТЭЦ с древесными гранулами, большая, 50/100°C обратная/впередняя температура**

<b>Большие древесные гранулы ТЭЦ, 800 МВт питания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВт <sub>э</sub> )	253.4
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	31.7
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	30.1
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	3.3
С <sub>b</sub> коэффициент (50°C/100°C)	0.49
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.06
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	15
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.3
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	20
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	0.91
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	25,289
Переменная ЭИТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	0.67

### Технический паспорт 19 - ТЭЦ древесных гранул, крупная, добыча

<b>Большие древесные гранулы ТЭЦ, 800 МВт на подачу, добыча</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	357.6
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	44.7
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	42.5
Сб коэффициент (50°C/100°C)	0.59
Коэффициент Cv (50°C/100°C)	0.17
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.04
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	15
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	12
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	97.5
NOX (г на ГДж)	20
CH4 (г на ГДж)	0
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	1.20
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	29,766
Переменная ЭИТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	0.62

### Технический паспорт 20 - Соломенная ТЭЦ, малая

<b>Маленькая Соломенная ТЭЦ, 20 МВт корма</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	3.0
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	15.2
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	14.5
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.4
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.18
Коэффициент Cv (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	4
Планируемый перерыв (недели в году)	4.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	1
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	1.0
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	50
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	96.4
NOX (г на ГДж)	70

<b>Маленькая Соломенная ТЭЦ, 20 МВт корма</b>	
CH4 (г на ГДж)	11
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.23
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	57,717
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	0.83

### Технический паспорт 21 - Соломенная ТЭЦ, носитель информации

<b>Соломенная ТЭЦ средней мощности, 80 МВт корма</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	25.3
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	31.6
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	30.0
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.8
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.46
Коэффициент Св (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	4
Планируемый перерыв (недели в году)	4.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	2.5
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.3
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	8
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень обессеривания, %)	96.4
NOX (г на ГДж)	70
CH4 (г на ГДж)	0
N2O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MWe)	1.37
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWe/год)	54,692
Переменная ЭИТО (\$US/MWh_e)	0.80

### Технические характеристики 22 - Соломенная ТЭЦ, большая, 40/80°C обратная/впередняя температура

<b>Большая ТЭЦ соломы, питание 132 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	41.6
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	31.5
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	29.9
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.8
Сб коэффициент (40°C/80°C)	0.45
Коэффициент Св (40°C/80°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0

<b>Большая ТЭЦ соломы, питание 132 МВт</b>	
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	3
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.2
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	8
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	96.4
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	30
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	1.29
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	46,585
Переменная ЭиТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	0.80

### Технические характеристики 23 - Соломенная ТЭЦ, большая, 50/100°C обратная/впередняя температура

<b>Большая ТЭЦ соломы, питание 132 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность на один агрегат (МВтэ)	39.0
Электрический КПД, нетто (%), фирменная табличка	29.5
КПД электроэнергии, нетто (%), среднегодовое значение	28.1
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой мощности)	2.9
С <sub>b</sub> коэффициент (50°C/100°C)	0.43
Коэффициент С <sub>v</sub> (50°C/100°C)	1
Принудительное отключение (%)	3
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	3
Потребность в пространстве (1000 м2/МВт)	0.3
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	2
Вторичное регулирование (% в минуту)	4
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40
Теплое время запуска (часы)	2
Время холодного запуска (часы)	8
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	96.4
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	30
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW <sub>e</sub> )	1.29
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW <sub>e</sub> /год)	46,585
Переменная ЭиТО (\$US/MW <sub>h_e</sub> )	0.76

### Технические характеристики 24 - Древесная щепа, НОР, Малый

Древесная щепа, DH-Small, 6 МВт питания	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	6.8
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	114.0
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	114.0
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.2
Принудительное отключение (%)	3.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.0
Срок службы (годы)	25.0
Срок строительства (годы)	1.0
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт тепловой мощности)	0.2
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	0.3
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.0
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	60
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	11
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	3
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/МВт - теплопроизводительность)	0.96
Фиксированная эксплуатация и техническое обслуживание (\$US/МВт/год), тепловая мощность	44,891
Переменная теплопроизводительность (\$US/MWh)	3.75

### Технический паспорт 25 - Древесная щепа, НОР, Medium

Древесная щепа, DH-Medium, 45 МВт питания	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	51.6
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	114.8
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	114.8
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.2
Принудительное отключение (%)	3.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.0
Срок службы (годы)	25.0
Срок строительства (годы)	2.0
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт тепловой мощности)	0.06
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40
Теплое время запуска (часы)	2.0
Время холодного запуска (часы)	8.0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.0
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	60
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	11
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1



<b>Древесная щепа, DH-Medium, 45 МВт питания</b>	
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/МВт - теплопроизводительность)	0.81
Фиксированная эксплуатация и техническое обслуживание (\$US/МВт/год), тепловая мощность	58,322
Переменная теплопроизводительность (\$US/MWh)	3.75

### Технические характеристики 26 - Древесная щепа, НОР, большая

<b>Древесная щепа, DH-большой, 90 МВт корма</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	103.4
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	114.9
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	114.9
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.2
Принудительное отключение (%)	3.0
Планируемый перерыв (недели в году)	2.0
Срок службы (годы)	25.0
Срок строительства (годы)	2.5
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт тепловой мощности)	0.05
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40
Теплое время запуска (часы)	2.0
Время холодного запуска (часы)	8.0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	60
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/МВт - теплопроизводительность)	0.61
Фиксированная эксплуатация и техническое обслуживание (\$US/МВт/год), тепловая мощность	48,037
Переменная теплопроизводительность (\$US/MWh)	3.75

### Технический паспорт 27 - Древесные гранулы, Котельная

<b>Древесные гранулы, только DH, подача 6 МВт.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	6.1
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	101.4
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	101.4
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.1
Принудительное отключение (%)	3.0
Планируемый перерыв (недели в году)	3.0
Срок службы (годы)	25.0
Срок строительства (годы)	1.0
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт тепловой мощности)	0.2
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0

<b>Древесные гранулы, только ДН, подача 6 МВт.</b>	
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	40.0
Теплое время запуска (часы)	0.3
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	98.3
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	50
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	1
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/МВт - теплопроизводительность)	0.87
Фиксированная эксплуатация и техническое обслуживание (\$US/МВт/год), тепловая мощность	40,051
Переменная теплопроизводительность (\$US/MWh)	2.40

### Технический паспорт 28 - солома, Котельная

<b>Маленькая солома, только ДН, 6 МВт корма.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	6.2
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	103.2
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	103.2
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2.1
Принудительное отключение (%)	4.0
Планируемый перерыв (недели в году)	4.0
Срок службы (годы)	25.0
Срок строительства (годы)	1.0
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт тепловой мощности)	0.2
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	10.0
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	50.0
Теплое время запуска (часы)	0.3
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	96.4
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	70
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	11
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	3
Частицы (г на ГДж)	0.3
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/МВт - теплопроизводительность)	1.09
Фиксированная эксплуатация и техническое обслуживание (\$US/МВт/год), тепловая мощность	63,404
Переменная теплопроизводительность (\$US/MWh)	2.64

## Стирлинговые двигатели, газифицированная биомасса

---

Эта глава была перенесена с мая 2012 года из предыдущего Каталога технологических данных для производства электроэнергии и централизованного теплоснабжения. Таким образом, текст и спецификации не соответствуют остальным указаниям каталога.

### Краткое описание технологии

Двигатель Стирлинга приводится в движение разницей температур, создаваемой внешними источниками нагрева и охлаждения. Одна часть двигателя постоянно нагревается, в то время как другая часть двигателя постоянно охлаждается.

Двигатель наполняется рабочим газом, обычно водородом или гелием, и находится под давлением. Этот рабочий газ перемещается между горячей и холодной сторонами двигателя с помощью механической системы, состоящей из объемного поршня, соединенного с рабочим поршнем. Когда рабочий газ нагревается в горячей части двигателя, он расширяется и толкает рабочий поршень. При движении рабочего поршня поршень нагнетает рабочий газ в холодную сторону двигателя, где он охлаждается и сжимается.

В решении по газификации биомассы, разработанном компанией Stirling DK, двигатель заполнен гелием, подогревается дымовыми газами сгорания биомассы и охлаждается охлаждающей водой.

В частности, топливо из твердой биомассы преобразуется в природный газ, который подается в одну или несколько камер сгорания, каждая из которых соединена с двигателем Стирлинга. Газ загорается в камере(ах) сгорания, а дымовые газы нагревают двигатель(ы) Стирлинга, который приводит в движение электрогенератор.

### Вход

Могут быть использованы древесная щепа, промышленные древесные отходы, древесина для сноса и энергетические культуры. Кроме того, ожидается, что могут быть использованы более экзотические виды топлива, такие как кокосовая скорлупа и оливковые камни. Требования к влажности и размеру топлива зависят от конструкции газификатора.

Двигатели Стирлинга также могут работать на природном газе и минеральном масле.

### Выход

Электричество и тепло.

Электрическая эффективность при использовании древесной щепы составляет около 18%.

### Типичные возможности

Электрическая мощность одного двигателя Стирлинга составляет 35 кВт. Для установок с несколькими двигателями используется один общий газификатор.

### Способность регулирования

В течение нескольких минут можно изменить тепловую нагрузку от 10 до 100 % и наоборот. Электрическая мощность не может быть быстро отрегулирована.

### Преимущества/недостатки

Основным преимуществом двигателя Стирлинга является то, что он может вырабатывать энергию, используя отходы лесного и сельского хозяйства, которые, как правило, имеют очень низкую экономическую ценность. Кроме того, уровень выбросов очень низок. И, наконец,

сервисные требования к двигателю Стирлинга очень низкие по сравнению с дизельными двигателями и дизельными двигателями.

Основным недостатком является относительно высокая капитальная стоимость по сравнению с отто- и дизельными двигателями.

Поэтому двигатели Стирлинга идеально подходят для генерации базовой нагрузки с большим количеством часов работы в год, предпочтительнее 6 - 8 000 часов в год.

### Окружающая среда

Высококонтролируемый процесс газификации в сочетании с непрерывным процессом сгорания обеспечивает значительно более низкие выбросы в атмосферу, чем при использовании отто- и дизельных двигателей.

### Технический паспорт 29 - двигатель Стирлинга, газифицированная биомасса

<b>Стирлинговый двигатель, сжигаемый газифицированной биомассой</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность электрическая, (кВт)	40
Теплопроизводительность, (кДж/с)	120
Электрический КПД (%)	22
Время для разминки (часы)	1
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	3
Срок службы (годы)	15
Срок строительства (годы)	0.3
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень обессеривания, %)	0
NO <sub>x</sub> (промилле)	100
CH <sub>4</sub> (промилле)	0
N <sub>2</sub> O (промилле)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиционные затраты (долл. США/МВт)	4.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	38,720
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	25.41

## Ветровые турбины на суше

### Краткое описание технологии

Типичная большая береговая ветряная турбина, устанавливаемая сегодня, представляет собой турбину с горизонтальной осью, с тремя лопастями, с восходящим ветром, подключенную к сетке, с использованием активного шага, переменной скорости и контроля рысканья для оптимизации генерации при переменной скорости ветра.

Ветровые турбины работают за счет улавливания кинетической энергии ветра лопастями ротора и передачи ее на приводной вал. Приводной вал подключается либо к редуктору с увеличенной скоростью вращения, соединенному со средне- или высокоскоростным генератором, либо к низкоскоростному генератору с прямым приводом. Генератор преобразует энергию вращения вала в электрическую энергию. В современных ветряных турбинах шаг лопастей ротора регулируется для максимизации выработки электроэнергии при низких скоростях ветра, а также для поддержания постоянной выходной мощности и ограничения механических напряжений и нагрузок на турбину при высоких скоростях ветра. Общее описание турбинной технологии и электрической системы на примере редукторной турбины показано на рисунке ниже.

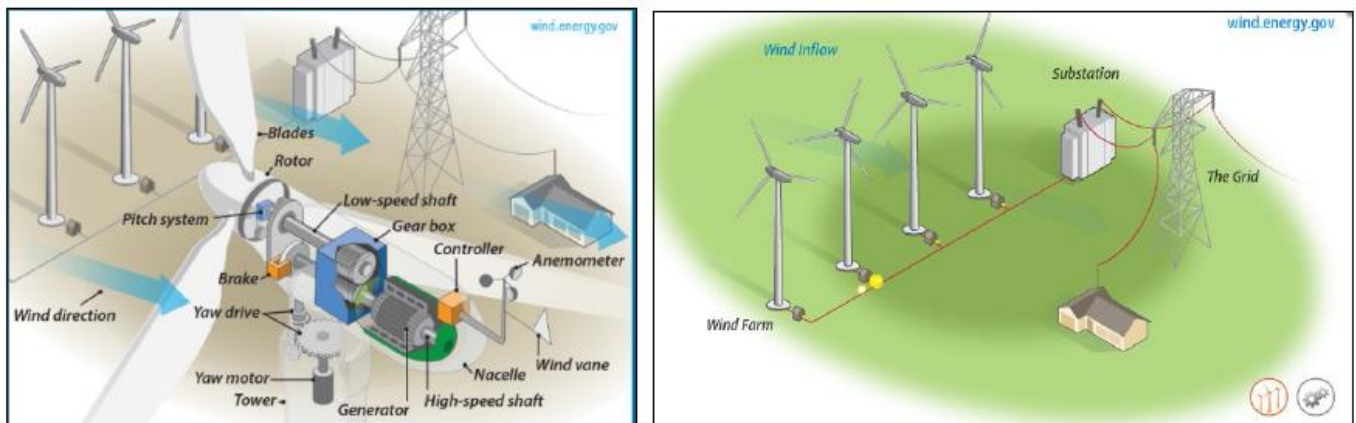


Рисунок 14: Турбинные технологии и электрические системы общего назначения

Ветровые турбины предназначены для работы в диапазоне скорости ветра, который ограничивается низкой "врезной" скоростью ветра и высокой "врезной" скоростью ветра. Когда скорость ветра ниже скорости "отключения", энергия ветра слишком мала, чтобы ее можно было использовать. Когда скорость ветра достигает "отключения", турбина начинает работать и вырабатывать электроэнергию. При увеличении скорости ветра выходная мощность турбины увеличивается, и при определенной скорости ветра турбина достигает номинальной мощности. При более высоких скоростях ветра шаг лопастей регулируется для поддержания номинальной выходной мощности. Когда скорость ветра достигает скорости вырезания, турбина отключается или работает в режиме пониженной мощности для предотвращения механических повреждений.

Береговые ветряные турбины могут быть установлены как отдельные турбины, кластеры или в более крупных ветряных электростанциях.

Коммерческие ветряные турбины эксплуатируются без присмотра и контролируются системой диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA).

### Вход

Вход - это ветер.

Скорость ветра: 3 - 4 м/с.

Номинальная вырабатываемая мощность ветра: 10-12 м/с, в зависимости от удельной мощности (определяется как отношение номинальной мощности к площади подметаемого ротора).

Вырезание или переход на пониженную мощность при скорости ветра: 25 м/с.

В будущем ожидается, что производители будут применять мягкое вырезание при высоких скоростях ветра (на рисунке ниже пунктирная красная кривая), в результате чего окончательная скорость ветра при вырезании составит около 30 м/сек.

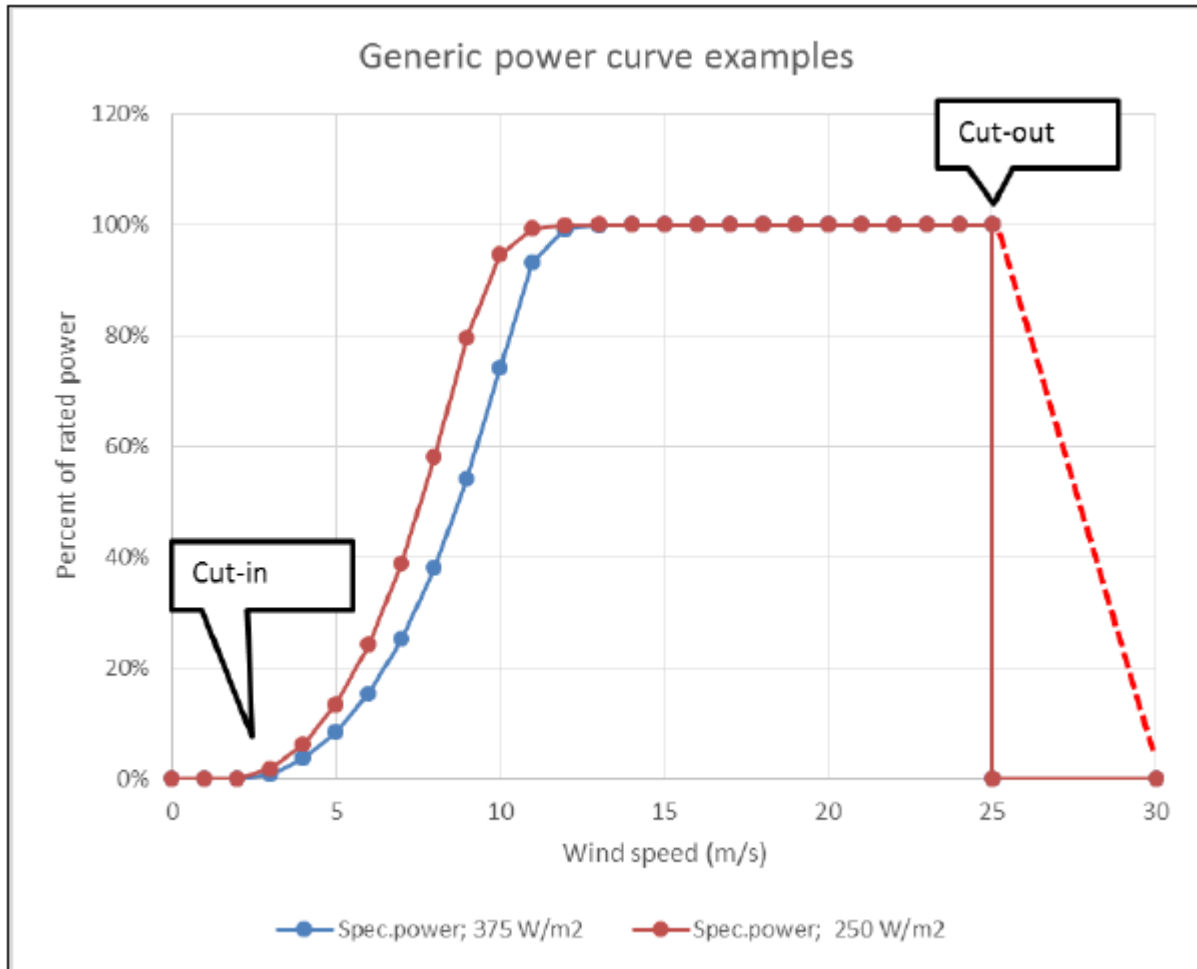


Рисунок 15: Кривые мощности турбины. Удельные значения мощности относятся, например, к 3 МВт при диаметре ротора 124 м (250 Вт/м²) и 3 МВт при диаметре ротора 101 м (375 Вт/м²).

Мощность ветра задается формулой  $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot u^3$ , где  $\rho$  - плотность воздуха,  $A$  - площадь подметания и  $u$  - скорость ветра. Чтобы вычислить чистую выходную мощность ветряной турбины, результат должен быть умножен на  $C_p$  (коэффициент мощности).  $C_p$  изменяется в зависимости от скорости ветра и имеет максимум около 45%, который обычно достигается при ~8 м/с, в зависимости от удельной мощности.

## Выход

Выход - электричество.

Годовая выработка энергии ветряной турбины сильно зависит от средней скорости ветра в месте установки турбины. Средняя скорость ветра зависит от географического положения, высоты ступицы и шероховатости поверхности. Холмы и горы также влияют на ветровой поток. Кроме того,

местные препятствия, такие как лес и для небольших турбин зданий и живой изгороди уменьшают скорость ветра, как просыпается от соседних турбин уменьшается.

Шероховатость поверхности обычно классифицируется в соответствии со следующей таблицей:

Таблица 10: Описание классификации шероховатости поверхности

Класс глубости	<sup>2</sup> Длина шероховатости (м)	Описание
0	0.0002	Вода
1	0.03	Открытые сельскохозяйственные угодья
2	0.1	Частично открытые сельскохозяйственные угодья с некоторыми поселениями и деревьями.
3	0.4	Лес, города, сельскохозяйственные угодья со множеством ветрозащитных полос.

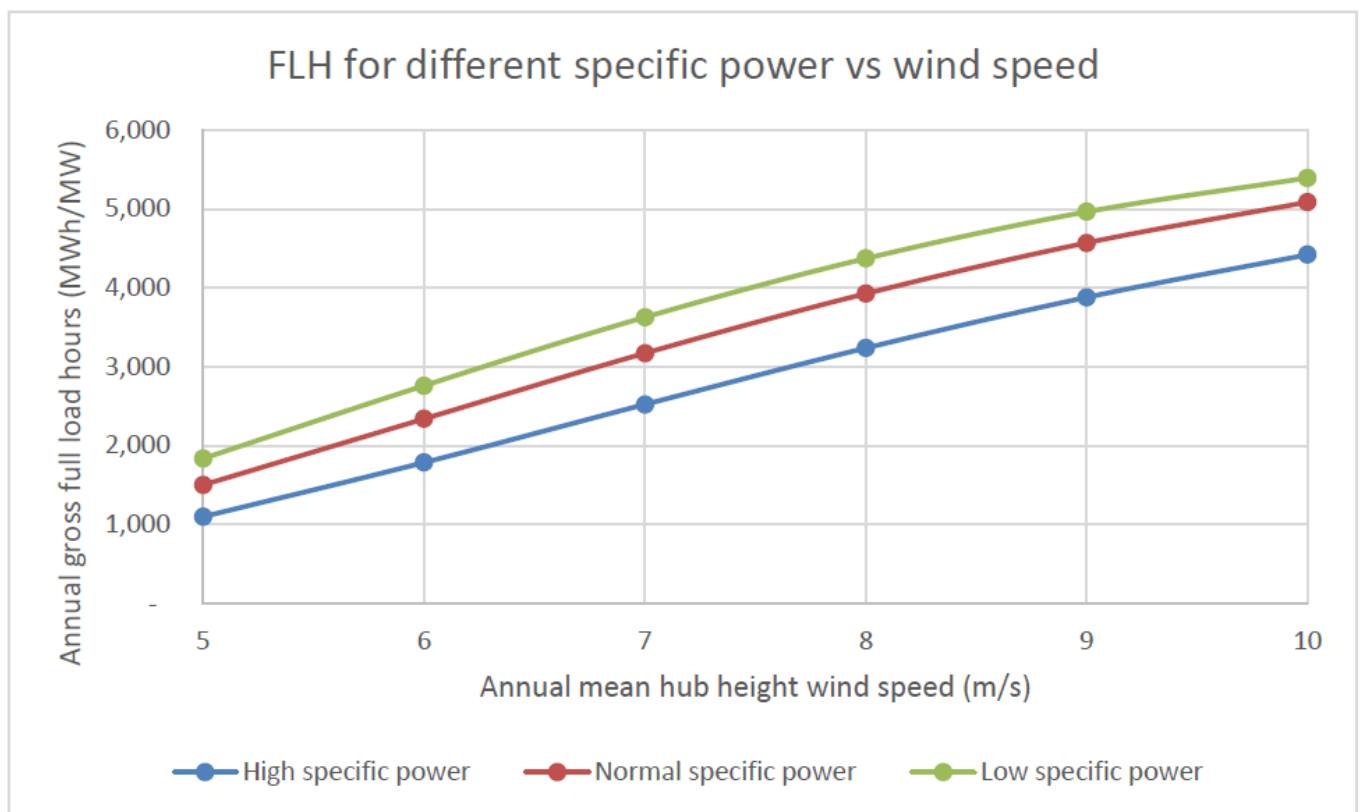


Рисунок 16: Годовые часы полной нагрузки в зависимости от средней скорости ветра на высоте ступицы. Примеры на рисунке: 3 МВт с диаметром ротора 90 м, удельная мощность 472 Вт/м<sup>2</sup>, называемая "высокой удельной мощностью", и 3,3 МВт турбины с диаметром ротора 112 м и 126 м, удельная мощность 335 Вт/м<sup>2</sup>, называемая "средней удельной мощностью", и 265 Вт/м<sup>2</sup>, называемая "низкой удельной мощностью".

Приведенный выше рисунок иллюстрирует важность среднегодовой скорости ветра, а также удельной мощности для годового производства энергии (ГПЭ). Видно, что увеличение АЕР почти линейно при средней скорости ветра в диапазоне от 6 м/сек до 9 м/сек. Ожидается, что будущие

<sup>2</sup> Длина шероховатости - это высота над уровнем земли, где средняя скорость ветра равна 0. Изменение скорости ветра с высотой зависит от длины шероховатости.

турбины будут иметь еще более низкую удельную мощность, чем "низкая", как показано на рисунке выше.

### **Типичные возможности и статистика развития**

Береговые ветряные турбины можно разделить по категориям в соответствии с паспортной мощностью. В настоящее время новые установки находятся в диапазоне от 2 до 6 МВт. Другой категорией являются отечественные ветряные турбины - микро- и малогабаритные ветряные турбины в диапазоне 1 - 25 кВт.

Два основных конструктивных параметра определяют общую производственную мощность ветряной турбины. При более низких скоростях ветра производство электроэнергии зависит от площади подметания ротора турбины. При более высоких скоростях ветра номинальная мощность генератора определяет выходную мощность. Взаимосвязь между механическими и электрическими характеристиками и их стоимостью определяет оптимальную конструкцию турбины для данной площадки.

Размеры ветряных турбин с годами неуклонно растут. Большие генераторы, большая высота ступиц и большие роторы - все это способствовало увеличению выработки электроэнергии ветряными турбинами. Более низкая удельная мощность (увеличение площади ротора более чем пропорционально увеличению номинальной мощности генератора) улучшает коэффициент мощности (выработка энергии на единицу мощности генератора), так как выходная мощность при скорости ветра ниже номинальной прямо пропорциональна площади подметания ротора. Кроме того, большая высота ступиц более крупных турбин обеспечивает более высокие ветровые ресурсы в целом.

Средняя номинальная мощность новых береговых ветряных турбин увеличилась с 2000 года в три раза (см. рисунок ниже). Хотя разработчики проектов считают более крупные турбины наиболее привлекательными, увеличение номинальной мощности не является постоянным, отчасти потому, что некоторые старые проекты с меньшими турбинами были расширены за счет более (малых) турбин, а отчасти потому, что некоторые проекты создаются с меньшими турбинами, чем "оптимальный" размер из-за нехватки места.



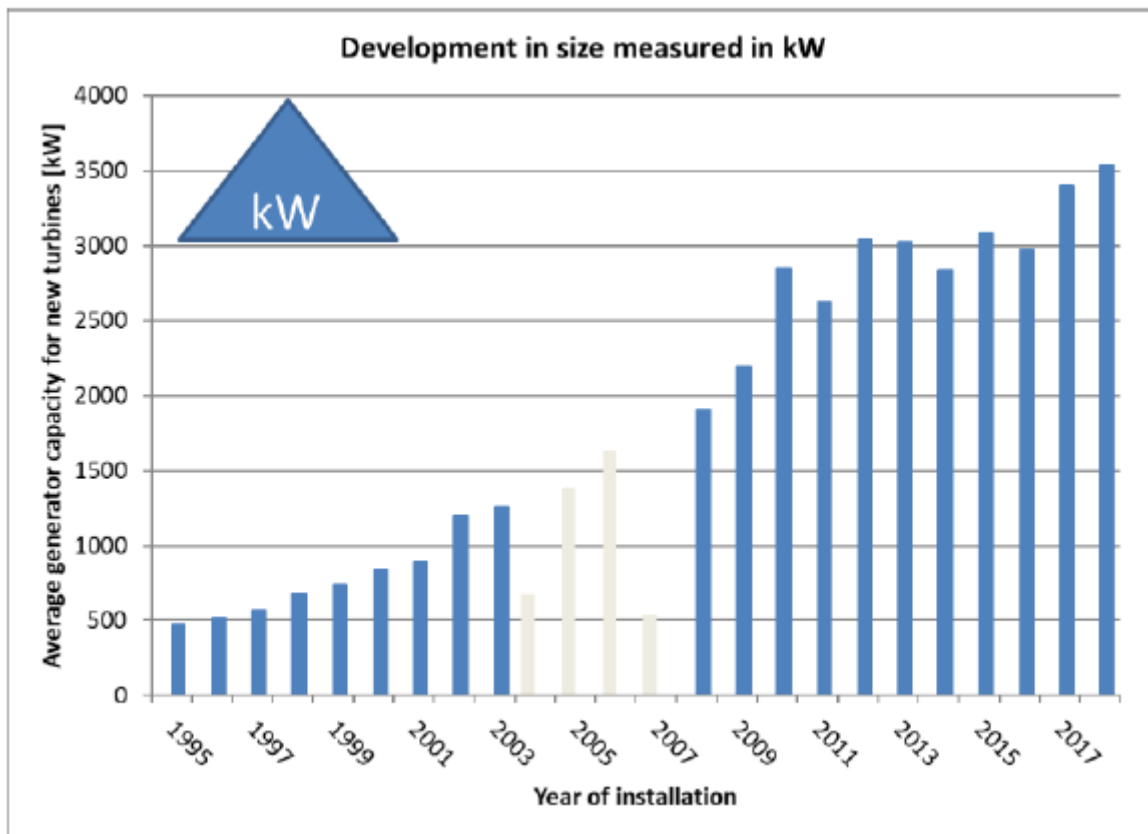


Рисунок 17: Средняя мощность генератора для новых турбин (номинальная мощность > 25 кВт)

За тот же период диаметры роторов и высота ступиц также увеличились, как показано на рис. 18 и рис. 19.

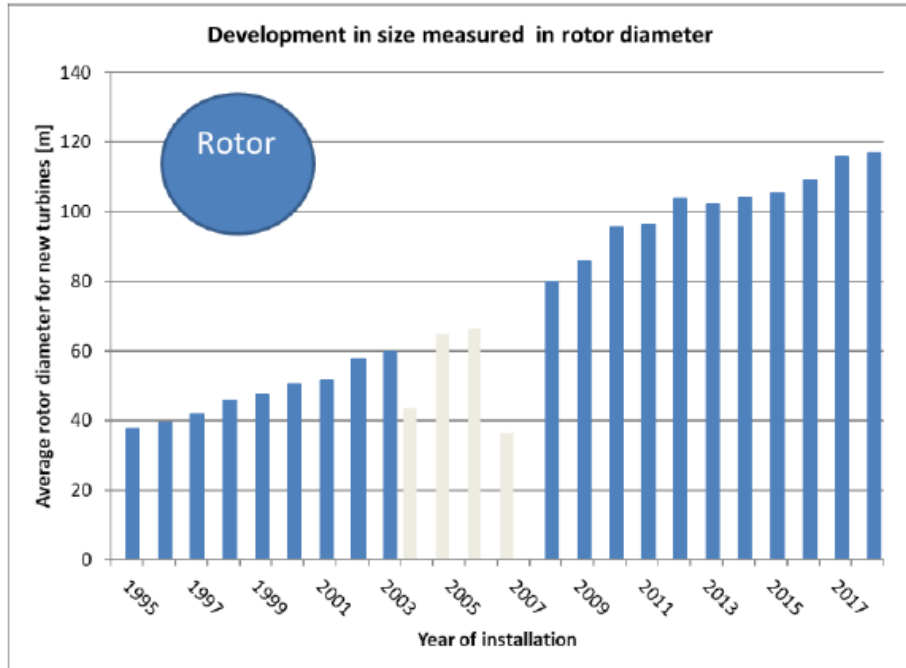


Рисунок 18: Средний диаметр ротора для новых турбин (номинальная мощность > 25 кВт)

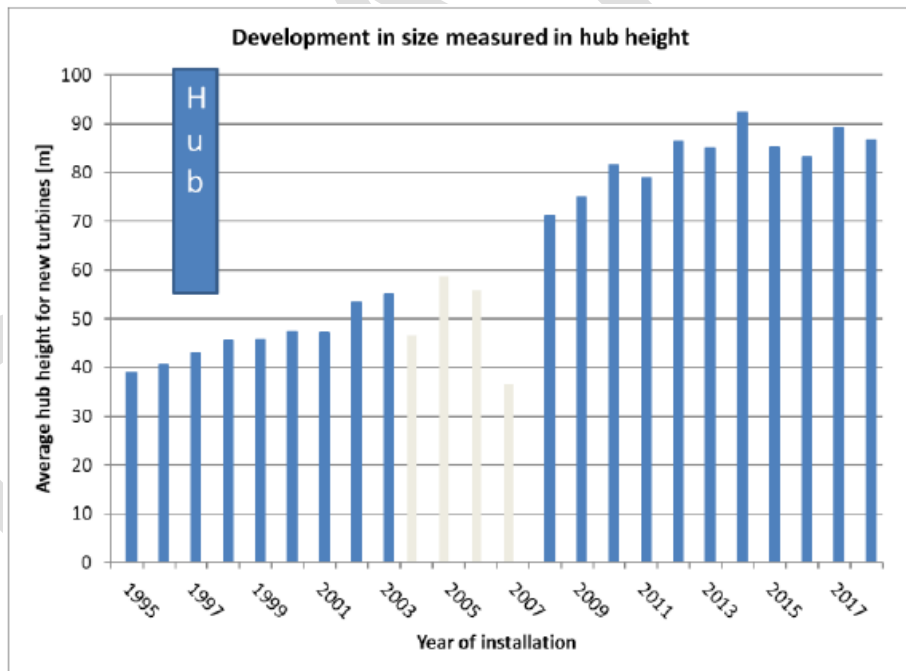


Рисунок 19: Средняя высота ступицы для новых турбин (номинальная мощность > 25 кВт)

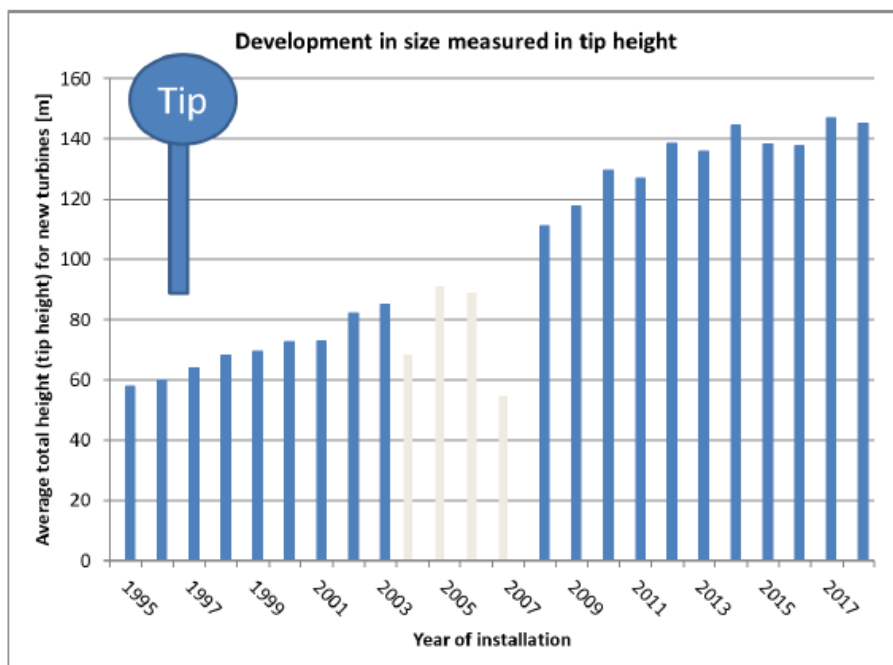


Рисунок 20: Средняя высота наконечника для новых турбин (номинальная мощность > 25 кВт)

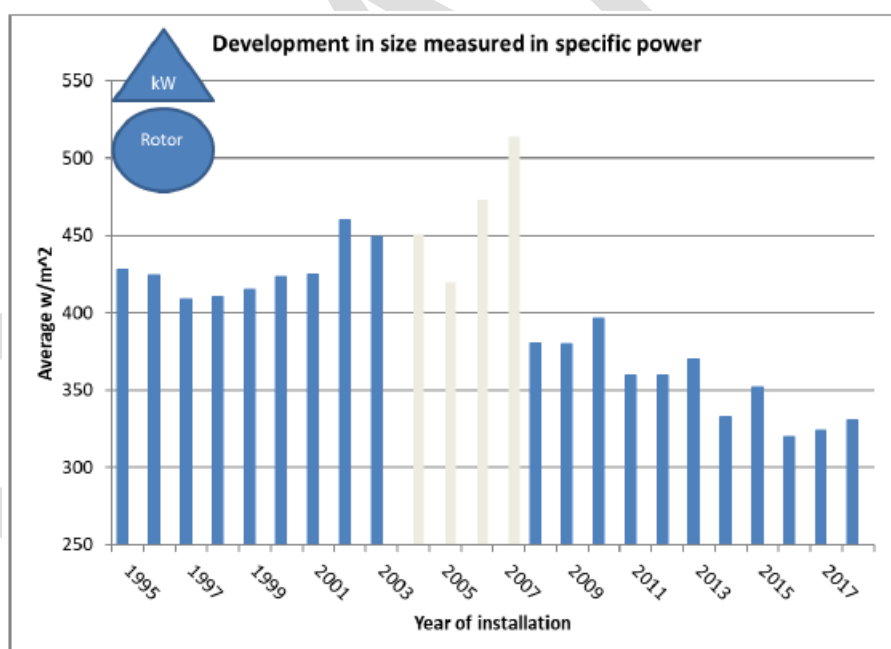


Рисунок 21: Средняя удельная мощность для новых турбин (номинальная мощность > 25 кВт)

### Способность регулирования

Электроэнергия от ветряных турбин сильно варьируется, так как она зависит от фактического имеющегося ветрового ресурса. Поэтому возможность регулирования зависит от погодных условий. В периоды сильного ветра (скорость ветра менее 4-6 м/с) ветряные турбины не могут обеспечить регулирование, за возможным исключением регулирования напряжения.

При наличии достаточного ветрового ресурса (скорость ветра выше 4 - 6 м/с и ниже 25 - 30 м/с) ветровые турбины всегда могут обеспечить регулирование падения, а во многих случаях и регулирование вверх, при условии, что турбина работает в режиме ограничения мощности (т.е. с мощностью, которая намеренно устанавливается ниже возможной мощности на основе имеющегося ветра).

Как правило, ветряная турбина будет работать на максимальной мощности в соответствии с кривой мощности, а регулирование вверх возможно только в том случае, если турбина работает на уровне мощности ниже фактической. Такой режим работы технически возможен, и во многих странах турбины должны иметь такую возможность. Однако он используется редко, так как от оператора системы обычно требуется компенсировать владельцу сниженный доход.

Производство ветряных турбин может быть быстро отрегулировано, и эта функция регулярно используется для балансировки сети. Время запуска от отсутствия производства до полной эксплуатации зависит от имеющегося ветрового ресурса.

### **Преимущества/недостатки**

#### *Преимущества:*

- Отсутствие выбросов в атмосферу при эксплуатации
- Отсутствие выбросов парниковых газов при эксплуатации
- Стабильные и предсказуемые расходы благодаря низким операционным расходам и отсутствию затрат на топливо.
- Модульная технология позволяет расширять мощности в зависимости от спроса, избегая перепроизводства и затрат в затруднительных ситуациях.
- Короткое время выполнения заказа по сравнению с большинством альтернативных технологий

#### *Недостатки:*

- Высокие затраты на капитальные вложения
- Переменный энергоресурс
- Умеренный вклад в мощность по сравнению с тепловыми электростанциями
- Необходимость регулирования мощности
- Визуальный удар и шум

### **Окружающая среда**

Энергия ветра - это чистый источник энергии. Основные экологические проблемы - это визуальное воздействие, мерцание от быстрого переключения между тенью и светом, когда турбина находится между солнцем и населенным пунктом, шум и риск столкновения летучих мышей или птиц.

Визуальное воздействие ветряных турбин вызывает определенные споры, особенно с учетом того, что наземные ветряные турбины стали более крупными.

Мерцание, как правило, управляется с помощью комбинации инструментов прогнозирования и управления турбиной. В некоторых случаях турбины могут нуждаться в отключении на короткие промежутки времени, когда может возникнуть эффект мерцания в соседних жилых помещениях.

Шумы, как правило, рассматриваются на этапе планирования. Допустимые уровни звукового излучения рассчитываются на основе допустимых уровней звукового давления у соседей. В некоторых случаях для удовлетворения требований по уровню шума необходимо эксплуатировать турбины с пониженной частотой вращения и/или менее агрессивной установкой шага. Работа с пониженным уровнем шума может привести к снижению годового производства электроэнергии на 5 - 10%. Несмотря на соблюдение требуемого уровня шума, турбины иногда вызывают жалобы со стороны соседей.

Риск столкновения птиц вызывает беспокойство во многих странах из-за близости ветряных турбин к путям миграции птиц. В целом, оказывается, что птицы могут перемещаться вокруг турбин, и исследования сообщают о низкой общей смертности птиц, но с некоторыми региональными вариациями.

Воздействие на окружающую среду при производстве ветряных турбин является умеренным и соответствует воздействию другого обычного промышленного производства.

Срок окупаемости энергии береговой ветряной турбины в нескольких исследованиях рассчитан порядка 3 - 9 месяцев.

Исследования по оценке жизненного цикла (LCA) ветровых электростанций показали, что воздействие на окружающую среду исходит из трех основных источников:

- насыпные отходы с башни и фундаментов, несмотря на то, что высокий процент стали перерабатывается.
- опасные отходы от компонентов в гондоле
- парниковые газы (например, CO<sub>2</sub> от производства стали и растворители от поверхностных покрытий)

### Бытовые ветряные турбины (микро- или малогабаритные ветряные турбины)

Бытовые ветряные турбины - это микро- или малогабаритные ветряные турбины мощностью до 25 кВт.

Коэффициент мощности малых ветряных турбин сильно варьируется в зависимости от местных условий. Турбины часто располагаются вблизи зданий и деревьев, что снижает годовой объем производства турбин. Удельная мощность, как и у больших турбин, влияет на коэффициент мощности и, следовательно, на относительную низкую высоту ступицы.

### Количественное описание

В следующем листе приведены технические, экологические и финансовые данные по конкретной технологии.

### Технический паспорт 30 - Береговые установки ветряных турбин

<b>20 Большие ветряные турбины на суше</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	4.2
Среднегодовые часы полной загрузки	3,400
Принудительное отключение (%)	2.5%
Запланированное отключение (%)	0.3%
Срок службы (годы)	27
Срок строительства (годы)	1.5
Требуемая площадь (1000 м <sup>2</sup> /МВт)	---
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW)	1.36
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	16,940
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	1,82

### Технический паспорт 31 - Береговые малые ветряные турбины

<b>Малые ветряные турбины, подключенные к сети (&lt; 25 кВт)</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	0.005
Среднегодовые часы полной загрузки	1,600
Принудительное отключение (%)	3%
Запланированное отключение (%)	0,3%
Срок службы (годы)	20
Срок строительства (годы)	1
Требуемая площадь (1000 м2/МВт)	0,8
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW)	4.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	653
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	---

## Фотогальваника

---

### Краткое описание технологии

Солнечный элемент является полупроводниковым компонентом, который генерирует электричество под воздействием солнечного излучения. По практическим причинам несколько солнечных элементов обычно соединяются и ламинируются в (или осаждаются на) стеклянное стекло, чтобы получить механический гребенчатый и защищенный от атмосферных воздействий солнечный модуль. Фотоэлектрические (ФЭ) модули обычно имеют размер 1,6 - 2,1 м<sup>2</sup> и плотность мощности в диапазоне 160 - 220 Вт/проц. Они продаются с гарантией на продукцию, как правило, от десяти до двенадцати лет, с гарантией на мощность минимум 25 лет и ожидаемым сроком службы более 30 - 35 лет в зависимости от типа ячеек и метода капсулирования.

PV-модули характеризуются в зависимости от типа используемого поглощающего материала:

- Кристаллический кремний (с-Si); наиболее широко используемый материал подложки изготавливается из очищенного поликремниевого сырья солнечного качества и выпускается в виде моно- или поликристаллических кремниевых *пластин*. Монокристаллические солнечные элементы изготавливаются из пластин, нарезанных из высокочистого монокристаллического кремния цилиндрической формы слитка, в то время как поликристаллические солнечные элементы изготавливаются из пластин, нарезанных из квадратных блоков литого кремния, где монокристаллические зерна находятся в диапазоне 5 - 50 мм в размерах. Ожидается, что технология кремниевых солнечных элементов будет доминировать на мировом рынке в течение десятилетий благодаря значительным преимуществам в плане стоимости и производительности.
- Тонкопленочные солнечные элементы, где полупроводниковый слой поглотителя может быть изготовлен из таких материалов, как аморфный/микроструктурированный кремний (a-Si/ $\mu$ c-Si), теллурид кадмия (CdTe) или медный индиевый галлий (di) селенид (CIGS), осаждаются на стеклянную крышку солнечного модуля тонким слоем в микрометре. Тонкопленочные модули с тандемным соединением и тройным соединением являются коммерчески доступными. В этих модулях несколько слоев осаждаются друг на друга для повышения эффективности.
- Монолитные солнечные элементы III-V, изготовленные из соединений элементов III и V группы (Ga, As, In и P), часто осаждаются на подложке Ge. Эти материалы могут быть использованы для производства высокоэффективных многослойных солнечных элементов, которые в основном используются в космической технике или в концентрированных фотогальванических (CPV) системах. В CPV в основном используется прямая составляющая пучка солнечного излучения, что не имеет решающего значения в датских условиях. Сенсibilизированные красителем солнечные элементы (DSC) и полимерные/органические солнечные элементы - это новые технологии, в рамках которых в настоящее время, среди прочего, проводится значительная исследовательская деятельность, направленная на решение вопросов эффективности и срока службы. В настоящее время эти ячейки не рассматриваются в качестве кандидатов для систем, подключенных к сетям.
- Перовскитные фотоэлементы из материала Перовскит; солнечные фотоэлементы Перовскит, в принципе, представляют собой ДСК-элементы, в которых в качестве поглощающего материала используется металлоорганическая соль. Перовскит также может использоваться в качестве поглотителя в модифицированных (гибридных) органических/полимерных солнечных элементах. Потенциал применения перовскитовых солнечных элементов в многокомпонентном ячеек, например, на традиционном

устройстве c-Si, предоставляет интересные возможности. Солнечные элементы на основе перовскита в лабораторных условиях продемонстрировали заметный прогресс за те годы, когда они были оценены с точки зрения эффективности. Потенциал перовскитов, однако, сочетается с серьезными опасениями, связанными с их токсичностью. Лучшие поглотители перовскита содержат растворимые органические соединения свинца, которые являются токсичными и экологически опасными на уровне, требующем чрезвычайных мер предосторожности. Поэтому, прежде чем рассматривать перовскит в качестве жизнеспособного поглотителя в солнечных батареях, необходимо проанализировать его воздействие на здоровье и окружающую среду. Кроме того, в настоящее время не решены проблемы в промышленном производстве. В настоящее время неясно, когда этот тип фотоэлементов станет коммерчески доступен.

Кроме модулей фотоэлектрической системы, подключенная к сети фотоэлектрическая система также включает в себя систему Balance of System (BOS), состоящую из монтажной системы (с фиксированным наклоном или с отслеживанием), инвертора постоянного тока (центрального или струнного), кабелей, оборудования для мониторинга/наблюдения, а для электростанций с фотоэлектрической системой в масштабе предприятия также трансформаторы и контроллер парка.

### Метод выращивания кристаллов

С начала 2000-х годов метод многокристаллического литья является доминирующей технологией кристаллизации благодаря гибкости в использовании любого вида очищенного кремния независимо от формы и остаточного загрязнения. Относительные глобальные доли производства для каждого типа пластин показаны на рисунке ниже.

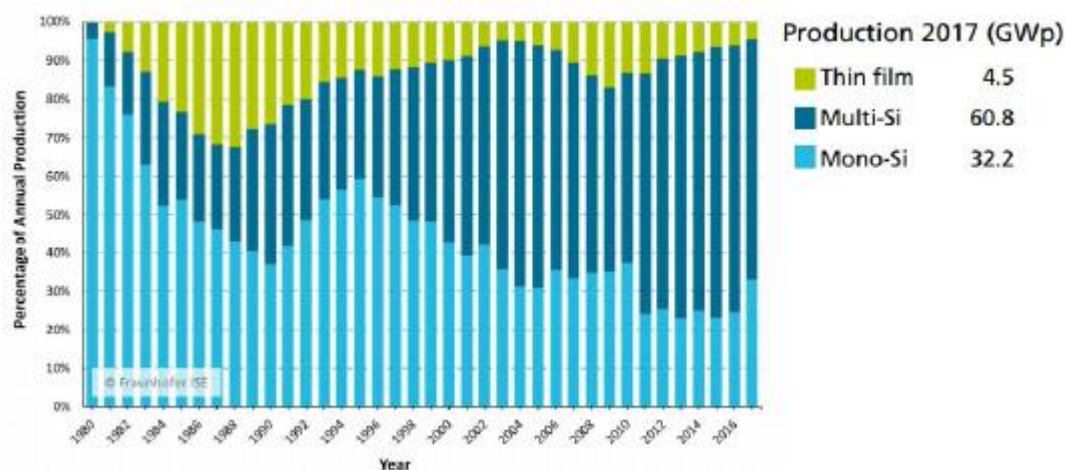


Рисунок 22: Исторические доли рынка различных типовых технологий

Однако теперь ожидается, что монокристаллическое решение для роста снова станет доминирующим и уже в 2018 году достигнет рыночного паритета с традиционным решением Multi-Si. Все крупные фотоэлектрические компании сейчас находятся в процессе перехода к полному монокристаллическому фокусу, добавляя только новые производственные мощности, основанные на монорешениях.

Уже в 2021 году ожидается, что 80% отмеченных в мире солнечных батарей будут основаны на монокристаллических продуктах.

Кроме того, в течение ближайших нескольких лет ожидается, что другие макротенденции изменят ландшафт кремниевых изделий, так как ожидается, что в основном будут использоваться как пластины большего размера (166 x 166 мм), так и изделия n-типа. Однако эти изменения



происходят настолько быстро, что текущие рыночные отчеты и статистика еще не отражают этого развития.

#### метод нарезки пластин

Активная кремниевая подложка, составляющая солнечный элемент, вырезается из слитка или блока проволочной пилой. С момента изобретения технологии в 1990-х годах, твердые частицы карбида кремния в суспензии из гликоля были предпочтительным вариантом. Однако в последние несколько лет этот раствор почти полностью заменен проволокой с алмазным покрытием и обычной охлаждающей водой. Этот метод показал свою дешевизну в эксплуатации, так как исключает переработку суспензии, дает возможность резать более тонкие пластины и обеспечивает поверхность пластины, лучше подходящую для структурирования после очистки в микропирамиды или другие антиотражающие свойства поверхности путем травления.

#### архитектура солнечных батарей

В то время как технологии основных элементов до нескольких лет назад были основаны на трафаретной печати Al-BSF (поле задней поверхности на основе спеченной алюминиевой пасты) солнечных элементов, которые представляют собой очень старую, надежную и универсальную архитектуру солнечных элементов, адаптируемых как для моно-, так и для многокристаллических пластин, другие концепции, которые уже были разработаны в 1980-х годах, были недавно введены в крупномасштабное производство. Наиболее доминирующей является архитектура PERC (Passivated Emitter and Rear Cell - пассивированный эмиттер и задняя ячейка), в которой была добавлена дополнительная ступень обработки для уменьшения рекомбинации носителей на поверхности путем "пассивирования" этих поверхностей (обычно тонким нанометрическим слоем диоксида кремния, окиси алюминия или (окси)нитридов). Также альтернативные архитектуры, такие как PERT (пассивированный задний пассивированный эмиттер, полностью рассеянный), HJT (технология гетероперехода) или TopCON (туннельный пассивированный окисленный контакт), в настоящее время также внедряются на производственных предприятиях GW-размеров благодаря более высокому потенциалу эффективности, который может быть получен (до 24 - 25% по сравнению с максимальным значением Al-BSF, составляющим 20 - 21%).

#### солнечный модуль

Инкапсуляция ячеек в фотоэлектрический модуль претерпела несколько изменений за последние несколько лет. В то время как передняя защита все еще выполнена из закаленного стекла с антибликовым покрытием толщиной 2,5 - 3,2 мм, все больше модулей оснащены плюшевым полимером, замененным другим стеклянным стеклопакетом, благодаря чему достигается более механически жесткая и лучше защищенная структура. Это также позволяет по желанию отказаться от алюминиевой рамы. Кроме того, в настоящее время используются более прозрачные инкапсуляционные материалы, известные как полиолефины, и введены антизагрязняющие поверхностные покрытия.

#### **бифасциальные PV-панели и полурезанные ячейки**

Помимо вышеперечисленных усовершенствований и улучшений на других этапах производства, было введено еще одно технологическое изменение, которое быстро получило признание на рынке, а именно, возможность использовать солнечную энергию, которая достигает элемента с обеих сторон фотоэлектрического модуля. Это является еще одним преимуществом солнечного элемента PERC, так как задняя сторона не блокирует свет от входа в кремниевый объемный поглотитель (в отличие от элемента Al-BSF, где непрозрачный алюминий покрывает всю заднюю стенку элемента).

В дополнение к типам модулей бифасциальности, технология полурезанных клеток приобрела значительную рыночную привлекательность и продемонстрировала большой потенциал за очень короткое время. В то время как все процессы производства слитков, пластин и ячеек остаются неизменными, квадратные ячейки просто разрезаются на две половинчатых ячейки одинакового

размера и затем помещаются рядом в PV-панель, которая теперь содержит 144 половинчатых ячейки, в отличие от предыдущего 72-ячеечного типа модулей для систем коммунальных весов.

В системах верхней части крыши обычно используются панели меньшего размера, содержащие 60 ячеек, с последующим изготовлением 120 ячеек полуразруба.

Хотя общая площадь модуля таким образом немного увеличивается за счет дополнительного расстояния между ячейками, общее повышение мощности модуля примерно на 5 Вт чаще всего перевешивает этот недостаток в эффективности использования площади модуля.

Ожидается, что в 2029 году доля бифункциональных модулей на основе кремния на мировом рынке достигнет 60%, как показано на рисунке ниже, благодаря приросту генерации при низких дополнительных затратах. Для систем коммунального масштаба разумно предположить, что бифасциальные модули станут предпочтительной технологией в течение 2024 года.

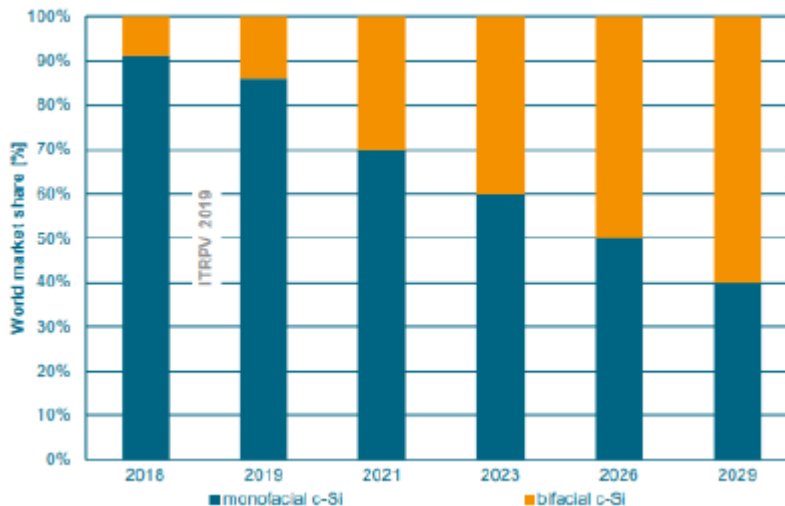


Рисунок 23: Доли моно- и бифасциального мирового рынка на основе кремния

На рисунке ниже показан принцип функционирования бифасциальной солнечной панели в сравнении с монофасциальным модулем.

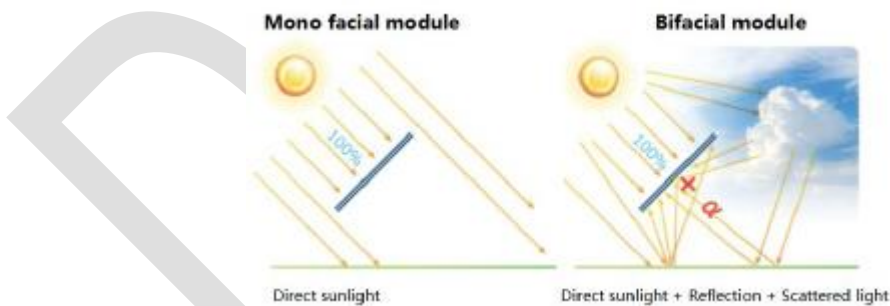


Рисунок 24: Структура бифасциального модуля

В то время как большинство коммерческих программ прогнозирования мощности предполагают лишь небольшой подъем в 4% при производстве энергии из-за этой бифазности, другие исследования показывают, что этот подъем может быть в диапазоне от 6% до 8% по сравнению с монофазными фотоэлектрическими панелями с тем же самым типом ячеек. Конкретное увеличение зависит от широкого диапазона факторов, таких как высота установки панели, грунтовое альbedo, избежание затенения подконструкции задней стенкой, наклон, географическое положение, погодные условия и т.д. Обратите внимание, что относительный вклад бифасциальных ячеек выше в облачную погоду из-за более высокой доли диффузного излучения неба.

## Утилиты масштаба PV с системой отслеживания

В Южной Европе одноосные трековые системы стали новым стандартом.

### Отслеживание по одной оси

Системы отслеживания по одной оси позволяют вращать PV-панели вокруг одной оси. Это может быть как вокруг горизонтальной, так и наклонной оси. Это реализуется за счет подключения к панели электродвигателя вместе с системой управления. В странах, расположенных в северном полушарии, чаще всего устанавливают длинные вертикальные одноосные системы, которые позволяют вращение с востока на запад в течение дня, как показано на рисунке ниже.

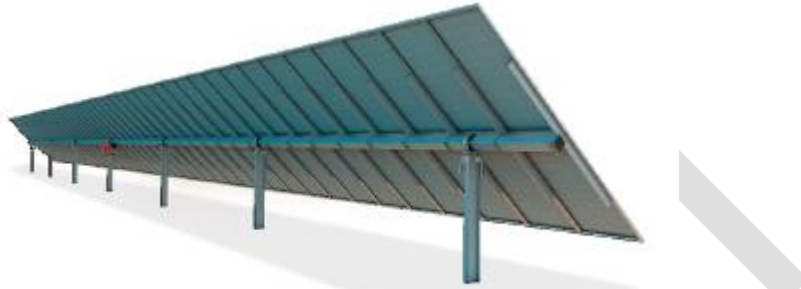


Рисунок 25: Система слежения за одной осью по вертикальной оси

### Двухосное отслеживание

Двухосные системы слежения позволяют поворачивать PV-панели как горизонтально, так и вертикально. Она имеет два соответствующих двигателя для вращения на каждой оси. Это позволяет минимизировать угол падения между солнцем и солнечной панелью, что, в свою очередь, максимизирует генерацию. Однако, монтажная конструкция может поддерживать только меньшее количество модулей (обычно ограничивается 10 кВт/с на структуру трекера), и требуется два двигателя, в связи с чем инвестиционные затраты значительно выше, чем у однотрековых установок. По этой причине необычно применять технологию двухосного трекера для заводов коммунального масштаба PV, если только не установлена версия CPV, которая может использовать только прямой компонент (пучок) в дневном свете. Иллюстрация двухосного устройства слежения показана на рисунке ниже.

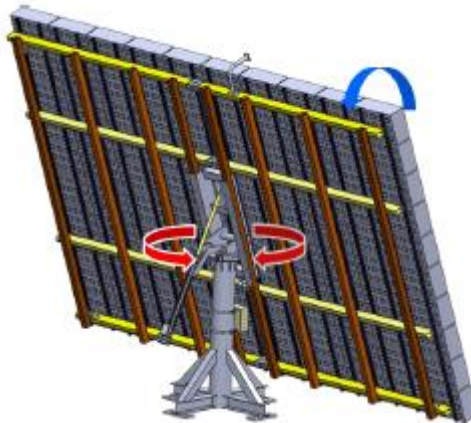


Рисунок 26: Общая двойная фотоэлектрическая система

### 1,5 осевое отслеживание

Система отслеживания по 1,5 осям представляет собой слияние системы с одной и двумя осями, поскольку система может частично работать по обеим осям. 1,5-осевая система имеет только один

двигатель для вращения по обеим осям и требует панельной структуры, которая не допускает угол наклона ниже 30 градусов. Это приводит к похожему поколению по отношению к системе с двумя осями в сезонах с высоким углом солнечного возвышения, а также низкой сезонной разницей в углах наклона. Однако это поколение уменьшается по отношению к системе с двумя осями, если угол наклона солнца ниже 30 градусов, как это происходит в большинстве стран Европы зимой. Поскольку системе слежения нужен только один двигатель, инвестиционные затраты ниже по сравнению с системой слежения за двумя осями. Все еще как система слежения за двойной осью, структура установки может только поддерживать несколько модулей, делая технологию менее уместной для заводов PV большого масштаба утилиты. Пример системы отслеживания перемещения по осям PV 1,5 показан на рисунке ниже.



Рисунок 27: Гелиослит 1.5 система слежения

### **Производительность систем слежения**

PV-панели с любой системой слежения будут иметь увеличенную мощность по отношению к стационарным системам крепления. Эта дополнительная производительность для систем слежения зависит от географического расположения, типа PV-модуля, типа системы управления, временной горизонт для измерений и применяемого угла наклона.

Производственная модель одноосных трекеров несколько отличается от фиксированных систем, так как они имеют увеличенное поколение в раннее и позднее время суток при уменьшенном пике в середине дня. В целом, модель производства более выгодна для энергосистемы, поскольку мощность обычно меньше колеблется в течение дня.

### **мощность (мощность) фотоэлектрических модулей**

Мощность (мощность) выработки энергии солнечного модуля зависит от интенсивности получаемого им излучения, угла падения, спектрального распределения солнечного излучения, а также от температуры модуля. Поэтому по практическим соображениям мощность модуля относится к набору лабораторных стандартных условий испытаний (ЛТУ), которые соответствуют облучению 1000 Вт/м<sup>2</sup> со спектральным распределением AM 1,5, перпендикулярным поверхности модуля, и температурой ячейки 25°C. Эта мощность STC называется пиковой мощностью  $P_p$  [кВт].

### **Убытки и исправления**

Так как фактические условия эксплуатации всегда будут отличаться от стандартных условий испытаний, средняя мощность модуля в течение года будет отличаться от пиковой. Мощность солнечного модуля уменьшается по сравнению со значением  $P_p$ , когда фактическая температура элемента выше 25°C, когда полученное облучение собирается под углом, отличным от нормального прямого облучения, и когда облучение ниже 1000 Вт/м<sup>2</sup>. Кроме того, часть электроэнергии, вырабатываемой солнечными модулями, теряется в остальной части системы, например, в инверторе (инверторах) DC-to-AC, кабелях, комбинированных коробках, а для более крупных фотоэлектрических установок - также в трансформаторе. Выработка электроэнергии от фотоэлектрической установки с пиковой мощностью  $P_p$  может быть рассчитана как:

$$\text{Энергия} = P_p * \text{Глобальное горизонтальное облучение} * \text{Коэффициент транспозиции} * \text{Коэффициент производительности}$$

По практическим соображениям, различные потери часто сводятся к одному фактору, называемому коэффициентом эффективности, который описывает все потери энергии в системе по сравнению со справочником, где все облучение получено в стандартных условиях испытаний. Помимо отражения света при проникновении на поверхность стекла и ячеек, не-STC поправок, а также потерь инвертора и трансформатора, коэффициент производительности также включает в себя потери продукции из-за загрязнения панелей, потери электрического несоответствия между модулями, потери в кабеле и т.д. Подъем от бифасности обычно включается в коэффициент производительности или представляется отдельно.

### **Мощность и размерный коэффициент инвертора**

Мощность инвертора, также известная как номинальная мощность, определяет верхний предел мощности, которая может поставляться из установки и определяет мощность установки,  $P [WAC]$ . Зависимость ( $P_p/P$ ) между пиковой мощностью  $P_p [WDC]$  и мощностью установки  $P$  называется определяющим фактором. Высокий размерный коэффициент приводит к сокращению производства в часы пиковых нагрузок, но в то же время снижает затраты на инверторы и подключение к сети. Размерный коэффициент оптимизируется по-разному, независимо от того, является ли это ограничивающим фактором установки; наличие площади, наличие сетевого подключения, схема субсидирования, налагаемые ограничения на допустимую номинальную мощность, профиль ежедневного самопотребления, фиксированная физическая ориентация или угол наклона модулей и т.д. Диапазон размерного коэффициента, как правило, находится в пределах от 1,0 до 1,35 во всем мире.

### **Износ и деградация**

В целом, фотоэлектрическая установка очень прочна и требует минимальной замены компонентов в течение всего срока службы. Обычно инвертор необходимо менять каждые 10-15 лет. Для фотоэлектрических модулей будет иметь место только ограниченная физическая деградация. Обычно приписывается постоянная годовая скорость деградации 0.3 - 0.5 % в год к общему объему производства установки.

Эта скорость деградации не представляет собой фактический физический механизм, а скорее отражает общую частоту отказов в соответствии с обычной теорией надежности с изначально высокой (по сравнению с более поздними), но быстро снижающейся "младенческой смертностью", за которой следует низкая частота постоянных отказов и растущая частотность отказов к концу срока службы различных изделий.

Неисправности фотоэлектрической системы обычно связаны с пайкой, трещинами в ячейках или горячими точками, пожелтением или отслоением фольги инкапсулянта, поломками распределительных коробок, неплотно соединенными кабелями, градом и молнией. Деградацию трудно оценить на проектном уровне, так как величина деградации легко может быть компенсирована или перегружена другими факторами, влияющими на эффективность отдельной системы.

### **Вход**

Солнечное излучение является входом фотоэлектрической панели. Облучение, которое получает модуль, зависит от потенциала солнечного энергоресурса в месте расположения, включая условия затенения и ориентацию модуля.

### **Выход**

Все фотоэлектрические модули генерируют электричество постоянного тока (DC) в качестве выхода, который затем должен быть преобразован в переменный ток (AC) с помощью инвертора. Некоторые модули (модули AC) поставляются со встроенным инвертером, который обладает определенными техническими преимуществами, такими как улучшенная модульность в установке, большая гибкость в ориентации установки отдельных модулей (стандартные инвертеры струны требуют, чтобы все модули в электрической струне были установлены в одной ориентации), большее теневое сопротивление, легкое отключение в случае пожара, что делает их более безопасными, а также простые электрические работы переменного тока, которые должны выполняться непосредственно на панели на крыше. Однако эти интегрированные инверторы стоят дороже и поэтому обычно применяются только в жилых фотоэлектрических модулях.

От чего зависит выработка энергии:

- Количество солнечного излучения, полученное в плоскости модуля (см. выше).
- Установленная мощность генерации модулей.
- Убытки, связанные с местом установки (загрязнение и затенение).
- Потери, связанные с преобразованием солнечного света в электричество.
- Потери, связанные с преобразованием постоянного тока в переменный в инверторе.
- Подключение к сетям и потери в трансформаторе.
- Длина и поперечное сечение кабеля, а также общее качество компонентов.

### Типичные возможности

Фотоэлектрические системы доступны в диапазоне от нескольких ватт до гигаватт, но в этом контексте актуальны только фотоэлектрические системы от нескольких сотен ватт до нескольких сотен мегаватт.

PV-системы по своей сути являются модульными с различными типичными размерами модулей в отношении использования в жилых, коммерческих и коммунальных помещениях. Типичный размер модульной единицы составляет от 250 до 300 Вт в секунду для жилых помещений, в то время как размер шкалы для коммунальных нужд составляет от 350 до 430 Вт в секунду, но может быть до 500 Вт в секунду.

Размер типичной *жилой* установки обычно составляет от 4 до 6 кВт, что соответствует площади 25-40 м<sup>2</sup> для модулей c-Si. Жилые фотоэлектрические установки часто оптимизированы для высокой степени самопотребления с инверторным коэффициентом 1,0 - 1,2, но могут также подавать избыточную мощность на внешние радиусы распределительной сети. Для увеличения самопотребления фотоэлектрические батареи в жилых помещениях могут быть объединены с батареями небольшого размера для поглощения пиковой генерации.

*Коммерческие* и промышленные фотоэлектрические системы обычно устанавливаются в жилых, офисных или общественных зданиях и, как правило, имеют размер от 50 до 500 кВт. Такие системы часто проектируются для заполнения доступной площади крыши, но также и для высокой степени самопотребления. Они обычно имеют размерный коэффициент около 1.1 - 1.2 и могут подавать несамопотребляемую энергию на трансформатор в распределительной сети низкого напряжения.

*Коммунальные масштабные* системы или фотоэлектрические станции обычно монтируются на земле и обычно имеют размеры от 0,5 МВт и выше. Они обычно эксплуатируются независимыми производителями электроэнергии, которые с помощью трансформаторов подают энергию в сеть среднего напряжения. Размерный коэффициент обычно составляет около 1,25.

### Требование к площади

Площадь модуля, необходимая для выдачи 1 кВт/п пиковой мощности генерации, может быть рассчитана как  $1/\eta_{mod}$ , и равна 5.3 м<sup>2</sup> к современным стандартным PV модулям. Для модулей на наклонных крышах требуется 1 м<sup>2</sup> площади крыши на м<sup>2</sup> площади модуля.

Модули на плоских крышах и модули на земле, как правило, требуют больше площади крыши и земли, чем площадь самих модулей, чтобы избежать слишком большого затенения от других модулей. В таблице ниже приведены типичные соотношения площади модуля к поверхности земли, необходимой для установки, так называемые коэффициенты покрытия земли. При установке в жилых помещениях в таблице показано соотношение между площадью модуля и площадью крыши (при условии наклонной установки крыши).

Таблица 11: Коэффициент охвата земли и плотность мощности для различных фотоэлектрических сегментов

	Жилье	Коммерческий сайт	Полезность
Коэффициент покрытия земли	1.0	0.8	0.4

### Способность регулирования

Генерация от фотоэлектрической системы отражает годовую и суточную вариативность солнечного излучения. При подключении фотоэлектрических систем к электросети необходимо соблюдать набор сетевых кодов, описывающих требуемые функциональные возможности и протокол связи, установленный TSO и DSO. Подробные технические требования зависят от размеров системы и не накладывают никаких специфических технических требований, которые не могут быть выполнены ни одним современным фотоэлектрическим инвертером. Для систем мощностью выше 125 кВт необходим контроллер парка, который взаимодействует с оператором сети, чтобы обеспечить дистанционное управление всех отдельных инвертеров на системном уровне, что позволяет системе предоставлять дополнительные сетевые услуги, такие как частотная характеристика, реактивная мощность, переменное выходное напряжение или функциональность при сбоях в электросети. Фотоэлектрические установки могут также обеспечивать понижающее регулирование, если они генерируют или повышающее регулирование, если они не генерируют на максимальной мощности. Тем не менее, в настоящее время большинство установленных фотоэлектрических установок поставляют полное количество доступной энергии потребителю/сети.

### Преимущества/недостатки

Преимущества:

- PV не использует топливо или другие расходные материалы.
- PV бесшумна (за исключением шума вентилятора от инвертеров и трансформаторов).
- Электроэнергия вырабатывается днем, когда спрос на нее высок.
- PV дополняет ветровую энергию, так как общий профиль сезонной/суточной генерации отличается.
- PV предлагает функции стабилизации сетки.
- PV-модули имеют длительный срок службы более 30 лет, а PV-модули могут быть переработаны.
- PV-системы являются модульными и простыми в установке.
- Эксплуатация и техническое обслуживание (ЭиТО) фотоэлектрических установок проста и ограничена, так как нет движущихся частей, за исключением гусеничных тележек, и нет износа. Замена инвертеров требуется только один или два раза в течение срока эксплуатации установки.
- Крупные фотоэлектрические станции могут быть установлены на землях, которые в противном случае не будут использоваться в коммерческих целях (свалки, зоны ограниченного доступа или химически загрязненные территории).
- Фотоэлектрические системы, интегрированные в здания, не требуют дополнительного пространства земли, а электрическое соединение доступно без каких-либо дополнительных затрат или по небольшой цене.

Недостатки:

- Фотоэлектрические системы имеют высокую начальную стоимость и низкий коэффициент мощности.
- Эстетические проблемы могут ограничить использование фотоэлектрической энергии в определенных городских средах и на открытом пространстве, когда визуальное воздействие недопустимо.
- Фотоэлектрические установки могут предоставлять вспомогательные услуги только в определенных ситуациях, так как генерация обычно следует за ежедневными и ежегодными колебаниями солнечного излучения.
- Изобилие материалов (In, Ga, Te) вызывает озабоченность в связи с крупномасштабным внедрением некоторых тонкопленочных технологий (CIGS, CdTe).
- Некоторые тонкопленочные технологии действительно содержат небольшие количества токсичного кадмия и мышьяка.
- Лучшие перовскитовые поглотители содержат растворимые органические свинцовые соединения, которые являются токсичными и экологически опасными на уровне, требующем чрезвычайных мер предосторожности.
- Фотоэлектрические системы достаточно интенсивны по площади, так как коэффициент MWp/га довольно низок, обычно около 0,5 - 0,8 MWp/га в зависимости от масштаба и области применения.

### Окружающая среда

Воздействие на окружающую среду при производстве, установке и эксплуатации фотоэлектрических систем ограничено.

Тонкопленочные модули могут содержать небольшое количество кадмия и мышьяка, но все фотоэлектрические модули, а также инверторы подпадают под действие директивы Европейского Союза "Отходы от электрического и электронного оборудования" (WEEE), в соответствии с которой организована соответствующая обработка изделий по окончании срока службы.

Время окупаемости энергии (EPBT) зависит от множества факторов, таких как тип фотоэлектрической технологии, тип производителя и географическое местоположение. В настоящее время среднее значение EPBT типичной кристаллической кремниевой фотоэлектрической системы в Европе составляет 1 год.

Вообще, многокристаллические ячейки имеют немного ниже EPBT по сравнению с монокристаллическими, так как процесс изготовления многокристаллических ячеек менее энергоемкий, так как кристаллическая чистота является приоритетной для монокристаллических ячеек.

### Количественное описание

Поскольку границей данных в каталоге, как по стоимости, так и по эксплуатационным характеристикам, является энергия, подаваемая в электрическую сеть, все значения, представленные в спецификациях, относятся к мощности подключения к электрической сети переменного тока, если не указано конкретно или если не указано иначе. Однако, из-за сильной корреляции многих элементов затрат с пиковой мощностью (за исключением инверторов и электрических соединений переменного тока) и релевантности в секторе фотоэлектрических батарей, финансовые данные также представлены в явном виде в соответствии с пиковой мощностью постоянного тока в нижней части спецификаций.

Обратите внимание, что в предыдущих версиях каталога, напротив, в листе данных для станций коммунального масштаба были явно указаны оба абонемента либо на пиковую мощность переменного тока, либо на пиковую мощность постоянного тока.



### Технические характеристики 32 - Фотоэлектрические, малые жилые системы

Фотогальваника: Малые жилые системы	
<b>Вход</b>	
Глобальное горизонтальное облучение (кВтч/м <sup>2</sup> /г)	1,068
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Типичная мощность для одной установки (кВт) (мощность установки)	6
Типичная пиковая мощность для одной установки на STC (кВт)	6.3
<b>Энергетические/технические данные - проектирование системы</b>	
Размерный коэффициент DC/AC (Wp/W)	1.05
Коэффициент перестановки для системы фиксированного наклона	1.10
Коэффициент эффективности (измерение комбинированных убытков)	0.84
КПД преобразования фотоэлектрических модулей (%)	19%
Наличие (%)	100%
Технический срок службы всей системы (годы)	35
Инверторный срок службы (годы)	15
<b>Выход</b>	
Часы полной загрузки (кВт/кВт)	1,043
Часы пиковой мощности при полной загрузке (кВт/кВт.ч)	993
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции, общая система (M\$US/MW)	1.37
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWp/y)	15,488

### Технический паспорт 33 - Фотоэлектрические, среднегабаритные коммерческие системы

Фотогальваника: Средние коммерческие системы	
<b>Вход</b>	
Глобальное горизонтальное облучение (кВтч/м <sup>2</sup> /г)	1,068
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Типичная мощность для одной установки (кВт) (мощность установки)	100
Типичная пиковая мощность для одной установки на STC (кВт)	110
<b>Энергетические/технические данные - проектирование системы</b>	
Размерный коэффициент DC/AC (Wp/W)	1.1
Коэффициент перестановки для системы фиксированного наклона	1.1
Коэффициент эффективности (измерение комбинированных убытков)	0.87
КПД преобразования фотоэлектрических модулей (%)	19.0%
Наличие (%)	100%
Технический срок службы всей системы (годы)	35
Инверторный срок службы (годы)	15
<b>Выход</b>	
Часы полной загрузки (кВт/кВт)	1,129
Часы пиковой мощности при полной загрузке (кВт/кВт.ч)	1,027
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции, общая система (M\$US/MW)	0.97
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	12,584

### Технические характеристики 34 - Фотоэлектрические, крупномасштабные коммунальные системы

Фотовольтаика: Крупномасштабные коммунальные системы	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Генерирующая мощность для одного блока (МВт)	8.0
Среднегодовое количество часов работы на полную загрузку (МВт/МВт)	1,647
Принудительное отключение (%)	0%
Запланированное отключение (%)	0%

<b>Фотовольтаика: Крупномасштабные коммунальные системы</b>	
Срок службы (годы)	40
Срок строительства (годы)	0.5
Требуемая площадь (1000 м2/МВт)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US/MW)	0.53
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	10,769

DRAFT

## Тепловые насосы

---

### Краткое описание технологии

Тепловые насосы используют ту же технологию, что и холодильники, перемещая тепло с низкотемпературного уровня на более высокотемпературный. Тепловые насосы забирают тепло из источника тепла (тепло на входе) и преобразуют тепло в более высокую температуру (тепло на выходе) посредством замкнутого процесса; либо тепловые насосы компрессионного типа (с использованием электричества или топлива), либо абсорбционные тепловые насосы (с использованием тепла, например, пара, горячей воды или масла). Существует множество различных вариантов тепловых насосов, которые в целом можно разделить на приведенные ниже (или комбинации):

- Компрессионные тепловые насосы, использующие электричество
- Компрессионные тепловые насосы, использующие двигатель внутреннего сгорания
- Поглощающие тепловые насосы, с прямым/прямым обжигом

Важным моментом, касающимся тепловых насосов, является способность "производить" как нагрев, так и охлаждение. При применении с основным назначением охлаждения потребность в охлаждении определяет мощность. При установке для охлаждения тепловой насос обычно является единственным источником охлаждения, тогда как при установке для отопления он во многих случаях будет находиться в комбинации с другими источниками, которые могут обеспечить тепловую энергию (например, на установке централизованного теплоснабжения (ЦТ)). Однако основным назначением тепловых насосов в технологическом каталоге является отопление. В данной главе под единицей МВт подразумевается теплопроизводительность (также МДж/с), если не указано иное.

Тепловые насосы могут использовать несколько различных источников тепла. В связи с последними достижениями в области использования тепловых насосов на установках РТ в данной главе основное внимание уделяется тепловым насосам сжатия, использующим воздух, промышленное избыточное тепло и морскую воду на существующих электростанциях.

Тепловые насосы используются для промышленных процессов, индивидуального отопления помещений и производства тепла для централизованного теплоснабжения. Тепловые насосы обычно устанавливаются в качестве дополнения к существующим установкам по производству тепла, что означает возможность совместного производства. Крупномасштабные тепловые насосы часто проектируются с мощностью, эквивалентной половине пикового спроса на тепло из-за высоких удельных инвестиционных затрат. Это позволяет тепловому насосу вырабатывать от 85 до 90% годовой потребности в тепле в качестве базовой нагрузки, где пиковая нагрузка или резервные агрегаты дополняют пиковую нагрузку.

Применение больших тепловых насосов в системах РТ может повлиять на развитие тепловых насосов во всем мире - как самой технологии, так и области применения.

Основное внимание в данной главе уделено наиболее актуальным на данный момент (2020 г.) применениям в системах РТ. Они являются таковыми:

- Компрессионные тепловые насосы, использующие окружающий воздух (1, 3 и 10 МВт).
- Компрессионные тепловые насосы, использующие промышленное избыточное тепло (1, 3 и 10 МВт).
- Компрессионные тепловые насосы, использующие морскую воду (20 МВт).
- Абсорбционные тепловые насосы (12 МВт)

Возможны и другие применения.

В настоящее время быстрыми темпами идет внедрение компрессионных тепловых насосов, использующих окружающий воздух. Там, где это возможно, для снижения потребления энергии могут быть использованы промышленные избыточные тепловые насосы, а в ближайшем будущем ожидается внедрение компрессионных тепловых насосов, использующих морскую воду, в более крупных центральных системах ЦТ.

Что касается разрешений и контрактов, выданных регулирующими органами, то тепловые насосы с источником воздуха являются самым простым и быстрым типом для установки, так как они не требуют привлечения внешних партнеров.

Тепловые насосы, использующие избыточное тепло, могут давать более низкие затраты на производство тепла, так как более высокая температура источника приводит к высокому коэффициенту полезного действия (КПД). Удаление избыточного тепла также может быть выгодно для заводов, так как это может снизить потребление энергии или воды на градирнях и т.д. Теплонасосные системы в первую очередь относятся к процессам с высоким потреблением энергии и большим количеством часов работы.

Избыточное тепло обычно используется при подключении существующих систем охлаждения к тепловому насосу, что означает, что оно удаляет тепло из охлаждающей воды или гликоля и заменяет работу чиллеров или градирен. Системы тепловых насосов для таких применений относительно просты в установке, и основным препятствием часто является расстояние между охлаждающей водой и системой ЦТ. В большинстве случаев тепловой насос подключается последовательно или параллельно к существующим системам охлаждения и тем самым повышается надежность системы охлаждения. Тепловой насос покрывает базовую нагрузку на охлаждение, в то время как существующие холодильные установки являются резервными или пиковыми блоками нагрузки, что повышает безопасность эксплуатации. Важно оценить одновременность потребности в охлаждении и обогреве. Часто потребность в охлаждении возрастает летом, в то время как потребность в отоплении возрастает зимой. В некоторых случаях избыточное тепло может выделяться при более высоких температурах, что позволяет осуществлять прямой теплообмен, что следует сделать до использования теплового насоса для дальнейшего охлаждения. Это выходит за рамки данной главы.

При сушке большая часть избыточного тепла уходит через влажный вентиляционный воздух, поэтому нет необходимости в прямом охлаждении. В таких случаях избыточное тепло может быть рекуперировано путем охлаждения и осушения вентиляционного воздуха по мере его выхода из процесса. Для этого требуются охлаждающие поверхности на выходе из вентиляционной системы, что обычно сложнее, чем использование теплового насоса, использующего избыточное тепло охлаждающей воды.

### **Компрессионные тепловые насосы**

Для тепловых насосов сжатия теплопроизводительность обычно в 3-5 раз больше потребляемой электроэнергии (или энергии привода). Это соотношение называется коэффициентом мощности (КПД). Практически достижимый КПД зависит от эффективности конкретного теплового насоса (КПД Лоренца, который не следует путать с КПД Лоренца), температуры источника и поглотителя тепла и разницы температур между источником и поглотителем тепла. Поток энергии проиллюстрирован на диаграмме Sankey на Рисунке 1.

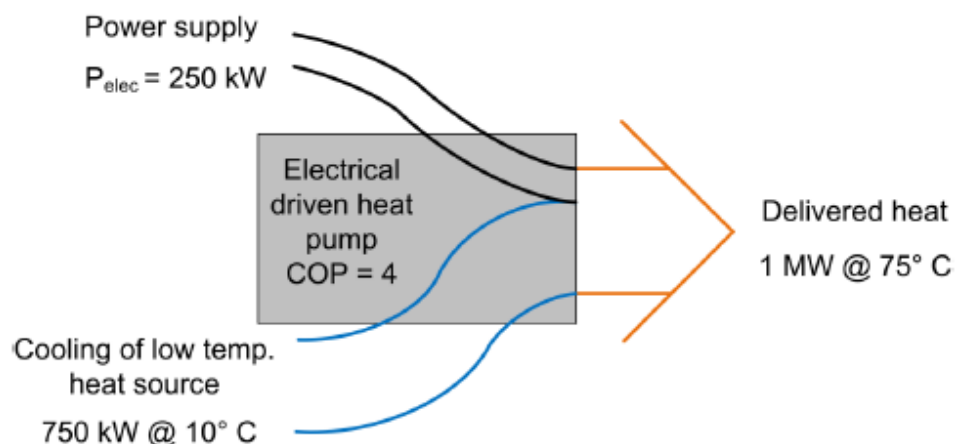


Рисунок 28: Потребляемая мощность 250 кВт позволяет тепловому насосу использовать 750 кВт от низкотемпературного источника при 10°С. Таким образом, подача 1 МВт при 75°С (КПД - 4).

Общий цикл работы теплового насоса показан на рисунке ниже. Для теплового насоса, подающего ГН, источником может быть окружающий воздух или поток охлаждения от промышленного процесса, в то время как поглотителем может быть поток возвратной воды ГН, например, при температуре 40 °С, нагретой до более высокой температуры. Испаритель и конденсатор - это теплообменники, обеспечивающие теплообмен, при этом хладагент отделяется от жидкостно-источника и поглотителя.

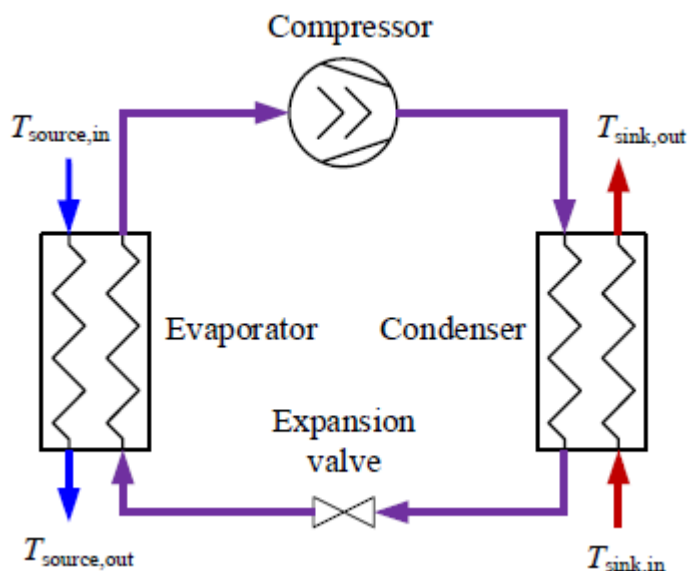


Рисунок 29: Эскиз цикла теплового насоса с компонентами. КПД Лоренца является теоретическим максимумом.

### Расчет КС

Теоретический КПД может быть рассчитан как "КПД Карнота" или "КПД Лоренца", который соотносит механическую работу с разницей температур в технологии производства электроэнергии, охлаждения и тепловых насосов. Carnot рассматривает один цикл охлаждения с одним конденсатором и одним испарителем и соотносит механическую работу с разницей

температур между конденсатором и испарителем. Метод расчета Лоренца предпочтительнее для "ступенчатых" циклов Карно, в которых нагрев и/или охлаждение выполняются в несколько этапов, как в случае РТ, с повышением температуры на 30 - 50 К. При таком повышении температуры система теплового насоса обычно включает несколько конденсаторов последовательно, что означает, что система состоит из нескольких Ранкинских циклов. В этом контексте цикл Лоренца предпочтительнее, чем Carnot, так как он включает в себя больше шагов в цикле. Уравнение для КОП Лоренца показано в уравнении ниже.

$$\text{COP}_{\text{Lorenz}} = \frac{T_{\text{lm,sink}}}{T_{\text{lm,sink}} - T_{\text{lm,source}}}, \quad \text{where } T_{\text{lm}} = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{\ln\left(\frac{T_{\text{in}}}{T_{\text{out}}}\right)}$$

Где  $T_{\text{lm}}$  - это средняя температура бревна теплообменника-источника и поглотителя. Температуру следует вводить как абсолютную температуру, например, Кельвин.

Соответственно, тепловой насос, нагревающий воду от 45 до 85°C (DH) и охлаждающий источник от 20 до 15°C (охлаждающая вода с завода), будет иметь КПД Лоренца 7,2. На практике, однако, КПД будет ниже из-за механических и тепловых потерь, обычно около 40 - 60 % теоретического КПД. Отношение между практически достижимым и теоретическим КПД, приведенное в приведенном ниже уравнении, зависит от эффективности компонентов, теплообменников, хладагентов и многого другого.

$$\text{COP}_{\text{real}} = \text{COP}_{\text{Lorenz}} \cdot \eta_{\text{Lorenz}}$$

Все значения КП, указанные в этой главе, являются практически достижимыми значениями, если больше ничего не указано.

На рисунке ниже показана зависимость между КП и температурой источника для двух систем с разными требованиями к температуре поглотителя ( $T_{\text{sink,in}}$  и  $T_{\text{sink,out}}$ ), т.е. на рисунке показаны практически достижимые значения КП и то, как на это влияет температура источника и температура поглотителя. Значения вычисляются с использованием источника тепла, который охлаждается на 5°C - например, источник тепла  $T_{\text{source,in}} = 30^\circ\text{C}$  охлаждается до  $T_{\text{source,out}} = 25^\circ\text{C}$ . В этом примере КПД Лоренца установлен на уровне 50%. Увеличение охлаждения источника тепла (нижний  $T_{\text{source,out}}$ ) приведет к более низкому КП, но более высокой выходной мощности, так как больше энергии перемещается.

COP values at 50 % Lorenz efficiency

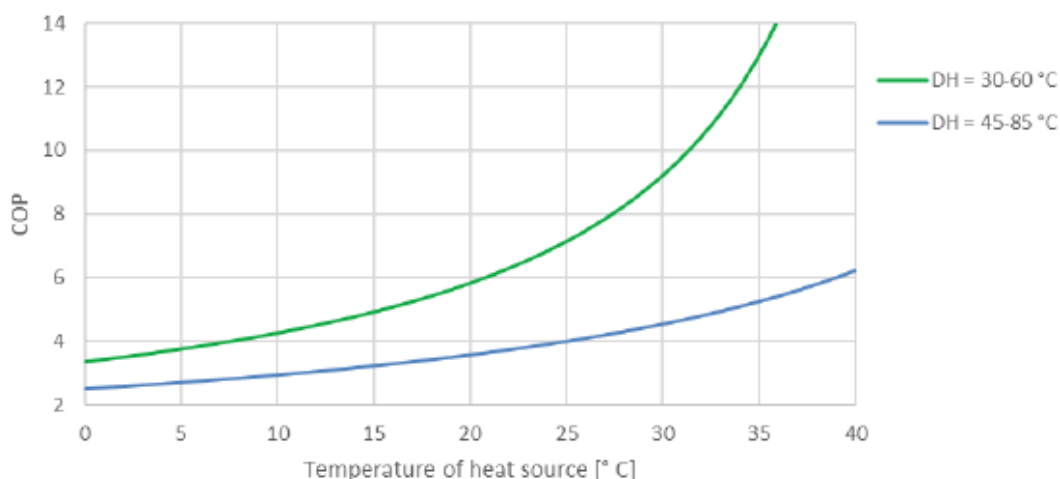


Рисунок 30: Практически достижимые значения КП тепловых насосов сжатия с переменной температурой источника тепла при двух различных требованиях к поглотителю

Как показано на рисунке, температуры как поглотителя, так и источника оказывают большое влияние на КП тепловых насосов сжатия. Это также не зависит от КПД самого теплового насоса. Из этого следует, что тепловые насосы больше всего подходят для низких температур РТ в сочетании с высокотемпературными источниками. На теплопроизводительность на выходе также влияют температуры, особенно температура источника. Это является результатом более низкого давления испарения, что означает, что газ хладагента менее плотен при низких температурах. На рисунке ниже показана холодопроизводительность конкретного компрессора с рабочим объемом 1000 м<sup>3</sup>/час.

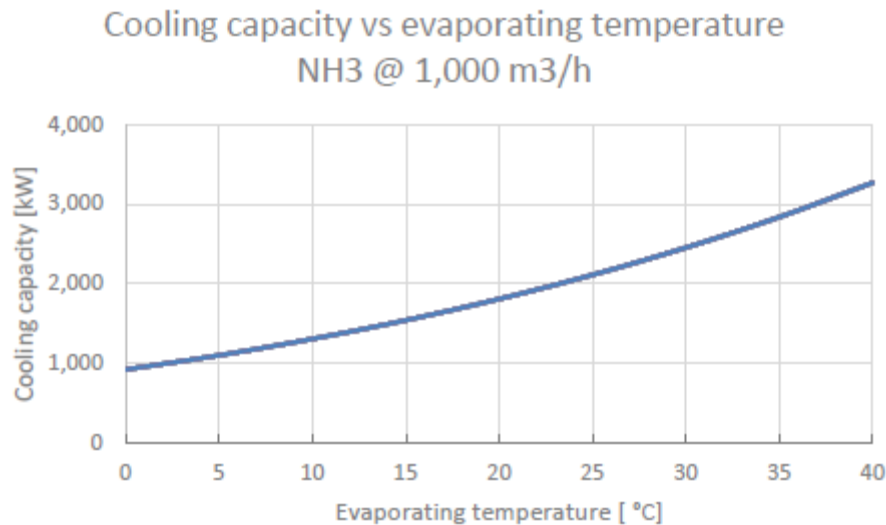


Рисунок 31: Мощность охлаждения конкретного компрессора в зависимости от температуры испарения

Поэтому теплопроизводительность тепловых насосов, использующих источники тепла окружающей среды, как правило, максимальна в летний период. На рисунке показана производительность конкретного компрессора при определенных температурах РТ, и он служит только в качестве примера. Отношение может отличаться в зависимости от конкретной конструкции. Таким образом, для оценки важно заметить отклонения в производительности для конкретных рассматриваемых установок, а также колебания температур.

#### Дополнительная информация для тепловых насосов сжатия

Наиболее значимыми источниками тепла для тепловых насосов в настоящее время являются окружающий воздух, избыточное тепло в промышленности и морская вода.

Тепловые насосы с источником воздуха могут быть более сложными в эксплуатации, чем другие типы, где источник тепла основан на воде или гликоле. Важно особенно тщательно подходить к проектированию и определению размеров воздухоохладителей, в которых листья, пыль или мороз могут заблокировать воздушный поток. Кроме того, неправильное расположение или недостаточное пространство вокруг воздухоохладителей может привести к короткому замыканию охлаждающего воздуха. В этом случае уже охлажденный воздух возвращается на охлаждающую поверхность, уменьшая поток свежего и "теплого" воздуха.

В целом, конструкция и размеры охлаждающих поверхностей оказывают большое влияние на производительность тепловых насосов с источником воздуха, снижая как теплоемкость, так и КПД теплового насоса при ненадлежащем проектировании.

Размораживание также важно для правильного обращения. Иней должен быть точно обнаружен, а динамическое размораживание должно быть обеспечено только при необходимости. Ранние тепловые насосы с источником воздуха полностью прекратили производство тепла во время

размораживания, в то время как более новые установки продолжают работать на пониженной или полной мощности во время размораживания.

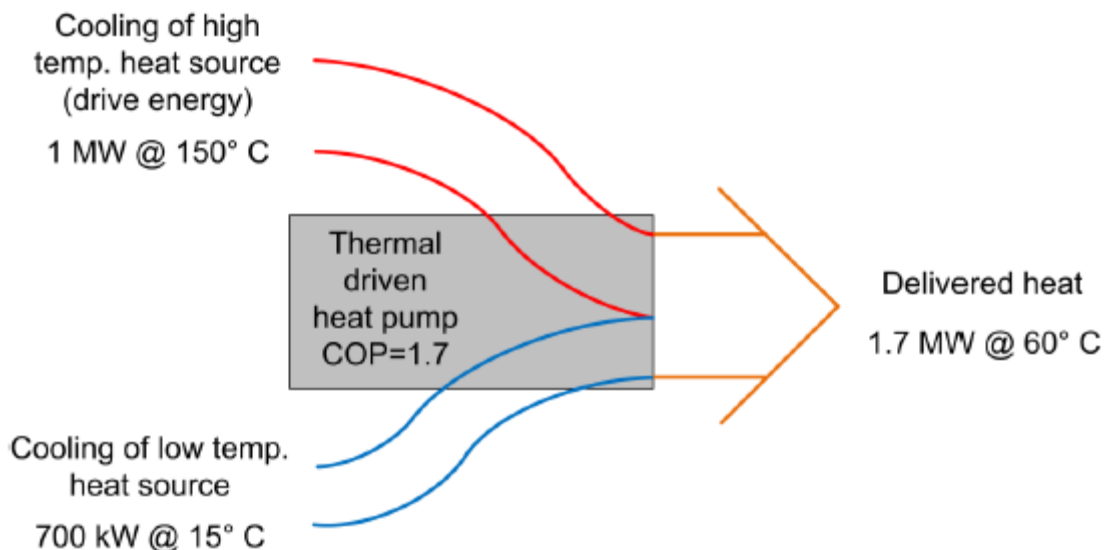
Раньше на заводах для размораживания поверхностей охлаждения использовалось 2-2,5 % годового объема производства тепла. Для недавно установленных небольших установок, использующих вторичные контуры, этот показатель был снижен примерно до 1%, в то время как более крупные установки, использующие хладагент непосредственно в воздухоохладителях, используют избыточное тепло в хладагенте для обеспечения оттаивания без снижения теплопроизводства.

### **Абсорбционные тепловые насосы**

В абсорбционных тепловых насосах высокотемпературное тепло используется для регенерации хладагента, который может испаряться при низкой температуре и таким образом использовать энергию низкого качества. Энергия, получаемая как от тепла привода, так и от низкотемпературного источника тепла, подается при температуре между раковинами. Теоретически 1 кДж тепла может регенерировать около 1 кДж хладагента, что означает, что абсорбционный тепловой насос имеет теоретический максимальный КПД 2. Из-за потерь в системе практически достижимый КПД составляет около 1,7.

Для абсорбционных тепловых насосов КП не зависит от уровня температуры. Для того, чтобы процесс развивался, требуется определенная разница температур, но до тех пор, пока она достигается, КП будет около 1,7 и не будет зависеть от дальнейшего повышения температуры энергии привода. Различные температурные уровни как в энергии привода, так и в источнике тепла и РТ влияют друг на друга, что означает, что определенная температура РТ возможна только при соответствующем источнике тепла и/или определенном температурном уровне энергии привода. Это важно учитывать, так как эти границы могут существовать в некоторых приложениях.

Поток энергии проиллюстрирован на диаграмме Sankey на рисунке ниже:



*Рисунок 32: Высокотемпературный привод мощностью 1 МВт позволяет тепловому насосу использовать 700 кВт от низкотемпературного источника тепла при 15 °С. Таким образом, подача 1,7 МВт при 60 °С (КП 1,7).*

Двухступенчатые версии доступны для особо высоких температур вождения. В двухступенчатых поглощающих тепловых насосах энергия привода используется дважды, что позволяет тепловому насосу использовать почти вдвое больше низкосортной энергии. Практически достижимый КПД двухступенчатых систем обычно составляет 2,3.



## Вход

Тепловые насосы требуют энергии привода и источника тепла.

Энергия привода для тепловых насосов сжатия - это механическая энергия, обычно получаемая за счет электричества в электрическом компрессоре, но могут также использоваться двигатели, потребляющие топливо или биогаз.

Энергия привода для поглощающих тепловых насосов - это тепло, например, пар, горячая вода или дымовые газы. Он также потребляет незначительное количество электроэнергии.

Источниками тепла могут быть окружающий воздух, поверхностные или подземные воды, земля (почва) или избыток тепла от промышленности. Типичные температуры в Казахстане -  $xx^{\circ}\text{C}$  как температура окружающего воздуха и  $xx^{\circ}\text{C}$  как температура грунтовых вод, в то время как избыточное тепло от промышленных процессов имеет гораздо более высокую температуру, что иногда позволяет напрямую рекуперировать тепло. В некоторых случаях тепло на входе поступает через вторичный водный или гликолевый контур, но для оптимальной производительности источник тепла должен быть подключен непосредственно к испарителю теплового насоса.

Растения, использующие грунтовые и поверхностные воды из озер или ручьев, могут быть исследованы для других растений. Хотя эти источники энергии часто вступают в конфликт с другими интересами, такими как бытовое водоснабжение и/или экологические аспекты, что, как правило, приводит к очень трудоемким разрешениям регулирующих органов.

Из-за этого, а также из-за более низких цен на электричество, в настоящее время основным типом установленных тепловых насосов являются тепловые насосы с источником воздуха, а также несколько тепловых насосов, использующих избыточное тепло в промышленности, где это возможно.

Для более крупных центральных станций ожидается, что морская вода может использоваться в дополнение к комбинированному производству тепловой и электрической энергии на топливной основе.

Данная глава посвящена окружающему воздуху, промышленному избытку тепла и морской воде (для крупных центральных установок) в качестве источников тепла для тепловых насосов сжатия, поскольку они считаются наиболее релевантными, хотя другие типы могут быть релевантными в конкретных случаях.

По техническим причинам абсорбционные тепловые насосы ограничиваются источниками тепла, которые теплее примерно на  $15^{\circ}\text{C}$ . Поэтому невозможно использовать источники тепла из окружающей среды, а технология в первую очередь пригодна для промышленных избытков тепла и дымовых газов, образующихся в результате сгорания.

## Выход

В этой главе тепло определяется как единственная мощность, но охлаждение (которое является входом от источника тепла) также может рассматриваться как полезная мощность. Для крупномасштабных тепловых насосов тепло обычно подается конечному потребителю через систему РТ на водяной основе.

Максимальная температура подачи отличается в зависимости от типа (сжимающий или абсорбирующий тепловой насос), а также в пределах обоих типов в зависимости от фактического хладагента, расчетного давления и многого другого. Наиболее часто используемые типы могут достигать температуры около  $73^{\circ}\text{C}$ , и это является основной темой данной главы и спецификаций. Более дорогие версии высокого давления доступны там, где требуется  $80^{\circ}\text{C}$  или  $90^{\circ}\text{C}$ . Специальные тепловые насосы сжатия могут достигать  $100-110^{\circ}\text{C}$ , но они применимы только в определенных областях применения.

Поглощающие тепловые насосы ограничены примерно  $85 - 87^{\circ}\text{C}$ , но конкретная температура подачи зависит от температуры источника тепла.

## Типичные возможности

Компрессоры аммиака для крупногабаритных тепловых насосов сжатия выпускаются серийно с производительностью до 10 - 12 000 м<sup>3</sup>/ч, обеспечивая таким образом охлаждающую способность около 10 МВт при температуре испарения 0°С и 20 МВт при 20°С. В зависимости от температурных требований система теплового насоса часто состоит из нескольких ступеней компрессора для достижения наивысшего КПД. В зависимости от источника тепла и температуры подачи ожидается, что тепловые насосы мощностью более 25 МВт будут представлять собой несколько тепловых насосных агрегатов параллельно. В качестве хладагента в тепловых насосах в основном используется аммиак в комбинации с компрессорами объемного типа. С внедрением ГФУ с низким потреблением кВт также возможно использование турбокомпрессоров, что может быть выгодно для еще более крупных установок.

Поглощающие тепловые насосы доступны с мощностью охлаждения до 12 МВт. Таким образом, тепловая мощность с учетом энергии привода составит около 20 МВт.

## Динамическая реакция

Способность регулирования - тема, которая в настоящее время изучается в нескольких проектах.

Поскольку сегодняшний рынок очень ограничен, крупномасштабные тепловые насосы не предназначены для очень быстрого пуска/остановки или изменения нагрузки. Использование адекватных вторичных водяных систем и методов управления вокруг теплового насоса может позволить большинству крупногабаритных тепловых насосов быстро запускать и останавливать их. На практике возможности зависят от конкретной конструкции теплового насоса и системных требований, так как от быстрого изменения нагрузки будут зависеть температура на выходе, КПД и многое другое.

## Преимущества/недостатки

В таблице ниже приведены основные преимущества и недостатки различных типов тепловых насосов и областей их применения.

Таблица 12: Преимущества и недостатки тепловых насосов.

Введите .	Сжатие			Абсорбция
Источник тепла	Окружающий воздух	Избыточное тепло	Морская вода	Избыточное тепло
<b>Преимущества</b>				
Использование низкотемпературных источников тепла	x	x	x	x
Соединение электро- и теплоэнергетического сектора	x	x	x	
Обеспечивает более высокую тепловую отдачу, чем требуемая энергия вождения (КП > 1).	x	x	x	x
Может быть установлен в местах с ограничениями по выбросам выхлопных газов.	x	x	x	
Может поставлять комбинированный нагрев и охлаждение		x		
<b>Недостатки</b>				
Принцип работы до сих пор не известен в некоторых отраслях отопительной промышленности.	x	x	x	x
Высокий КП требует низкой разницы температур между источником и раковинной	x	x	x	(x)

Изменение расхода или температуры источника тепла влияет на производительность теплового насоса (мощность и КПД), что может повысить сложность системы	x	x	x	x
Высокая удельная стоимость инвестиций	x	x	x	x
Может отсутствовать в самые холодные периоды			x	

Общим преимуществом тепловых насосов является то, что тепловой насос способен рекуперировать избыточное тепло или утилизировать энергию из окружающей среды, что позволяет использовать источники тепла, которые в противном случае остались бы неиспользованными традиционными технологиями производства тепла.

В энергетических системах, где электричество играет жизненно важную роль, компрессионные тепловые насосы могут эффективно использовать электричество в системах отопления. Для процессов электрического обогрева тепловые насосы снижают потребление энергии и нагрузку на электрическую сеть.

Компрессионные тепловые насосы с электрическим приводом не имеют прямых выбросов от сжигания топлива, что означает, что эти системы могут быть установлены в местах с ограничениями по выбросам выхлопных газов.

Поглощающие тепловые насосы используют качество энергии высокотемпературных источников тепла, где в противном случае энергия расходуется впустую, например, при использовании котла для подогрева воды до 70°C или 80°C. В таких применениях абсорбционные тепловые насосы могут использовать тепло из котла при более высокой температуре для рекуперации тепла при более низкой температуре, таким образом сокращая потребление топлива примерно на 40%.

По сравнению с традиционными технологиями отопления, тепловые насосы используют иной принцип работы, который до сих пор не известен в некоторых отраслях отопительной промышленности.

Для достижения высокого КП тепловые насосы требуют низкой разницы температур между источником и поглотителем. Поэтому тепловые насосы лучше всего подходят для систем с низкими температурами.

Источник тепла должен быть доступен и пригоден в соответствии с требуемым потреблением тепла. Изменение расхода или температуры источника тепла повлияет на производительность теплового насоса (также на теплопроизводительность и эксплуатацию), что может повысить сложность системы теплового насоса.

По сравнению с большинством традиционных систем производства тепла, тепловые насосы в целом имеют более высокие инвестиционные затраты и более низкие затраты на потребление энергии.

### Окружающая среда

Основное воздействие тепловых насосов на окружающую среду связано с потреблением энергии приводом и зависит от вида топлива и способа его производства. Абсорбционные тепловые насосы обычно применяются там, где топливо уже сгорело, то есть абсорбционные тепловые насосы не увеличивают расход топлива, а просто увеличивают теплоотдачу при существующем потреблении энергии.

Выбросы парниковых газов от хладагентов пренебрежимо малы, так как законодательство некоторых стран запрещает использование хладагентов с высоким значением GWP в контурах с

более чем 10 кг хладагента. Поэтому в тепловых насосах с тепловой мощностью более 60 - 80 кВт используются натуральные хладагенты или низкие GWP-HFC.

Аммиак может быть опасен для млекопитающих и особенно для форм водной флоры и фауны. Поэтому установки по производству аммиака должны соответствовать определенным мерам безопасности при строительстве, размещении и эксплуатации. Другие природные хладагенты очень легко воспламеняются, но не вредны для окружающей среды.

Вентиляторы и охлаждающие поверхности тепловых насосов с источником воздуха создают небольшой шум, который необходимо учитывать при установке таких установок. Практический опыт показывает, что для решения этой проблемы необходимо обеспечить достаточное количество охлаждающих поверхностей для ограничения скорости вентилятора и воздуха. При таком подходе тепловые насосы с источником воздуха можно устанавливать вблизи жилых районов. В целом, проблемы с шумоизоляцией здания (что аналогично для тепловых насосов, использующих другие источники тепла, а не окружающий воздух), а не с охлаждающими поверхностями.

Тепловые насосы **CO2** работают в так называемом транскритическом диапазоне давления, что означает, что хладагент имеет температуру, скользящую по теплой стороне, в то время как холодная сторона испаряется при постоянной температуре. Это означает, что CO2 особенно подходит для применения в тех случаях, когда тепло отбирается из низкотемпературного источника путем охлаждения всего на несколько градусов, в то время как подаваемое тепло обеспечивается при температурном скольжении, возможно, до 40°C. Максимальная температура на выходе систем CO2 приблизительно равна 90°C. Для получения хороших значений КПД в CO2-системах температура на входе нагретой среды не должна быть выше приложения. 40°C.

**Гибридные** тепловые насосы **H2O/NH3** сочетают в себе циклы абсорбции и сжатия паров, отсюда и название гибрида. Аммиак используется в качестве хладагента, но поглощается H2O, таким образом, при пониженном рабочем давлении, что означает, что для высоких температур могут использоваться стандартные компоненты. Максимальная температура в эксплуатируемых системах составляет около 90°C, но при использовании тех же компонентов можно достичь более высоких температур.

**Углеводороды** в основном используются в среднеразмерных приложениях, где в качестве хладагента используется пропан или изобутан. Эти хладагенты могут использоваться со стандартными компонентами коммерческих холодильных установок, что означает низкие инвестиционные затраты. Пропан может достигать температуры 65°C, в то время как изобутан может достигать температуры около 85°C. Эти хладагенты являются легковоспламеняющимися, что означает, что тепловые насосы часто поставляются в специальном шкафу и устанавливаются на открытом воздухе.

**LiBr/Вода** используется в абсорбционных тепловых насосах, в то время как аммиак/вода обычно используется в абсорбционных системах охлаждения. Вода является хладагентом, что означает отрицательное рабочее давление манометра. Самая низкая температура со стороны источника составляет около 6°C, в то время как температура поглотителя может достигать около 85°C. Различные температуры влияют друг на друга, что означает, что низкая температура источника может ограничивать температуру теплоотвода.

Для лифтов с более высокой температурой можно приобрести абсорбционные установки, в которых две системы встроены в одну и соединены последовательно для увеличения температурного лифта.

### **Количественное описание**

Ключевым моментом, касающимся применения данных, содержащихся в технических паспортах, является то, что КПД может значительно варьироваться в зависимости от конкретного температурного режима. Если температурные уровни проекта не соответствуют температурам для

данной спецификации, рекомендуется скорректировать КС в соответствии с описанным методом в подразделе, описывающем *расчеты КС* в Кратком описании технологии.

Применение данных в листах данных для конкретных расчетов проекта должно оцениваться в соответствии с конкретными местными условиями. Многие факторы влияют на эксплуатационные и инвестиционные расходы, и спецификации следует рассматривать только как оценки для средних установок.

### Технические паспорта

В этих технологических листах представлены следующие типы и размеры:

- 1 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие окружающий воздух в качестве источника тепла
- 3 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие окружающий воздух в качестве источника тепла
- 10 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие окружающий воздух в качестве источника тепла.
- 1 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие в качестве источника тепла избыточное промышленное тепло\*.
- 3 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие в качестве источника тепла избыточное промышленное тепло\*.
- 10 МВт Компрессионные тепловые насосы, использующие в качестве источника тепла избыточное промышленное тепло\*.
- 20 МВт Тепловые насосы сжатия, использующие в качестве источника тепла морскую воду.
- Большие тепловые насосы с одним эффектом поглощения

\*Данные по избытку тепла основаны на охлаждающей воде, которая охлаждается от 25 до 15 °С.

Данные, приведенные во всех листах, основаны на данных заводов, имеющих не менее 6000 часов работы в год и работающих 15 лет и более. Это означает, что потребление энергии составляет большую часть затрат с учетом стоимости жизненного цикла. В связи с этим установки с меньшим количеством часов работы в год могут проектироваться с меньшим коэффициентом полезного действия.

### Технические характеристики 35 - Тепловые насосы для сжатия, источник воздуха, небольшой

<b>Тепловые насосы с источником воздуха 1 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	1
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	255
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	290
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.5
Потребность в площади (1000 м <sup>2</sup> на МВт тепла)	1
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	

<b>Тепловые насосы с источником воздуха 1 МВт</b>	
SO <sub>2</sub> (степень сероочистки, %)	
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	1.69
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	3.27

### Технические характеристики 36 - Тепловые насосы сжатия, источник воздуха, среда

<b>Тепловые насосы с источником воздуха 3 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	3
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	310
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	340
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.7
Потребность в площади (1000 м <sup>2</sup> на МВт тепла)	0.8
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень сероочистки, %)	
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	1.15
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	2.66

### Технические характеристики 37 - Тепловые насосы сжатия, источник воздуха, большой

<b>Тепловые насосы с источником воздуха 10 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	10
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	350
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	380
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.7
Потребность в площади (1000 м <sup>2</sup> на МВт тепла)	0.6

<b>Тепловые насосы с источником воздуха 10 МВт</b>	
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень сероочистки, %)	
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	1.04
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	2.06

### Технические характеристики 38 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, малые размеры

<b>Тепловые насосы, использующие тепло промышленных отходов 1 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	1
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	400
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	410
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.5
Потребность в площади (1000 м <sup>2</sup> на МВт тепла)	0.1
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень сероочистки, %)	
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	1.50
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	3.27

### Технические характеристики 39 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, теплоноситель

<b>Тепловые насосы, использующие тепло промышленных отходов 3 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	

<b>Тепловые насосы, использующие тепло промышленных отходов 3 МВт</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	3
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	450
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	460
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт тепла)	0.05
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	1.04
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	2.66

#### Технические характеристики 40 - Тепловые насосы для сжатия, избыточное тепло, большие

<b>Тепловые насосы, использующие тепло промышленных отходов 10 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	10
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	500
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	510
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт тепла)	0.03
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.1
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	0.81



<b>Тепловые насосы, использующие тепло промышленных отходов 10 МВт</b>	
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	2.06

#### Технические характеристики 41 - Тепловые насосы для сжатия, морская вода

<b>Тепловые насосы, использующие морскую воду 20 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Мощность генерации тепла на одну единицу (МДж/с)	20
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	340
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	370
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	1
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	1
Потребность в площади (1000 м2 на МВт тепла)	0.03
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	5
Вторичное регулирование (% в минуту)	10
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.2
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (M\$US на МДж/с)	0.58
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	4,840
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	1.45

#### Технические характеристики 42 - Поглощающие тепловые насосы

<b>Поглощающие тепловые насосы - централизованное теплоснабжение</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт-теплоэнергия) (без учета энергии привода)	12
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	Н/Д
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	170
Расход электроэнергии на насосы и т.д. (% от тепловой генерации)	1
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	0
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	0.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	0.01
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	10
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0.5

<b>Поглощающие тепловые насосы - централизованное теплоснабжение</b>	
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт-теплоэнергии) (без учета энергии привода)	0.73
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MWheat/год)	2,420
Переменный ЭИТО (\$US/MWheat)	1.09

DRAFT

## Электрические котлы

### Краткое описание технологии

Электрические котлы - это устройства в диапазоне типоразмеров МВт, использующие электроэнергию для производства горячей воды или пара для промышленного или централизованного теплоснабжения. Обычно они устанавливаются в качестве устройств с пиковой нагрузкой так же, как и нефтяные или газовые котлы. Поэтому нижеследующее описание электрических котлов основано на стратегии эксплуатации, нацеленной примерно на 500 часов полной нагрузки в год.

Преобразование электрической энергии в тепловую происходит с КПД почти 100%. Однако, с энергетической точки зрения, эта технология должна быть оправдана ее системными преимуществами. Ср. электрические водонагреватели могут быть частью энергетической системы, способствующей использованию энергии ветра и позволяющей эффективно использовать различные источники тепловой энергии.

Таким образом, применение электрических котлов в системах централизованного теплоснабжения обусловлено в первую очередь спросом на вспомогательные услуги, а не спросом на тепло. Хотя можно найти примеры электрических котлов, работающих на спотовом рынке.

Как правило, доступны два типа электрических котлов:

- Нагревательные элементы, использующие электрическое сопротивление (по тому же принципу, что и водонагреватель в обычном домашнем хозяйстве). Обычно электрическое сопротивление используется в небольших приложениях до 1-2 МВт. Эти электрические котлы подключаются при низком напряжении (например, 400 или 690 В, в зависимости от уровня напряжения на распределительном щите на месте).
- Нагревательные элементы с помощью электродных котлов. Электродные системы используются для более крупных применений. Электродные котлы (более нескольких МВт) подключаются непосредственно к сети среднего и высокого напряжения 10-15 кВ (в зависимости от напряжения в локальной распределительной сети).

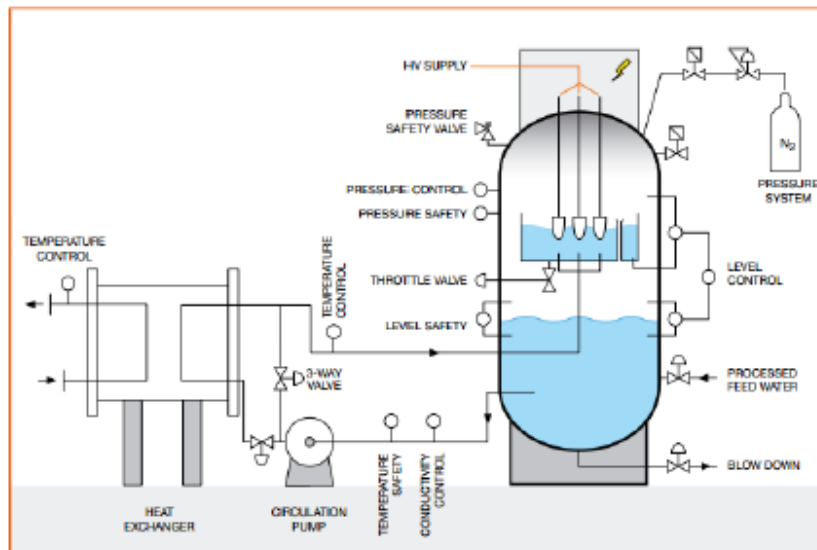
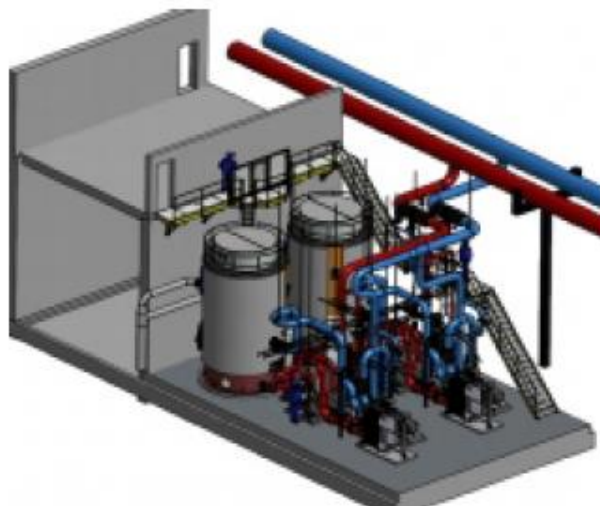


Рисунок 33: Схематическая иллюстрация электродного котла. Тепло вырабатывается в верхней камере за счет омического сопротивления между электродами. Котел находится под давлением с помощью системы инертных газов, например, азота.



*Рисунок 34: Иллюстрация 2х40 МВт электрических котлов, установленных на электростанции. Теплообменники перед электрическими котлами передают тепло из водного контура котла в контур централизованного теплоснабжения (синий/красный трубопровод).*

Нагрев воды в электродных котлах осуществляется с помощью электродной системы, состоящей (как правило) из трехфазных электродов, нейтрального электрода и системы регулирования уровня и расхода воды. При подаче питания на электроды ток от фазовых электродов протекает непосредственно через воду в верхней камере, которая в процессе нагревается. Производительность тепла может быть изменена путем изменения расхода через верхнюю камеру и мощности, проходящей через нее, что позволяет регулировать производительность в диапазоне от 0 до 100%.

В аналогичной технологии тепловая мощность варьируется, изменяя площадь контакта между водой и электродами, за счет покрытия электродов на экранах управления. Таким образом, площадь контакта между водой и электродами может изменяться путем изменения уровня воды вокруг электродов.

В обеих технологиях в дежурной ситуации не будет потребления высокого напряжения, так как единственное потребление в дежурной ситуации происходит за счет циркуляционных насосов, которые находятся в диапазоне 5% от полной нагрузки.

#### **Вход**

Электричество.

#### **Выход**

Тепло (горячая вода).

#### **Типичные возможности**

Соппротивление-бойлеры доступны в пролете 6-5 000 кВт/блок.

Электродные котлы выпускаются в бесшовном пролете 0 - 60 МВт/элемент, с типичной бытовой техникой 5 - 50 МВт/элемент.

Более крупные приложения, как правило, представляют собой комбинацию нескольких отдельных блоков.

### **Требования к площади**

Потребность в полезном пространстве для электрических котлов составляет 20 - 40 м<sup>2</sup> на единицу с общей высотой пригл. 5 - 6,5 м. Также можно найти примеры меньших по размеру единиц. Кроме того, для теплообменников, трубопроводов и т.д. необходима площадь пригл. 50 - 100 м<sup>2</sup> на единицу.

### **Способность регулирования**

Электрические котлы могут участвовать в регулировании вверх и вниз. Современные электродные котлы имеют минимальный резервный расход при использовании в качестве частотно-регулируемых резервов (понижающее регулирование). Потребление в режиме ожидания варьируется в зависимости от типа электродного котла. Новые электродные котлы, например, мощностью 12 МВт, потребляют до нескольких кВт электроэнергии и при высоком напряжении не потребляют. Более старые типы могут иметь потребление в режиме ожидания от 5 до 10%. Вышеупомянутое новое поколение электродных котлов работает таким образом, что напряжение сохраняется в котле, без подачи электроэнергии. При использовании этой технологии единственное "резервное потребление" связано с внутренними насосами, и электродные котлы могут запускаться практически без потребления в режиме ожидания. Учитывая практически полное отсутствие потребности в резервном питании, многие заводы решили поддерживать котел в режиме ожидания, чтобы иметь возможность использовать электродные котлы сразу же, когда это необходимо.

В качестве альтернативы можно предложить регулировку мощности с холодного пуска, тем самым устраняя необходимость в потреблении в режиме ожидания. Это позволяет увеличить время нарастания примерно на 5 минут в ситуациях холодного пуска, как правило, короче, чем необходимо для участия, например, на рынке балансировки мощности. Однако, в связи с вышеуказанным минимальным потреблением в режиме ожидания, работа на электродных котлах в режиме ожидания очень распространена. Смещение нагрузки от 0 до 100% номинальной мощности составляет пригл. 30 секунд.

### **Преимущества/недостатки**

#### Преимущества

Благодаря своей очень простой конструкции, электрический котел является чрезвычайно надежным и простым в обслуживании. Котел не имеет встроенных сложных компонентов, которые могут затруднить эксплуатацию и обслуживание. Котел имеет быстрый запуск и быструю реакцию на нагрузку. Он не требует систем подачи топлива и штабелей.

#### Недостатки

Поскольку потребляемой энергией является электроэнергия, операционные затраты подвержены колебаниям цен на электроэнергию (в зависимости от рынка) и налогов на электроэнергию. Таким образом, цены на электроэнергию составляют большую часть эксплуатационных расходов, не являясь единственным фактором, который необходимо учитывать при оценке экономики деятельности.

В случае использования электрическими котлами мощности от производства тепловой энергии, при оценке общего энергобаланса необходимо будет учитывать экзегетические потери. В зависимости от типа подключения к сети (полное/ограниченное), доступность электродного котла может быть ограничена, как поясняется в Кратком технологическом описании.

### **Окружающая среда**

Во время работы электродкотла используется электричество, а воздействие на окружающую среду от его работы зависит от происхождения электроэнергии. Кроме выбросов, за счет потребляемой электроэнергии, электродкотлы не оказывают локального воздействия на окружающую среду.

### Дополнительные примечания

Эксплуатационные расходы электродкотла в значительной степени зависят от стоимости электроэнергии, т.е. от рыночной цены на электроэнергию и применяемых в настоящее время налогов и сборов. Таким образом, производство тепловой энергии на электрических котлах, например, в централизованном теплоснабжении, может конкурировать с другими теплопроизводящими установками только при низких ценах на электроэнергию (например, в периоды с высоким производством энергии ветра).

Количество часов работы (тепла) электрических котлов на полную нагрузку принимается равным 500 в соответствии с Директивой.

### Технические характеристики 43 - Электрические котлы

<b>Электрические котлы, 400 или 690 В, 0,06-5 МВт; 10 или 15 кВ, &gt;10 МВт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	5
Общий КПД, нетто (%), фирменная табличка	99
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	99
Расход электроэнергии на насосы и т.д. (% от тепловой генерации)	0.5
Принудительное отключение (%)	1
Планируемый перерыв (недели в году)	0.2
Срок службы (годы)	20
Срок строительства (годы)	0.5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	100
Вторичное регулирование (% в минуту)	100
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	5
Теплое время запуска (часы)	0.008
Время холодного запуска (часы)	0.08
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт), 400/690 В; 1-5 МВт	0.18
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт); 10/15 кВ; >10 МВт	0.08
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	1,295
Переменная ЭиТО (\$US/MWh)	1.09

## Геотермальное централизованное отопление

### Краткое описание технологии

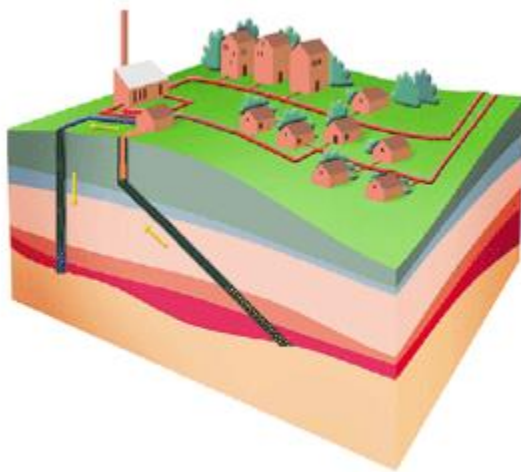
Завод геотермального централизованного теплоснабжения (ЦТ) извлекает тепло из подземных водоемов. Каждая установка состоит из нескольких скважин и установок на поверхности. Горячая вода (называемая рассолом) закачивается из глубоких подземных природных водоемов. Соляной раствор имеет температуру ниже 100°C, а тепло извлекается с помощью теплообменника и, возможно, теплового насоса. Затем выработанный рассол возвращается в резервуар. Данная глава посвящена геотермальным установкам, использующим водопроницаемые резервуары из песчаника.

Последние определения геотермальной энергии включают в себя все тепло от земли. В контексте рассматриваемой главы "Технология" описывается только производство тепла из глубоких скважин (1000 - 3000 м). В следующем разделе рассматриваются другие виды использования производства и хранения тепла из наземных источников, например, тепловые насосы из наземных источников и накопители тепловой энергии из водоносных горизонтов:

- Технологические данные для индивидуальных отопительных установок
- Технологические данные для хранения энергии

Геотермальный потенциал скважины может быть выражен двумя ключевыми факторами: Температура в скважине и проницаемость осадочных слоев, обнаруженных в коллекторе. В среднем температура пласта повышается примерно на 25-30°C на 1 км глубины. Проницаемость примерно вдвое снижается на каждые 300 м глубины. Кроме того, выход энергии из скважины ограничен толщиной и непрерывностью пласта-коллектора.

В типичной системе теплая геотермальная вода закачивается на поверхность из одной или нескольких добывающих скважин, где тепло извлекается через теплообменники и, возможно, через тепловой насос, а выработанный рассол закачивается обратно в исходный пласт через одну или несколько нагнетательных скважин для поддержания давления. На рисунке ниже показана система с двумя скважинами, так называемая дублетная система. Как показано на рисунке, необходимо определенное боковое расстояние в коллекторе между добывающими и закачивающими скважинами. Это можно получить с наклонными траекториями скважин (как показано на рисунке) или, с точки зрения бурения, проще, с вертикальными скважинами и горизонтальной передаточной трубой на поверхности.



*Рисунок 35: Принцип работы геотермальной установки двойной системы, производящей до системы РТ*

Тепло из глубоких резервуаров можно использовать непосредственно через теплообменник, если требуемая температура ниже температуры резервуара. Обычно тепловые насосы применяются для удовлетворения потребности в температуре, так как геотермальные ресурсы в большинстве случаев недостаточно горячие для непосредственного использования тепла. Аналогичным образом, использование тепловых насосов увеличивает производственную мощность за счет охлаждения рассола перед закачкой в пласт. Геотермальная вода имеет высокое содержание соли - часто 10 - 20% (вес - %) - и различных других минералов.

#### Геотермальное районное теплоснабжение

Ключевым параметром на этапе проектирования геотермальной установки РТ является набор температур (подача/обратная подача) в подключенной сетке РТ. Так как температура геотермальной скважины обычно недостаточна, ее часто повышают с помощью теплового насоса. Эффективность тепловых насосов повышается с уменьшением разницы температур между источником тепла и теплоотводом, поэтому снижение температуры подачи РТ в геотермальную установку РТ, как правило, повышает возможность геотермального РТ.

Другим важным фактором на этапе эксплуатации являются затраты на перекачку. Использование более глубоких резервуаров с более высокими температурами, как правило, также увеличивает затраты на перекачку из-за более низкой проницаемости, обычно ожидаемой для более глубоких резервуаров.

Решающее значение имеет также температура рециркуляции РТ, которая, возможно, позволяет осуществлять прямой теплообмен с геотермальной водой для части энергии, тем самым повышая общую эффективность системы.

Однако есть примеры проектов, в которых целью является достижение требуемой температуры подачи без использования тепловых насосов. Избегание тепловых насосов является компромиссом. При этом исключаются инвестиции в тепловые насосы, однако для непосредственного использования геотермальной энергии также потребуются более глубокие скважины и увеличенная закачка - и то, и другое увеличивает общие затраты.

#### Сочетание геотермальных скважин с тепловыми насосами

Повышение температуры подачи с помощью тепловых насосов подразумевает более высокое снижение температуры возврата геотермальной воды перед ее закачкой обратно в пласт через нагнетательную скважину, в результате чего увеличивается отбор тепла из геотермальной воды. Однако возможность этого зависит от химического состава воды. Таким образом, применение тепловых насосов может повысить эффективность за счет извлечения большего количества тепловой энергии из геотермальной воды, а также увеличить риск засорения нагнетательной скважины.

На рисунке ниже представлена упрощенная иллюстрация возможного применения геотермальной энергии для РТ. Часть геотермальной энергии (46) используется для прямого нагрева возвратной воды из сети РТ, а оставшаяся часть (54) используется в качестве источника тепла для абсорбционного теплового насоса. Коэффициент полезного действия теплового насоса составляет примерно 1,7. Таким образом, общая тепловая мощность системы равна геотермальному входу плюс энергия привода:  $100 + 76 = 176$ , а КПД всей системы прилб.  $2,1 * (176 / (76 + 8))$ .



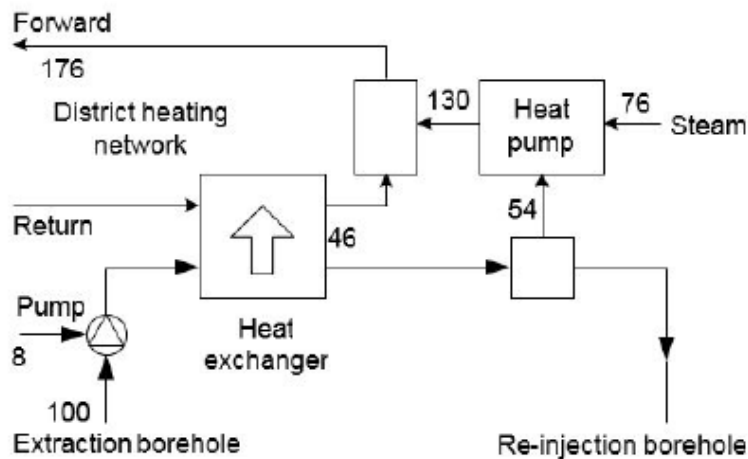


Рисунок 36: Пример геотермальной системы с абсорбционным тепловым насосом. Цифры показывают потоки энергии относительно добытого количества геотермального тепла из резервуара, которое устанавливается в 100 единиц энергии. Коэффициент полезного действия теплового насоса составляет 1,7, а общий КПД системы - приблизительно 2,1.

Тепловая энергия для привода абсорбционного теплового насоса (76 энергетических единиц) может подаваться установкой РТ (например, котел на биомассе или мусоросжигательная установка), как правило, при 120 - 150°C.

Расход электроэнергии для геотермальных циркуляционных насосов обычно составляет 2 - 10% от тепла, извлекаемого из геотермальной воды, но точное количество зависит от ряда факторов, например, от глубины и свойств резервуара, а также от охлаждения геотермальной воды.

Во всех случаях энергия, используемая для электрического погружного насоса, в какой-то степени восстанавливается в виде тепла в геотермальной воде. Однако, по приблизительным подсчетам, потери тепла в скважине будут соответствовать энергии, используемой для перекачки, и, таким образом, для РТ предполагается наличие 100 энергетических единиц.

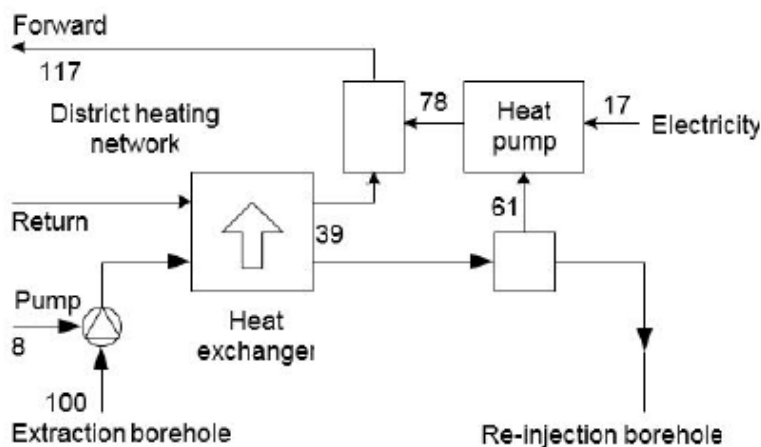


Рисунок 37: Пример системы с электрическим тепловым насосом. Коэффициент полезного действия электрического теплового насоса составляет примерно 4,6, а общий КПД (Коэффициент полезного действия) системы - примерно 4,7.

Как показано на рисунке выше, электрические тепловые насосы могут извлекать относительно больше геотермальной энергии, чем поглощающие тепловые насосы, поскольку их энергия привода составляет меньшую часть тепловой мощности.

Обратите внимание, что вспомогательная энергия в вышеуказанных случаях включена в общий КПД.

### **Вход**

Тепло от рассола (соленая вода) из подземных резервуаров.

Косвенно, для повышения температуры до соответствующего уровня в системах РТ необходима электрическая или тепловая энергия в тепловых насосах, ср. вышеприведенный раздел, касающийся технологических комбинаций геотермальных скважин и тепловых насосов. Тепловая энергия может подаваться в виде пара или горячей воды под высоким давлением, путем сжигания (био)топлива или в виде избыточного тепла.

Электроэнергия для погружных и обратных насосов.

### **Выход**

Тепло для ДН.

### **Типичные возможности**

5-20 МВт на станцию (1-3 добывающие и 2-6 нагнетательные скважины) без хранения тепла.

### **Способность регулирования**

Геотермальный поток, как правило, должен работать непрерывно. Однако в комбинации с электрическими тепловыми насосами могут предоставляться услуги по регулированию вверх и вниз. Регулирование вверх путем выключения тепловых насосов (уменьшение потребления электроэнергии) и регулирование вниз - путем увеличения потребляемой мощности (и, следовательно, мощности) тепловых насосов. В этом случае эксплуатация может варьироваться на 20 - 100%. Гибкость может быть получена также за счет применения накопителя тепла. Это, однако, относится лишь к ограниченному кругу вопросов, так как геотермальное производство является, прежде всего, базовой нагрузкой и, в целом, будет эксплуатироваться как таковое.

### **Преимущества/недостатки**

#### Преимущества:

- Низкие затраты на этапе эксплуатации и низкие переменные затраты
- Возобновляемый источник энергии и экологически чистая технология с низким или нулевым прямым выбросом CO<sub>2</sub>
- Высокая стабильность работы и длительный срок службы
- Потенциал для сочетания с другими технологиями производства и хранения тепла
- Требование к ограниченной площади
- Без шума
- Прямые выбросы отсутствуют
- Местный ресурс - безопасность поставок
- Стабильные долгосрочные производственные затраты, после ввода в эксплуатацию

#### Недостатки:

- Высокий геологический риск сохраняется до тех пор, пока не будет пробурена первая скважина и не будет проверен коллектор.
- Высокие инвестиционные затраты
- Обширный срок реализации проекта по разработке и строительству
- Требуется доступ к радиатору с соответствующей базовой нагрузкой или длительное хранение
- Лучшие водохранилища не всегда располагаются вблизи городов (частично могут быть решены с помощью линий электропередач).

## Окружающая среда

Использование геотермальной энергии не приводит к локальным выбросам. Самой большой проблемой является обработка геотермальных вод на поверхности. При запуске петля открывается, чтобы сэкономить на мощности фильтра, и в течение первых нескольких часов вода, по возможности, направляется к реципиенту. Шум на этапе строительства является проблемой. Бурение, как правило, ведется 24 часа в сутки в течение 3-месячного периода.

Косвенно, в случае применения тепловых насосов с тепловым приводом, могут иметь место экологические соображения, связанные с источником энергии/топливом, используемым для привода теплового насоса. Соответственно, при выборе электрических тепловых насосов могут иметь место выбросы, связанные с потреблением электроэнергии.

## Количественное описание

Затраты на производство тепла для геотермальной энергии зависят, прежде всего, от геологических данных (глубина, толщина, проницаемость и температура) и от тепловой системы (потребность в тепле, кривая длительности и прямые/обратные температуры).

В контексте данного каталога описаны шесть различных сценариев геотермического РТ, различающихся по факторам:

- тип теплового насоса (абсорбционный или электрический),
- глубина залегания пласта с ожидаемой температурой (1200 м / 44°C и 2000 м / 68°C).
- температура подачи и обратки в подключенной ДН-сети (80/40°C и 70/35°C).

Таким образом, сценарии 1 и 2 описывают возможные конструкции установок РТ с температурой подачи 80°C и температурой обратки 40°C. В сценариях 3.a и 3.b предполагается наличие системы с температурой подачи 70°C и температурой обратки 35°C. Сценарии 3.a и 3.b в первую очередь должны использоваться для оценки влияния снижения температуры на вторичную сторону, при сравнении 1.a с 3.a и 1.b с 3.b соответственно. Предположения, содержащиеся в данных сценариях, собраны в таблице ниже.

Таблица 13: Обзор сценариев для описанных комбинаций геотермальных резервуаров, тепловых насосов и температур РН

Сценарий	Тип теплового насоса		Температура водохранилища. (°C)		Глубина водохранилища m	Температура ДН. (°C)	
	Электрический	Абсорбция	Трес	T <sub>reinj</sub>		T <sub>supply</sub>	Вернуться
1.a	X	X	44	17	1,200	80 / 40	
1.b			68	33	2,000		
2.a	44		17	1,200			
2.b	68		33	2,000			
3.a	X		44	17	1,200		70 / 35
3.b			68	33	2,000		

## Энергетические данные

Соответствующие данные о производстве энергии и потребности во вспомогательной энергии были оценены на основе опыта проектирования и эксплуатации вышеуказанных эталонных заводов:

- Добывающие скважины:
  - 2 добывающие скважины
  - Специфический поток: 160 м<sup>3</sup>/час/колёс
  - Общий поток: 320 м<sup>3</sup>/час/завод
- Скважины для обратной закачки:

- 4 скважины для обратной закачки
- Специфический поток: 80 м<sup>3</sup>/час/колёс
- Общий поток: 320 м<sup>3</sup>/час/завод

Для а-сценариев (глубина водохранилища 1200 м) это означает 9,4 МВт-геотермальной теплоты, а для б-сценариев (глубина водохранилища 2000 м) 12,2 МВт-геотермальной теплоты.

Тепловой эффект в паспорте указан как источник тепла из геотермального коллектора при заданном количестве скважин с заданным дебитом и заданной температурой (ТГЭ) и энергии, добавленной в качестве приводной энергии для теплового насоса (ТЭЦ; электроэнергия для электрических тепловых насосов компрессора или чистое тепло от котла для абсорбционных тепловых насосов).

Если температура резервуара превышает температуру обратного потока в подключенной сети РТ более чем на 4 К (предполагаемые потери теплообменника), то предполагается, что прямой теплообмен максимально покрывает производство тепла. Остальное геотермальное тепло предполагается использовать в качестве источника тепла для теплового насоса.

Для электрических тепловых насосов КПД (коэффициент КП) рассчитывается с помощью общедоступного инструмента с КПД Лоренца 50%.

Таблица 14: Ключевые данные по энергетике ср. с техническими характеристиками

Сценарий	Тип теплового насоса		Температура ДН. °С	Тепловая мощность, всего (МВт)	Тепловая энергия, геотермальная (МВт)	Тепловая энергия, тепловые насосы (МВт)	Расход электроэнергии на насосы и т.д. (kWhel / kWhgeoth)
	Эль.	Эбс.					
1.a	X		80 / 40	11.4	9.4	2	0.05
1.b				13.2	12.2	1	0.08
2.a		X	80 / 40	22.9	9.4	13.4	0.05
2.b				17.7	12.2	5.5	0.08
3.a	X		70 / 35	10.9	9.4	1.5	0.05
3.b				12.7	12.2	0.5	0.08

Общий КПД геотермальной установки рассчитывается как суммарная тепловая мощность, поделенная на потребляемую энергию, т.е. потребляемую как тепловыми насосами, так и вспомогательной электроэнергией. Расход энергии для погружных и циркуляционных насосов предполагается в случае глубины пласта 1 200 м - 0,05 кВт.ч/кВт.ч, а для глубины пласта 2 000 м - 0,08 кВт.ч/кВт.ч/кВт.ч, поскольку потребность в насосах возрастает при более низкой проницаемости, обычно ожидаемой для более глубоких пластов.

### Финансовые данные

Указанные данные по стоимости и производительности охватывают как саму геотермальную установку, так и инвестиции в тепловые насосы. Стоимость компрессионного теплового насоса предполагается равной 0,67 M\$US/MW и 0,56 M\$US/MW для абсорбционных тепловых насосов. Фактические коэффициенты КП для электрических тепловых насосов были рассчитаны с помощью общедоступного инструмента.

Граница финансовых данных представлена на рисунке ниже. В случае абсорбционных тепловых насосов технология генерирования энергии привода не учитывается. Эти затраты могут быть получены от существующих или новых котлов или других технологий, которые могут поставлять тепло при достаточно высокой температуре. Однако, поскольку тепло привода определяется как потребляемая мощность, оно также включается в мощность.

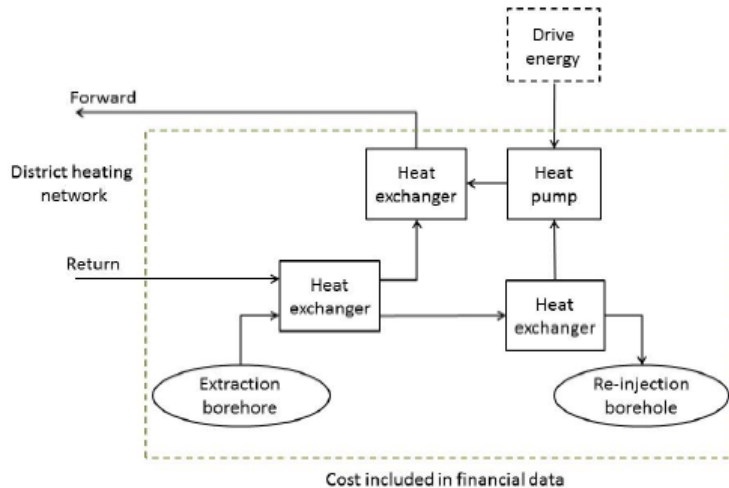


Рисунок 38: Границы финансовых данных в спецификациях

Финансовые данные приведены на основании общей тепловой мощности (мощности), поставленной геотермальной установкой в систему РТ. Однако данные представлены таким образом, чтобы было ясно, какая доля затрат относится к тепловым насосам, а какая к самой геотермальной установке.

Инвестиционные затраты на геотермальную установку были основаны на фактических данных конкретных установок. Обратите внимание, что инвестиционные затраты на установки с более глубокими скважинами могут быть значительно выше, так как требования к буровому оборудованию, размеры скважин и т.д. будут возрастать. Затраты на нагнетательные и эксплуатационные скважины оцениваются в 1 800 \$US/м для глубины пласта 1 200 м и 2 000 \$US/м для глубины пласта 2 000 м.

Указанные расходы не включают в себя расходы, связанные с выводом из эксплуатации.

### Компоненты затрат геотермальной установки

Сметная стоимость проекта в 2020 году для геотермальной станции мощностью 12 МВт с глубиной резервуара от 1,а до 1200 м с электрическим тепловым насосом показана на рисунке ниже. Обратите внимание, что затраты на разработку проекта не учитываются в спецификациях, ср. руководство. Они оцениваются в 1,5 - 3 М\$US/сайт. Кроме того, затраты различаются между сценариями/таблицами.

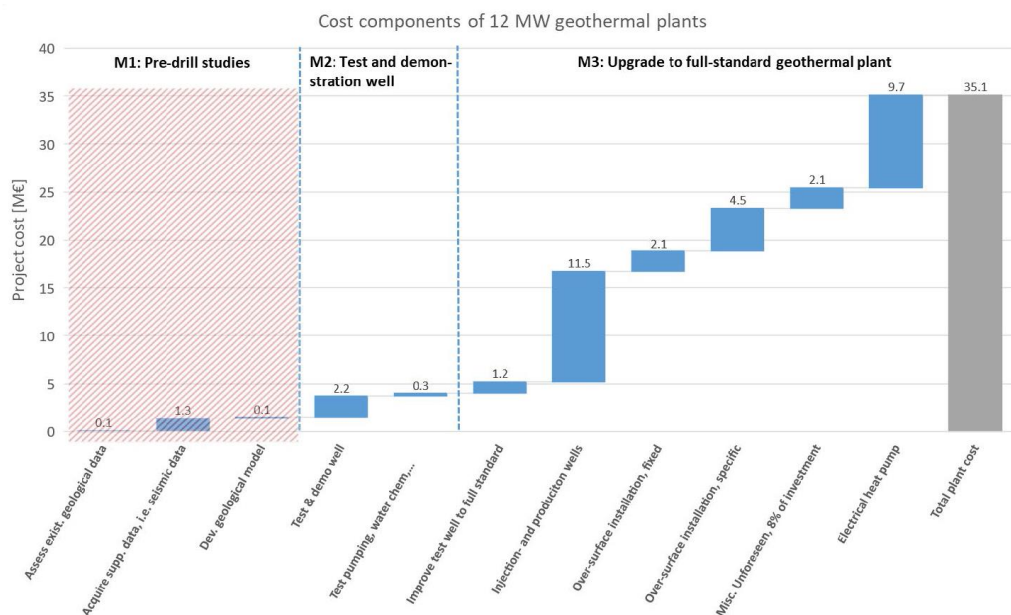


Рисунок 39: Компоненты стоимости геотермальной установки мощностью 12 МВт 1.а - 1200 м резервуара с электрическим тепловым насосом.

#### Технические характеристики 44 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, компрессионный тепловой насос, 1200 м.

Геотермальная тепловая станция с электрическим тепловым насосом, 1200м. Температура РТ. 80/40°C	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	11.4
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	460
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	4.1%
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	4.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	3.28
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	27,346
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	6.9

**Технические характеристики 45 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, тепловой насос сжатия, 2000 м**

<b>Геотермальная тепловая станция с электрическим тепловым насосом, 2000м. температура РН 80/40 °С</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	13.1
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	844
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	6.5%
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	4.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	3.48
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	28,919
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	5.57

**Технические характеристики 46 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, абсорбционный тепловой насос, 1200 м.**

<b>Геотермальная теплоэлектроцентраль с абсорбционным тепловым насосом, 1200м. температура РН 80/40°С</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	13.1
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	22.7
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	165
Принудительное отключение (%)	2.1%
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	2
Срок строительства (годы)	25
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	

<b>Геотермальная теплоэлектроцентраль с абсорбционным тепловым насосом, 1200м. температура РН 80/40°С</b>	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	1.52
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	13,431
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	2.54

**Технический паспорт 47 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, абсорбционный тепловой насос, 2000 м.**

<b>Геотермальная теплоэлектроцентраль с абсорбционным тепловым насосом, 2000 м. температура РН 80/40°С</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	17.6
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	293
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	4.9%
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	4.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	2.53
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	20,933
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	3.63

**Технические характеристики 48 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, электрический тепловой насос, 1200 м, пониженная температура ЦТ**

<b>Геотермальная тепловая станция с электрическим тепловым насосом, 1200м. температура РН 70/35°С</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	10.9
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	548
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	4.3%
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	4.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	



<b>Геотермальная тепловая станция с электрическим тепловым насосом, 1200м. температура РН 70/35°C</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	3.27
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	28,072
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	6.66

**Технический паспорт 49 - Геотермальное централизованное теплоснабжение, электронасос, 2000 м, пониженная температура ЦТ**

<b>Геотермальная тепловая станция с электрическим тепловым насосом, 2000м. температура РН 70/35°C</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	12.7
Общая эффективность, нетто (%) среднее годовое	1185
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	6.7%
Принудительное отключение (%)	2
Планируемый перерыв (недели в году)	2
Срок службы (годы)	25
Срок строительства (годы)	4.5
Потребность в площади (1000 м2 на МВт)	5
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	20
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	2
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (степень сероочистки, %)	
NOX (г на ГДж)	
CH4 (г на ГДж)	
N2O (г на ГДж)	
Частицы (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	3.48
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MW/год)	29,645
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	5.2

## Солнечное централизованное отопление

### Краткое описание технологии

Сбор энергии от солнца с целью нагревания воды - это технология, которая используется уже много лет. На сегодняшний день по всему миру установлено более 580 миллионов м<sup>2</sup> солнечных коллекторов общей установленной мощностью 410 ГВт. Несмотря на то, что большая часть этой мощности используется для небольших домашних систем горячего водоснабжения, самые высокие темпы роста наблюдаются в крупных системах (в основном для централизованного теплоснабжения).

Производятся три различных типа солнечных батарей:

- Коллекторы с плоскими пластинами (FPC)
- Эвакуированные трубчатые коллекторы (ETC)
- Концентрированная солнечная энергия (CSP)

Большие модульные коллекторы с плоскими пластинами на сегодняшний день являются наиболее распространенным типом коллекторов, используемых для централизованного теплоснабжения. ETC-коллекторы более эффективны, чем плоские панели при более высоких температурах, но и более дорогие. CSP могут производить тепло при высоких температурах. В одной системе можно комбинировать различные типы коллекторов; например, используя плоские пластинчатые коллекторы в "холодной секции" поля для предварительного нагрева теплоносителя перед откачиваемыми трубами или коллекторы CSP в "горячей секции".

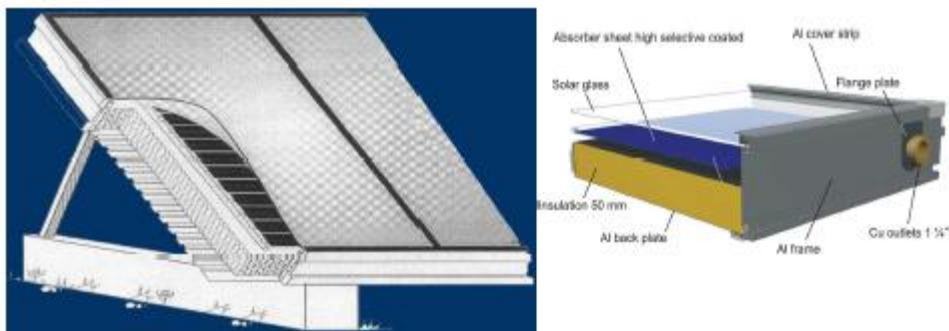


Рисунок 40: Основной принцип плоского пластинчатого солнечного коллектора

Как показано на рисунке выше, принцип плоских солнечных батарей в системе централизованного теплоснабжения заключается в поглощении солнечной энергии для нагревания жидкости. Гофрированная медь или алюминиевые листы служат, как правило, в качестве абсорбента, а за ними циркулирует теплоноситель. Абсорберы окружены слоем стекла, защищающим поглотитель от окружающей среды. Задняя часть панели изолирована, для того чтобы уменьшить потерю тепла, см. рисунок xx ниже. Тепло передается от циркулирующей жидкости к воде централизованного теплоснабжения через теплообменник.

В системах централизованного теплоснабжения коллекторы, как правило, устанавливаются на земле длинными рядами, соединенными последовательно. Солнечная система отопления обычно забирает обратную воду и нагревает ее до желаемой температуры подаваемого потока. Все установки имеют солнечные коллекторы, установленные на земле. Основания для монтажа на грунт могут быть бетонными блоками, бетонным фундаментом или стальным фундаментом.

В принципе, солнечное централизованное отопление работает все часы года, но, конечно, производство тепла зависит от солнечного излучения, погодных условий, времени суток и времени года. Сезонные колебания можно компенсировать с помощью сезонного накопителя.

## Эффективность и выход энергии

Выход солнечного коллектора зависит от типа и размера солнечного коллектора, солнечного излучения, температуры коллекторов и температуры окружающей среды. Эффективность определяется параметрами эффективности. На рисунке ниже показан источник излучения, оптические и тепловые потери солнечной тепловой системы (FPC).

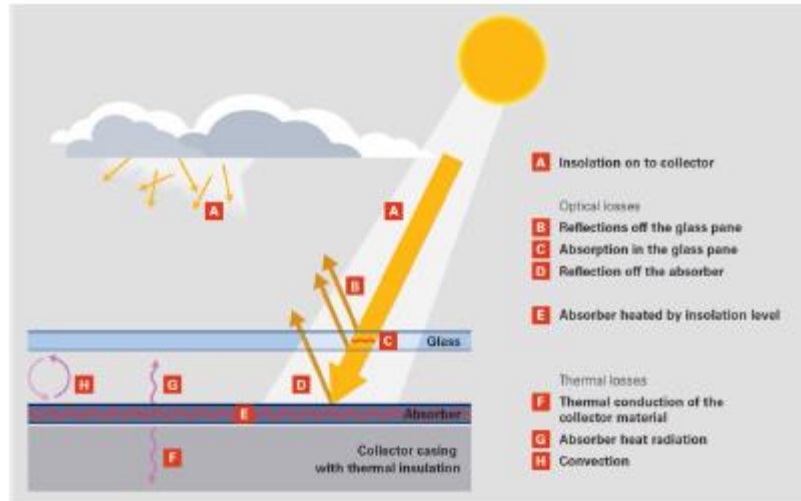


Рисунок 41: Пример коэффициента использования солнечной энергии и эффектов, влияющих на КПД

Эффективность FPC зависит от разницы температур окружающего воздуха и средней температуры жидкостей. Чем ниже разница температур, тем выше КПД. Поэтому тепловая производительность при заданном уровне излучения выше при меньшей разнице температур. Эффективность зависит от расхода, так как именно так регулируется разность температур. Зависимость между эффективностью и разницей температур показана на рисунке ниже.

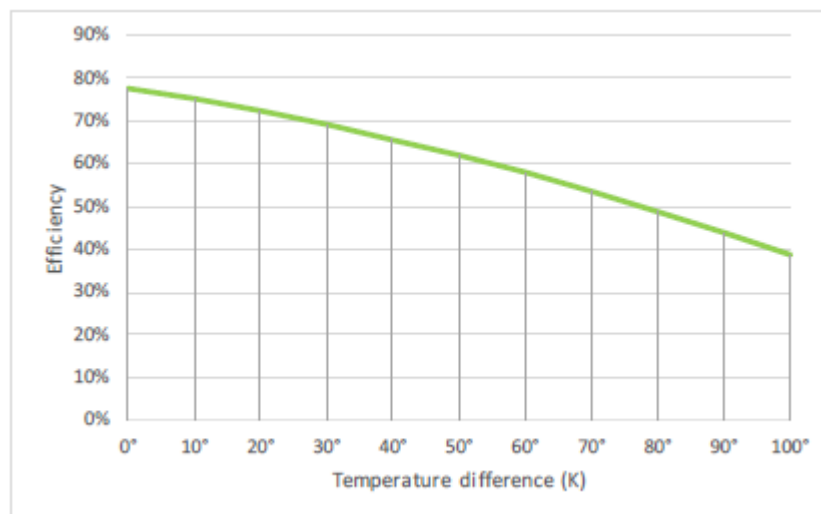


Рисунок 42: Эффективность как функция от разницы температур.

СКВ, как правило, производятся в двух классах продуктов, которые отличаются энергоэффективностью коллекторов. Более высокая эффективность может быть достигнута путем нанесения дополнительного изоляционного слоя, например, полимерной фольги или дополнительного слоя стекла.

Удельная годовая тепловая мощность плоских солнечных коллекторов составляет около 300-600 кВт/час/м<sup>2</sup>.

#### Применение солнечных тепловых систем в системах централизованного теплоснабжения

Состоит из солнечной тепловой станции:

- Солнечные коллекторы
- Трансмиссионный трубопровод
- Резервуарное хранилище
- Резервуар и сборный резервуар для теплоносителя (например, гликоль/вода). Циркулирует в солнечных тепловых коллекторах. Жидкость-теплоноситель обычно отделена от воды централизованного теплоснабжения теплообменником.
- Теплообменник, включая насосы, клапаны и т.д.
- Интеграция управления с существующим заводом

Схематический чертеж солнечной тепловой системы, интегрированной с системой централизованного теплоснабжения, показан на рисунке ниже.

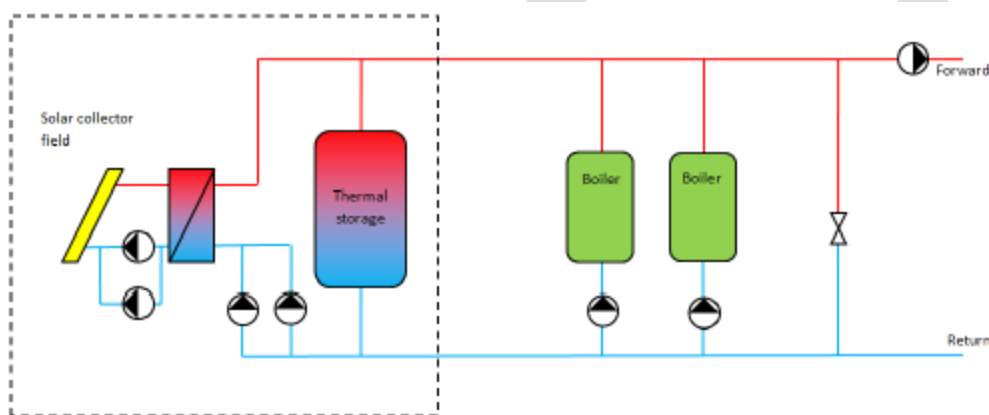


Рисунок 43: Схематический чертеж возможной системной интеграции солнечного централизованного теплоснабжения

При правильной конструкции солнечные коллекторы могут работать, когда наружная температура значительно ниже точки замерзания, и они защищены от перегрева в жаркие солнечные дни.

Все системы централизованного теплоснабжения, оборудованные солнечным отоплением, используют их в качестве дополнения к другим теплогенерирующим установкам, обеспечивая тем самым удовлетворение всех потребностей потребителей в тепле, в том числе при недостаточном солнечном излучении.

Наклон коллекторных панелей может влиять как на годовую общую производительность, так и на кривую производства в течение года. Следовательно, наклон панелей коллектора становится оптимизирующим параметром, так как производство может быть увеличено осенью за счет максимального теплового эффекта и, следовательно, производства в летнее время (когда солнечное излучение, как правило, достигает пика).

Производство солнечного отопления происходит при самой низкой потребности в тепле - как на ежедневной, так и на сезонной основе. Доля солнечного отопления в системе централизованного теплоснабжения без аккумулирования тепла относительно невелика (5-8% годового спроса на тепло). Следовательно, наиболее распространенным применением является сочетание солнечной тепловой системы с накопителем тепла, что позволит примерно 20 - 25% доли солнечного отопления в системе централизованного отопления.

Более того, сочетание с сезонным аккумулированием тепла может увеличить долю солнечного отопления до 30 - 50% и теоретически до 100%. Таким образом, существует важная синергия с технологиями сезонного аккумулирования.

### **Вход**

Входной сигнал - солнечное излучение.

За пределами атмосферы Земли солнечное излучение составляет 1367 Вт/м<sup>2</sup>. Солнечное излучение наиболее высоко перпендикулярно солнечным лучам.

### **Выход**

Горячая вода для централизованного теплоснабжения.

На тепловые характеристики солнечных отопительных установок в первую очередь влияет уровень температуры жидкости в солнечном коллекторе. Кроме того, на тепловые характеристики также влияют погодные условия, тип коллектора, жидкость в солнечном коллекторе, объем потока и наклон коллектора.

### **Типичные возможности**

Типичное применение солнечных тепловых станций для целей централизованного теплоснабжения нацелено на долю солнечной энергии в 10 - 25% от годовой потребности в тепле. Таким образом, установленная мощность варьируется в зависимости от станции.

### **Способность регулирования**

Регулирование в отношении электроэнергии не относится к солнечным тепловым электростанциям.

Однако существуют другие соответствующие аспекты регулирования для солнечных термальных коллекторов, например, возможность варьировать поток жидкости-поглотителя. Изменяя поток жидкости поглотителя, можно регулировать температуру в заводе. Это особенно важно, учитывая изменение интенсивности солнечного излучения. Изменение расхода обеспечивает возможность оптимизации расхода в соответствии с внешними условиями и желаемой температурой на выходе.

Кипячение абсорбционной жидкости может привести к снижению антикоррозионной защиты. Способами предотвращения кипения являются установка обычных градирен или плановое и профилактическое охлаждение накопленного тепла путем циркуляции воды через установку ночью. Последнее применяется во многих установках, так как снижает затраты на установку, но охлаждающая способность коллекторов практически ограничивается FPC-технологией и снизилась за последние годы, благодаря повышению энергоэффективности коллекторов.

В случае, если тепловая солнечная установка централизованного теплоснабжения слишком велика по сравнению с имеющейся мощностью охлаждения, жидкости-поглотители остаются под угрозой кипения.

### **Преимущества/недостатки**

#### Преимущества:

- Простая, надежная и проверенная технология
- Длительный технический срок службы, доказанный минимум 25-30 лет.
- Низкие эксплуатационные расходы, исходя из текущих установок приблизительно <1 \$US/MW<sub>h</sub>
- Низкое потребление электроэнергии (3 - 4 кВт/ч пр. производимого солнечного отопления МВт/ч, в первую очередь электроэнергии, потребляемой циркуляционными насосами).

- Нет необходимости в постоянном присутствии обслуживающего персонала во время работы
- Цена производства тепловой энергии не чувствительна к переменным расходам топлива, легче составлять бюджет цены на тепловую энергию, когда известна доля цены на тепловую энергию
- источник энергии без выбросов CO<sub>2</sub>
- Высокая энерговырабатывающая способность по сравнению, например, с биомассой с точки зрения возможного производства энергии на данной территории.
- Легкое восстановление площади, отсутствие или незначительное воздействие на почву со стороны фундаментов
- Примерно 98 % завода может быть переработано после вывода из эксплуатации.
- Может комбинироваться с тепловыми насосами для повышения урожайности

#### Недостатки:

- Производство зависит от солнечной радиации и погодных условий
- Летняя нагрузка определяет размер вместимости только в случае суточного хранения
- Высокая занимаемая площадь, по сравнению с другими технологиями централизованного теплоснабжения, такими как котлы или тепловые насосы, примерно 3 м<sup>2</sup> на каждый м<sup>2</sup> солнечного коллектора, рядом с сетью централизованного теплоснабжения - хотя это можно смягчить с помощью трубопровода передачи, например, на несколько километров, что может повлечь за собой дополнительные расходы.
- Высокая начальная инвестиционная цена МВт, но с периодом амортизации 15 - 20 лет, стоимость производства тепловой энергии конкурентоспособна, например, с производством тепловой энергии на основе биомассы.

#### **Окружающая среда**

Нет выбросов, связанных с производством тепла.

Противоморозные средства, такие как органические гликоли, обычно добавляются в воду в системе, чтобы избежать повреждений от мороза в зимний период. Риск утечки может быть уменьшен путем установки систем мониторинга, например, контроля давления в системе, а также влаги в изоляционном материале труб.

Основные компоненты солнечных тепловых коллекторов состоят из металлов, изоляционного материала, стекла и вышеупомянутых антифризов. Таким образом, большинство использованных материалов может быть переработано после вывода из эксплуатации.

#### **Технический паспорт 50 - Солнечное централизованное отопление**

<b>Солнечное централизованное отопление</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Типичный размер предприятия (площадь коллектора), м <sup>2</sup>	13,000
Вход коллектора, кВтч/м <sup>2</sup> /год	1,046
Мощность коллектора, кВтч/м <sup>2</sup> /год	473
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	45%
Потребление вспомогательной электроэнергии (доля тепловой генерации).	0.3%
Принудительное отключение (%)	0.5%
Срок службы (годы)	30
Срок строительства (годы)	0.25
Потребность в площади (1 000 м <sup>2</sup> на МВт/ч в год)	6.3
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (степень сероочистки, %)	
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	

<b>Солнечное централизованное отопление</b>	
N2O (г на ГДж)	
<b>Финансовые данные</b>	
Инвестиционные затраты на общие солнечные системы без учета аккумулялирования тепла, \$US/MWhoutput/год	519
Исправлено техническое обслуживание и ремонт \$US/MWhoutput/год/год	0.11
Переменная ЭиТО \$US/MWhoutput	0.25

DRAFT

## Биомассовый котел, автоматическая остановка

---

### Краткое описание технологии

Древесные гранулы обычно применяются в котлах для автоматической загрузки биотоплива, см. рисунок ниже. Однако некоторые котлы, особенно крупные, также предназначены для обжига других видов биомассы, таких как древесная щепа и зерно.

Топливо подается через шнековый питатель от подачи топлива к горелочному агрегату. В горелке сжигание происходит во время подачи первичного и вторичного воздуха. Часто это котел из стального листа с конвекционным узлом, состоящим из котельных труб или пластин.

Топливо может подаваться из внешнего земного резервуара, хранилища или подобного, а также из встроенного топливного бункера, который является частью котлоагрегата. Топливо поставляется в мешках и может быть добавлено в силос вручную, или - в случае древесных гранул - вдувать в бак или помещение хранилища.

В автоматических котлах на биотопливе существуют два типа установок: компактные установки, состоящие из котла и горелки в одном блоке, и котлы со съемной горелкой. Съемные горелки имеют допуск до 70 кВт и предназначены исключительно для топки пеллетами.

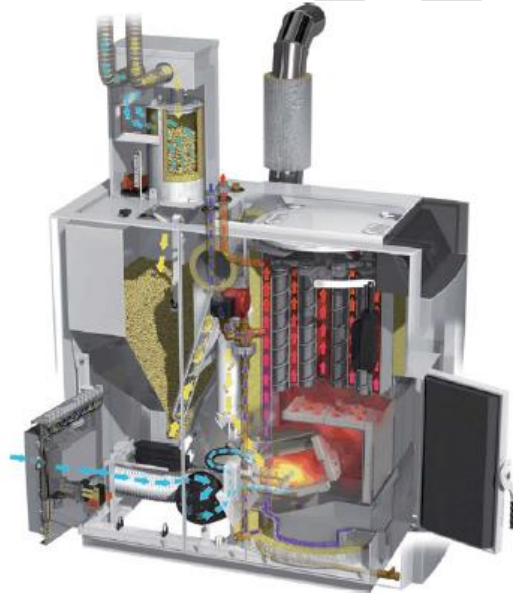


Рисунок 44: Биомассовый котел, автоматическое торможение

Автоматические биотопливные котлы могут быть автономным решением, но гибридные системы, такие как солнечные/биомассовые, являются привлекательной комбинацией. В летний период горячая водопроводная вода производится из термального солнечного излучения, в то время как отопительная установка, работающая на биомассе, покрывает потребность в горячей водопроводной воде и отоплении помещений в остальное время года.

### Вход

Древесные гранулы или древесная стружка. Другим возможным топливом в зависимости от типа котла является не древесная биомасса, например, зерно. Подробное описание древесных гранул см. в дополнительных примечаниях.



## Выход

Тепло для отопления помещений и горячей воды.

## Типичные возможности

От 8 кВт до 500 кВт, или даже больше, съемные пеллетные горелки от 8 кВт до 70 кВт.

## Способность регулирования

Все котлы могут регулироваться от менее 30% до 100% полной мощности, без нарушения требований по выбросам. Лучшие технологии могут регулироваться от 10 до 120% от номинальной тепловой мощности, указанной производителем на табличке котла.

## Преимущества/недостатки

### Преимущества:

- Инвестиции в новый котел, работающий на биомассе, часто ограничены, если существующая мазутная горелка все равно должна быть заменена.

### Недостатки:

- Биомассовые котлы и емкости для хранения биомассы требуют места в помещении и соответствующей котельной.
- Для более крупных котлов, а также в случае сжигания других видов топлива (например, соломы или древесной щепы), чем гранулы, необходимо учитывать трудозатраты, необходимые для обслуживания.
- По сравнению с централизованным теплоснабжением, газовыми котлами или тепловыми насосами, при транспортировке и перекачке дров необходимо приложить значительные усилия.
- Система котлов и дымовых газов требует регулярной очистки и обслуживания владельцем.

## Окружающая среда

Использование высокого качества топлива и передовых технологических концепций сгорания обеспечивает экологичность и эффективность автоматических систем сгорания для отопления жилых помещений. Требования законодательства постоянно ужесточаются и касаются безопасности, эффективности, предельных значений выбросов и т.д.

## Технические характеристики 51 - Биомассовый котел, автоматическая загрузка - многоквартирный дом, существующее и реконструируемое с энергетической точки зрения здание

Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Дом на одну семью, существующие и реконструированные здания.	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	10
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	82
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	82
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	240
Срок службы (годы)	20

<b>Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Дом на одну семью, существующие и реконструированные здания.</b>	
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (г на ГДж)	25
NOX (г на ГДж)	70
CH4 (г на ГДж)	2
N2O (г на ГДж)	4.0
Частицы (г на ГДж)	15
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	8.2
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	610
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 52 - Биомассовый котел, автоматическая заправка - одноквартирный дом, новостройки.**

<b>Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или щепки - Дом на одну семью, новостройки</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	10
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	78
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	78
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	190
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (г на ГДж)	25
NOX (г на ГДж)	70
CH4 (г на ГДж)	2
N2O (г на ГДж)	4.0
Частицы (г на ГДж)	15
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	8.2
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	606
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 53 - Биомассовый котел, автоматическая остановка - многоквартирный жилой комплекс, существующий дом**

<b>Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Квартирный комплекс, существующее здание</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	400
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	85
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	85
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	2,400
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	25
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	70
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	4.0
Частицы (г на ГДж)	15
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	106.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	2,088
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 54 - Биомассовый котел, автоматическое торможение - многоквартирный жилой комплекс, новостройка**

<b>Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Квартирный комплекс, новый корпус</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	160
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	85
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	85
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	1,400
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA

<b>Биомассовый котел, автоматическая заправка, древесные гранулы или древесная щепа - Квартирный комплекс, новый корпус</b>	
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	25
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	70
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	4.0
Частицы (г на ГДж)	15
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	64.1
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,367
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

DRAFT

## Биомассовый котел, ручная загрузка

### Краткое описание технологии

Современные котлы для топки с массивной древесиной ручного обжига имеют вытяжку вниз или вниз. Принцип заключается в том, что топливо нагревается, высушивается и дегазируется в камере сгорания, после чего газы выводятся вниз (или вниз при тяге) через щель на дне камеры сгорания в камеру сгорания, где происходит сгорание при подаче вторичного воздуха. Этот тип котла часто снабжается вентилятором воздуха для подачи воздуха для сгорания или вентилятором дымовых газов. Более старые типы котлов являются вертикальными и не соответствуют современным экологическим требованиям. Ручные котлы следует устанавливать с накопительным резервуаром соответствующего размера. Потребность в тепле для зданий может быть покрыта только ручным котлом на биомассе с хорошо изолированным накопительным резервуаром.



*Рисунок 45: Двухфункциональный дровяной котел (ручная загрузка), подготовленный для монтажа горелки на пеллетах (автоматическая загрузка)*

### Вход

Вводится древесина бревен различных размеров, в зависимости от котла.

### Выход

Тепло для отопления помещений и горячей воды.

### Типичные возможности

Предлагаются котлы на срубленной древесине мощностью от нескольких кВт до 100 кВт.

### Способность регулирования

Котлы оборудованы резервуаром для хранения. Несколько котлов для срубленной древесины имеют возможность регулирования.

### Преимущества/недостатки

#### Преимущества:

- Котел на биомассе с ручной загрузкой - это простая и прочная конструкция.

#### Недостатки:

- По сравнению с централизованным теплоснабжением, газовыми котлами или тепловыми насосами, при транспортировке и перекачке дров необходимо приложить значительные усилия.
- Система котлов и дымовых газов требует регулярной очистки и обслуживания.

#### Окружающая среда

Исследования показывают, что новые котлы с накопительным резервуаром вызывают значительно меньше загрязнений по сравнению со старыми котлами с тягой. Требования законодательства постоянно ужесточаются и касаются безопасности, эффективности, предельных значений выбросов и т.д.

#### Технические характеристики 55 - Биомассовый котел, ручная загрузка - одноквартирный дом, существующие, новые и энергетически реконструированные здания

<b>Биомассовый котел, ручная печь, дрова - Дом на одну семью, существующие, новые и энергетически реновированные здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	30
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	0
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	82
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	82
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	240
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	25
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	70
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	2
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	4
Частицы (г на ГДж)	120
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	8.2
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	551
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

## Дровяная печь

---

### Краткое описание технологии

Дровяная печь - это закрытый комнатный обогреватель, используемый для обогрева помещения, в котором находится печь. Обычно дровяная печь обжигается партией по 2-3 куса новых дров одновременно. Обжиг происходит тогда, когда от предыдущего основного топочного ложа не видно желтого пламени, и когда создан подходящий слой углей. Современные дровяные печи имеют до трёх систем впуска воздуха для достижения наилучшего горения и обеспечения того, чтобы стекло в передней двери не нагаралось: первичный воздух вверх через дно камеры сгорания, вторичный воздух в качестве воздуха для поддержания горения и поддержания чистоты стекла, а также третичный воздух в задней части камеры сгорания для последующего сжигания газов. В некоторых печах необходимо вручную регулировать входные воздушные заслонки при каждом новом сжигании (максимум 3-5 минут после каждой зарядки); другие более-менее саморегулирующиеся.

Дымоход служит мотором печи и необходим для ее работы. Тяга дымовой трубы всасывает воздух через воздушные заслонки в камеру сгорания.

Тепло от дровяных печей, как правило, дополняет другие виды теплоснабжения. Некоторые печи собираются со встроенным котлом, и таким образом могут быть подключены к системе центрального отопления.



Рисунок 46: Дровяная печь

### Вход

Древесные бревна различных пород, таких как бук, береза и сосна. Влажность воздуха должна быть от 12 до 20%, а размер бревна зависит от печи, но обычно около 250-330 мм с весом от 700 до 1000 гр.

### Выход

Обогрев помещения конвекцией и излучением. Если дровяная печь включает в себя бак для воды, она также может производить определенное количество горячей воды из-под крана.

### Типичные возможности

Типичная номинальная мощность от 4 до 8 кВт.

## Способность регулирования

Регулируя воздушные заслонки, можно минимизировать или максимизировать тепловую мощность печи в течение нескольких минут, однако, это может привести к увеличению выбросов.

## Преимущества/недостатки

### Преимущества:

- Дровяные печи, как правило, не зависят от электроснабжения.
- Может дополнять первичный нагревательный блок, что, в свою очередь, может уменьшить зависимость от первичного теплоснабжения

### Недостатки:

- По сравнению с централизованным теплоснабжением, газовыми котлами или тепловыми насосами, при транспортировке и перекачке дров необходимо приложить значительные усилия.
- Высокий уровень местных выбросов загрязнителей воздуха, например, твердых частиц.

## Окружающая среда

Древесные печи выделяют высокий уровень загрязнителей воздуха, например, твердые частицы на местном уровне.

Загрязнение от дровяных печей зависит от ряда факторов, таких как топография горения, индивидуальная печь, контроль горения и дымовая труба по отношению к окружающему рельефу. Дымоход является двигателем для сгорания, и там, где вытяжка является существенной частью того, сколько воздуха попадает в дымовую трубу, на это может влиять высота дымохода, а также направление ветра в окрестностях, например, в других домах, на холмах, в лесах. Если тяги недостаточно, это приведет к плохому сгоранию и увеличению выбросов. Выбросы от современной дровяной печи намного выше, чем от, например, газовых, нефтяных котлов или котлов, работающих на биомассе.

## Технические характеристики 56 - Дровяная печь без встроенного водяного бака - дом на одну семью, существующее и новое здание

Дровяная печь без водяного бака, дрова - Дом на одну семью, существующие, энергетически реновированные и новые здания	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	5
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	40
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	0
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	70
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	70
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	0
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	25



<b>Дровяная печь без водяного бака, дрова - Дом на одну семью, существующие, энергетически реновированные и новые здания</b>	
NOX (г на ГДж)	90
CH4 (г на ГДж)	125
N2O (г на ГДж)	4
Частицы (г на ГДж)	40
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	3.0
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	174
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 57 - Дровяная печь со встроенным резервуаром для воды - дом на одну семью, существующий, энергетически реновированный и новый корпус**

<b>Дровяная печь с резервуаром для воды - Дом на одну семью, существующие, энергетически отремонтированные и новые здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	12
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	NA
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	45
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	20
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	70
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	70
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	140
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	NA
Вторичное регулирование (% в минуту)	NA
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	NA
Теплое время запуска (часы)	NA
Время холодного запуска (часы)	NA
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (г на ГДж)	25
NOX (г на ГДж)	90
CH4 (г на ГДж)	125
N2O (г на ГДж)	4
Частицы (г на ГДж)	40
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	4.8
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	248
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

## Электрические тепловые насосы

---

### Краткое описание технологии

Тепловые насосы используют ту же технологию, что и холодильники, перемещая тепло с низкотемпературного уровня на более высокотемпературный. Тепловые насосы забирают тепло из источника тепла (тепло на входе) и преобразуют тепло в более высокую температуру (тепло на выходе) посредством замкнутого процесса; либо тепловые насосы компрессионного типа, либо тепловые насосы с "тепловым приводом".

Описания наиболее часто применяемых тепловых насосов включены в одни и те же разделы, чтобы облегчить сравнение характеристик различных типов часто применяемых тепловых насосов.

Газовые тепловые насосы обычно не применяются, и описаны в отдельных разделах после этих первых разделов.

Тепловые насосы можно разделить по категориям в соответствии с их конструкцией или принципом работы следующим образом:

- Тепловые насосы с приводом от компрессора, которые могут приводиться в движение газом или электричеством.
- Сорбционные тепловые насосы (разделенные на абсорбционные и адсорбционные тепловые насосы), которые могут приводиться в движение газом, горячей водой под давлением или маслом. Их также называют "тепловыми насосами с термическим приводом".

Геотермальное тепло, грунтовые или поверхностные воды, солнце и воздух подходят в качестве естественных источников тепла для тепловых насосов.

Тепловые насосы дифференцируются по способам сбора тепла от источника тепла и способам распределения тепла в доме:

- Тепловые насосы "воздух-воздух" забирают тепло из окружающего воздуха и подают тепло локально через воздушные теплообменники. Тепловые насосы "воздух-вода" забирают тепло из окружающего воздуха и подают тепло через гидравлическую систему распределения тепла на водяной основе (радиатор, конвекторы, подогрев пола).
- Тепловые насосы типа "соляной раствор-вода" (тепловые насосы "земля-источник"), как правило, берут тепло из земли, циркулируя холодный рассол по трубам, и распределяют тепло в доме через водопроводную систему (радиатор, подогрев пола и т.д.), часто называемую "земля-источник" тепловых насосов.
- Вентиляционные тепловые насосы забирают тепло из выходящего воздуха и нагревают поступающий в вентиляционную систему воздух, и могут быть как воздух-воздух, так и воздух-вода, а также сочетать и то, и другое.

Тепловые насосы используются для индивидуального отопления помещений, промышленных процессов и производства тепла для централизованного теплоснабжения. Сегодня большинство небольших тепловых насосов, используемых для индивидуального отопления помещений, представляют собой компрессионные тепловые насосы с электрическим приводом, использующие энергию окружающего воздуха, вытяжных вентиляционных отверстий или тепло грунта.

Тепловые насосы для систем распределения воды имеют максимальную температуру на выходе около 55°C, а чем ниже температура на выходе, тем выше КПД теплового насоса, поэтому привлекательна температура на входе до 35°C. Однако для температуры на выходе около 35°C - 55°C требуется распределительная система, соответствующая температурам в этом диапазоне. Во многих случаях необходимо устанавливать более крупные радиаторы, подогревать полы и/или повышать уровень теплоизоляции ограждающей конструкции здания.

Бытовая горячая вода, как правило, предварительно нагревается в накопительном резервуаре с помощью прямого электрического нагрева, так как теплопроизводительность тепловых насосов часто недостаточна для непосредственного нагрева воды в душе.

Для тепловых насосов сжатия фактическая тепловая мощность обычно в 3-5 раз больше энергии привода (коэффициент мощности (КПД)). Поток энергии показан на диаграмме Sankey на рисунке ниже:

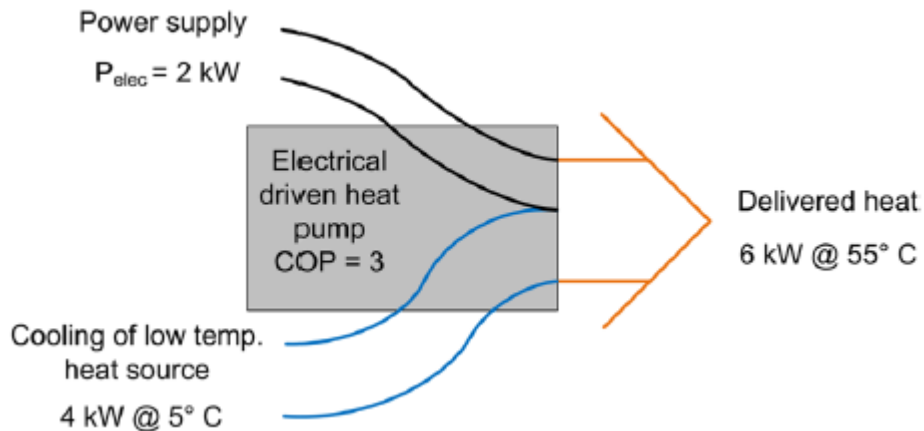


Рисунок 47: Расход электроэнергии в 2 кВт позволяет тепловому насосу использовать 4 кВт от низкотемпературного источника тепла при 5°C. Таким образом, мощность 6 кВт при 55°C (КПД 3).

Разница в температуре между температурным уровнем источника тепла и температурным уровнем подаваемого тепла влияет на КПД. Когда разница температур между источником и подачей тепла уменьшается, КПД увеличивается и наоборот. Это подразумевает, что КПД будет изменяться, например, в зависимости от сезона - низкая наружная температура подразумевает более высокую разницу температур, когда теплоотдача находится при той же самой температуре. Следовательно, в зимнее время КПД будет меньше, чем летом.

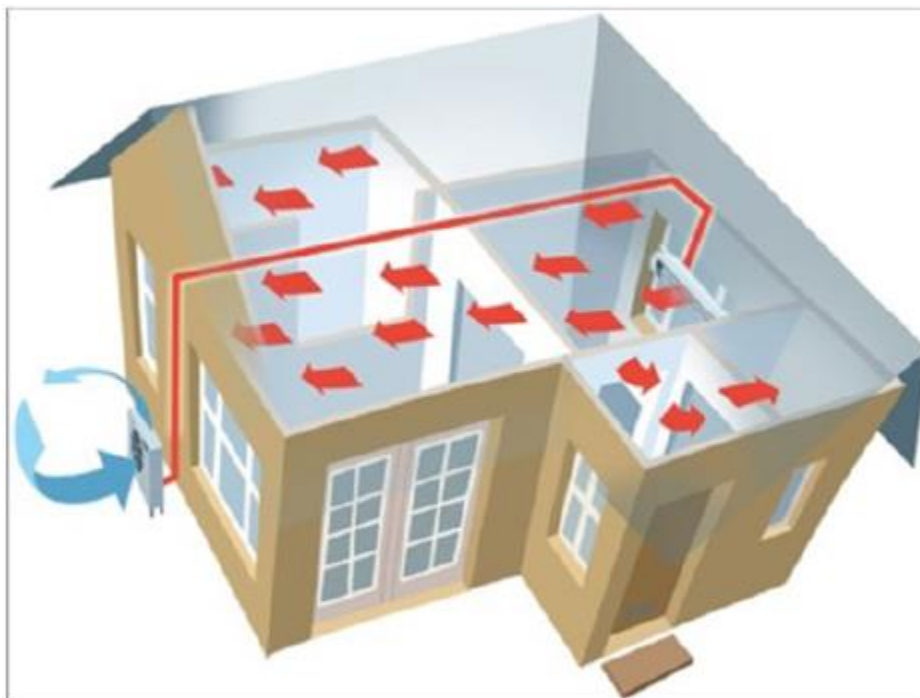
### **Воздух-воздух**

Тепловые насосы "воздух-воздух" забирают тепло из окружающего воздуха и подают тепло локально через воздушный теплообменник. Большинство тепловых насосов типа "воздух-воздух" имеют один наружный и один внутренний блок и часто называются "раздельными блоками". Такая конфигурация означает, что тепловой насос может подавать тепло только в одном месте в доме и что для большего покрытия требуется система циркуляции воздуха или что двери в соседние комнаты открыты. Оставшуюся потребность в тепле должны покрывать другие источники, например, электрические обогреватели или дополнительные тепловые насосы "воздух-воздух".

Имеются также тепловые насосы типа "воздух-воздух" с более чем одним внутренним теплообменником (мультипликаторы), но на сегодняшний день установлено лишь несколько таких насосов.

Тепловые насосы "воздух-воздух" обычно покрывают от 60% до 80% потребности в отоплении помещений. Таким образом, требуется дополнительное отопление в самые холодные периоды или если воздух не циркулирует по всему дому. Поэтому воздушно-воздушные насосы обычно устанавливаются в качестве вспомогательного отопительного агрегата в комбинации с существующим первичным источником тепла. Существующий источник тепла потенциально может быть чем угодно, но обычно это либо газовый, либо мазутный бойлер.

Многие тепловые насосы "воздух-воздух" являются реверсивными, что означает, что они также могут использоваться для охлаждения (кондиционирования воздуха).



*Рисунок 48: Тепловой насос "воздух-воздух". Оба агрегата размещены в соответствии с конкретными местными условиями.*

### **Тепловой насос "воздух-вода"**

Тепловые насосы "воздух-вода" забирают тепло из окружающего воздуха и подают тепло для обогрева помещений через систему распределения на водной основе. Тепловые насосы "воздух-вода" также подогревают воду для потребления горячей воды для бытовых нужд и часто оснащаются электрическим нагревателем для дополнения в периоды пиковых нагрузок, так что установка может обеспечивать 100% потребности в тепле.

Некоторые тепловые насосы типа "воздух-вода" разработаны специально для подачи только горячей воды. Этот тип тепловых насосов "воздух-вода" используется в ряде дачных домов, особенно при большом потреблении горячей водопроводной воды.

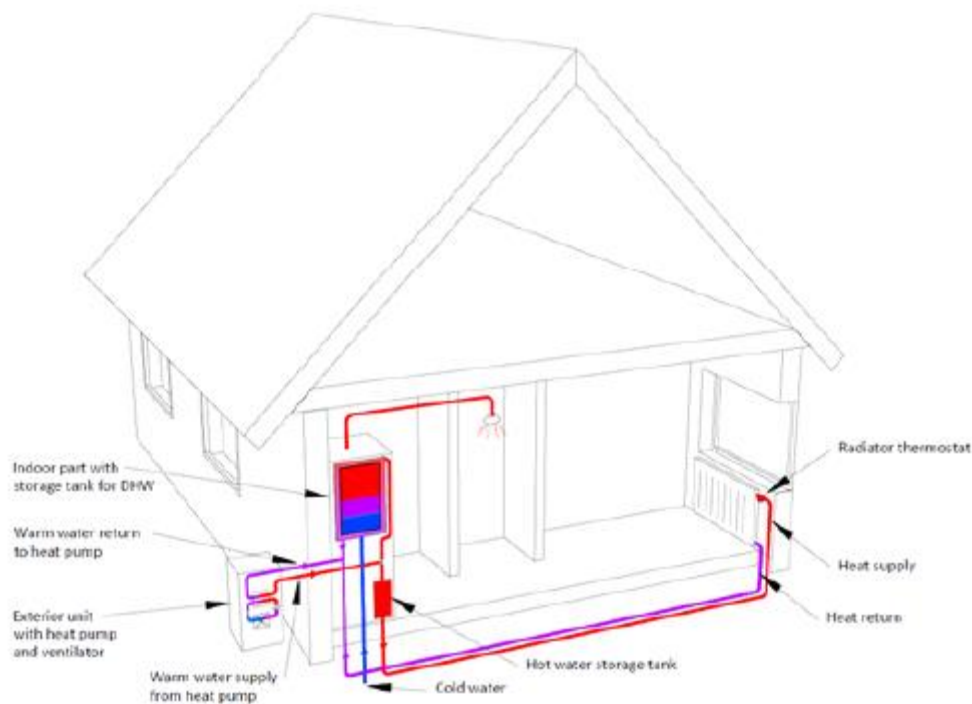


Рисунок 49: Тепловой насос "воздух-вода".

### **Тепловой насос "соляной раствор-вода" (от грунтового источника)**

Тепловые насосы типа "соляной раствор-вода" забирают тепло из земли и подают тепло для отопления помещений через водопроводную систему. Тепловые насосы типа "соляной раствор-вода" также подогревают воду для потребления горячей воды для бытовых нужд и часто оснащаются электрическим нагревателем для дополнения в периоды пиковых нагрузок, так что установка может обеспечивать 100% потребности в тепле.

Большинство тепловых насосов, работающих на грунте, используют горизонтальный тепловой коллектор, состоящий из труб, содержащих противозамерзающий рассол, который циркулирует для отвода тепла из верхнего слоя грунта.

Теоретически, тепловые насосы наземного происхождения достигнут более высокой тепловой эффективности в течение отопительного сезона по сравнению с тепловыми насосами типа "воздух-вода". На практике, однако, разница часто невелика. Можно использовать вертикальные трубы, которые могут достигать глубины до 250 м. Однако они имеют более высокие инвестиционные затраты и используются в основном там, где площадь поверхности недостаточна или непригодна для прокладки горизонтальных труб, например, в скалистых грунтах.

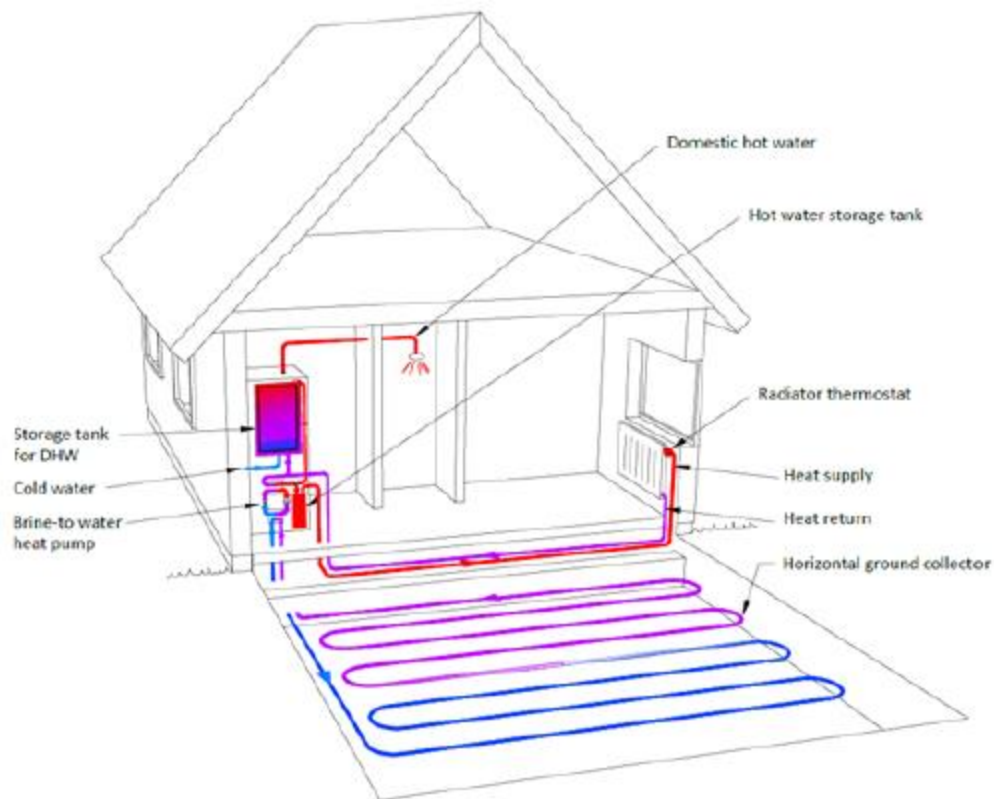


Рисунок 50: Тепловой насос от грунтового источника (соляной раствор в воде)

### **Вентиляционный воздушный тепловой насос**

Вентиляционные тепловые насосы могут быть либо воздух-воздух, либо воздух-вода, либо их комбинация. Этот тип забирает тепло из выходящего воздуха и нагревает приток воздуха в вентиляционную систему, а также, как правило, горячую воду для бытовых нужд. Этот тип тепловых насосов также называют тепловыми насосами для отработанного воздуха.

Тепловой насос может нагревать всасываемый воздух до уровня, обеспечивающего больше тепла, чем потери тепла при вентиляции, и тем самым в некоторой степени компенсировать потери при передаче. В зависимости от соотношения между передаточной и вентиляционной теплотерями, для этого типа тепловых насосов может потребоваться дополнительный источник тепла, чтобы покрыть потребность в тепле в течение всего года и сделать возможным индивидуальное регулирование помещения.

Система часто комбинируется с прямым теплообменником, который улавливает часть тепла из выходящего воздуха. Это означает, что производительность теплового насоса снижается, но при этом повышается общая энергоэффективность.



Рисунок 51: Вентиляционный воздушный тепловой насос

### **Вход**

Входы для тепловых насосов являются источником тепла и энергии привода.

Источниками тепла для отдельных тепловых насосов являются, прежде всего, окружающий воздух, выходящий воздух вентиляции или земля (почва). Типичная температура окружающей среды датчан находится в диапазоне от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $18^{\circ}\text{C}$ , в то время как температура грунта на глубине 1 метра находится в диапазоне от  $2^{\circ}\text{C}$  до  $14^{\circ}\text{C}$  (понижение до примерно  $0^{\circ}\text{C}$  в зимний период с отбором тепла). Другими источниками тепла могут быть солнечные нагревательные панели, поверхностные воды (озерная или морская вода).

Энергия привода для отдельных тепловых насосов - это электричество или газ.

### **Выход**

Выходит тепло для отопления помещений в виде горячего воздуха или воды, а для некоторых установок также горячей воды для бытового потребления.

### **Типичные возможности**

Теплопроизводительность варьируется в зависимости от типа, так как, например, воздушно-воздушные и вентиляционные тепловые насосы обычно нагревают только часть дома, в то время как рассольно-водяные и воздушно-водяные тепловые насосы снабжают теплом весь дом, включая горячую воду для бытовых нужд.

### **Воздух-воздух**

Типичная мощность отопления для одного теплового насоса "воздух-воздух" составляет 3 - 8 кВт, что обычно покрывает от 60% до 80% потребности в отоплении помещений. Воздух-вода и соляной раствор-вода (наземный источник)

Тепловые насосы, подающие воду в системы, как правило, имеют мощность от 4 кВт до нескольких сотен кВт, покрывая потребности как в отоплении помещений, так и в горячей воде для бытовых нужд, как в зданиях с низким энергопотреблением, так и в других зданиях.

Тепловые насосы на водной основе обычно рассчитаны на покрытие от 95% до 98% потребности в тепле.

### **Вентиляция**

Мощность тепловых насосов для вентиляции варьируется от 1,5 кВт в многоквартирных домах до нескольких сотен кВт в крупных офисных зданиях. В частных домах мощность отопления обычно достигает 3 кВт. Вентиляционные тепловые насосы, как правило, не подходят в качестве единственного источника тепла для отопления помещений и производства горячей воды для бытовых нужд. Причина заключается в том, что вытяжной вентиляционный воздух может быть недостаточным в качестве единственного источника тепла. Следовательно, в зависимости от соотношения между потерями тепла при передаче и потерями тепла при вентиляции, вентиляционному тепловому насосу может потребоваться дополнительный источник тепла в течение некоторых периодов времени.

### **Способность регулирования**

Все тепловые насосы имеют регулировку включения/выключения, а некоторые также оснащены регулировкой мощности, что означает, что тепловой насос может непрерывно уравнивать производство тепловой энергии до 20% от максимальной мощности.

Тепловые насосы для индивидуального отопления могут быть немедленно остановлены, а остановленный тепловой насос может достичь полной потребляемой мощности в течение 1 минуты.

Важно понимать, что изменение стратегии эксплуатации теплового насоса с течением времени влияет на общее потребление энергии и уровень комфорта. Для тепловых насосов, которые регулируются включением/выключением, КПД будет снижаться с увеличением количества запусков и остановок. Правильное определение размеров и использование накопительных резервуаров необходимо для обеспечения наивысшего КПД. Тепловые насосы с регулированием мощности имеют больше компонентов, чем тепловые насосы с регулированием включения/выключения, что может увеличить цену.

Основная часть установленных сегодня тепловых насосов "воздух-воздух" имеет регулирование производительности. Только около 20% установленных тепловых насосов "воздух-вода" и "земля-земля" имеют регулирование производительности. В то время как большинство тепловых насосов на рынке сегодня оснащены регулированием мощности, это означает, что процент установленных тепловых насосов с регулированием мощности будет увеличиваться.

Так как системы распределения на водной основе имеют более высокую тепловую инерцию включения/выключения, это не влияет на комфорт так же, как этот тип регулирования на тепловых насосах "воздух-воздух".

### **Преимущества/недостатки**

Общим преимуществом технологий тепловых насосов является снижение потребления первичной энергии по сравнению с котлами или традиционным электрическим отоплением.

Шум от тепловых насосов, работающих на источнике воздуха, может быть проблемой. В целом уровень шума регулируется законом. Кроме того, нормативы ЕС ESO по проектированию тепловых насосов включают в себя спецификацию максимального уровня шума от самого теплового насоса. Тепловые насосы воздух-воздух более высокого качества обычно имеют более низкий уровень шума.

### **Воздушно-воздушные тепловые насосы**

Преимущества тепловых насосов типа "воздух-воздух" заключаются в том, что их легко устанавливать в помещениях и зданиях с электрическим обогревом, так как нет необходимости в системе распределения воды, а тепловые насосы типа "воздух-воздух" имеют более высокий КПД, чем прямое электрическое отопление.

А для наружной установки требуется только ограниченное наружное пространство и не требуется копать землю.



Основными причинами большого количества установленных тепловых насосов воздух-воздух являются низкие инвестиционные затраты и простота установки.

Недостатком теплового насоса "воздух-воздух" является то, что, если он не установлен как многоспиральный агрегат, он способен доставлять тепло только в одно помещение.

Кроме того, недостатком тепловых насосов воздух-воздух является то, что их теплопроизводительность ограничена, и они не могут нагревать воду для бытовых нужд. Поэтому данный тип тепловых насосов требует дополнительного источника тепла.

### **Тепловые насосы типа "воздух-вода"**

По сравнению с тепловыми насосами типа "воздух-вода", тепловые насосы типа "воздух-вода" проще в установке и не требуют большой площади для грунтовых теплонакопителей.

По сравнению с тепловыми насосами "воздух-воздух", системы на водной основе могут доставлять тепло через водяную систему отопления в нескольких помещениях, и можно индивидуально регулировать передачу тепла в каждом помещении.

По сравнению с тепловыми насосами, работающими на грунте, тепловой насос "воздух-вода" менее эффективен, так как в зимний период температура воздуха будет ниже температуры грунта. Кроме того, на наружном теплообменнике будет накапливаться лед, что снижает температуру испарения и эффективность.

Газовые гибридные тепловые насосы типа "воздух-вода" дешевле, чем стандартные тепловые насосы типа "воздух-вода", но применяются только в районах, где есть природный газ, и имеют более высокую стоимость топлива за счет потребления газа.

### **Тепловые насосы типа "соляной раствор-вода" (наземный источник)**

Что касается тепловых насосов типа "воздух-вода", то тепловой насос типа "соляной раствор-вода" (наземный источник) может подавать тепло через водяную систему отопления в нескольких помещениях, при этом возможна индивидуальная регулировка теплопередачи в каждом помещении.

По сравнению с воздушными системами, этот тип обычно имеет более высокий годовой КПД, так как во время отопительного сезона земля теплее, чем окружающий воздух.

Недостатком является то, что грунтовой источник включает в себя выемку грунта или другие мероприятия по извлечению необходимого тепла. Это увеличивает инвестиционные затраты по сравнению с решениями на основе воздуха, но в некоторой степени будет уравниваться снижением затрат на энергию. Тепловой насос наземного источника будет примерно на 15% эффективнее, чем тепловой насос воздух-вода.

При работе теплового насоса нет проблем со шумом, что может сделать его единственным возможным решением в плотно застроенных помещениях.

### **Вентиляционные тепловые насосы**

Этот тепловой насос применяется только в домах с системой вентиляции. В старых домах с большой, неконтролируемой вентиляцией из-за инфильтрации воздуха эта технология не подходит. В новых и более герметичных зданиях часто применяются вентиляционные системы, что означает, что подходящим решением может быть использование вентиляционных тепловых насосов.

Недостатком тепловых насосов для вентиляции является то, что тепловая мощность ограничивается теплом, которое может быть забрано из отработанного воздуха.

### **Окружающая среда**

Воздействие тепловых насосов на окружающую среду в основном связано с потреблением электроэнергии, утечкой синтетических хладагентов и шумом.

Воздействие на окружающую среду в связи с использованием электроэнергии будет зависеть от способа производства электроэнергии.

Сегодня на датском рынке все тепловые насосы для индивидуального отопления используют синтетические хладагенты. Это известные ГФУ (гидрофторуглероды) - фторированные газы (F-газы), которые обладают мощным парниковым эффектом и подпадают под действие Киотского протокола.

Существует много различных хладагентов на основе ГФУ. Наиболее важными из них являются смеси HFC-134a (R134a) и HFC: R404A, R410A и R407A. Наиболее распространенные хладагенты на основе ГФУ имеют потенциал глобального потепления (GWP) от 1500 до 4000 по сравнению с CO<sub>2</sub>, который имеет GWP в 1.

Национальное законодательство некоторых стран запрещает использование ГФУ в тепловых насосах с более чем 10 кг хладагента. Тепловые насосы для индивидуального отопления обычно содержат менее 2 кг хладагента, что означает, что запрет не затрагивает этот сегмент.

Есть, правда, некоторые тепловые насосы, работающие с натуральными хладагентами (включая R290 - пропан), но это меньшинство. Ожидается, что произойдет переход на натуральные хладагенты или другие, менее вредные хладагенты. Европейское F-газовое регулирование с 2015 года гласит, что F-газы будут постепенно сворачиваться к 2030 году и будут запрещены во многих областях применения, где имеются менее вредные альтернативы, что, вероятно, приведет к более широкому использованию природных хладагентов в тепловых насосах.

### Технические паспорта

Ниже в таблицах последовательно представлены следующие таблицы:

- Воздух-воздух, существующий дом на одну семью
- Воздух-воздух, новый дом на одну семью
- Воздух-вода, существующий дом на одну семью
- Воздух-вода, новый дом на одну семью
- Воздух-вода, существующие квартиры
- Воздух-вода, новые квартиры
- Соляной раствор в воде (наземный источник), существующий дом на одну семью.
- Соляной раствор в воде (наземный источник), новый дом на одну семью.
- Соляной раствор в воде (наземный источник), существующие квартиры
- Соляной раствор в воде (наземный источник), новые квартиры
- Вентиляция, новый дом на одну семью
- Вентиляция, новые квартиры

### Технические характеристики 58 - Тепловой насос, воздух-воздух - существующий многоквартирный дом

Тепловой насос, воздух-воздух, существующий дом на одну семью.	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	60
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	0

<b>Тепловой насос, воздух-воздух, существующий дом на одну семью.</b>	
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	510
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	510
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	0
Срок службы (годы)	12
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	2.1
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	206
Переменная ЭИТО (\$US/ГДж)	0

#### Технические характеристики 59 - Тепловой насос, воздух-воздух - новый многоквартирный дом

<b>Тепловой насос, воздух-воздух, новый дом на одну семью.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	2.5
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	60
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	0
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	490
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	490
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	0
Срок службы (годы)	12
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	1.3
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	196
Переменная ЭИТО (\$US/ГДж)	0

#### Технические характеристики 60 - Тепловой насос, воздух-вода - существующий многоквартирный дом

<b>Тепловой насос, воздух-вода, существующий дом на одну семью.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	

<b>Тепловой насос, воздух-вода, существующий дом на одну семью.</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	10
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	410
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	400
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	340
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	335
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	100
Срок службы (годы)	18
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	11.4
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	336
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Технические характеристики 61 - Тепловой насос, воздух-вода - новый многоквартирный дом

<b>Тепловой насос, воздух-вода, новый дом на одну семью.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	355
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	335
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	320
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	305
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	100
Срок службы (годы)	18
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д

<b>Тепловой насос, воздух-вода, новый дом на одну семью.</b>	
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	8.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	336
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Технические характеристики 62 - Тепловой насос, воздух-вода - существующий квартирный комплекс

<b>Тепловой насос, воздух-вода, существующие квартиры</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	400
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	440
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	420
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	390
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	375
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	10,000
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	50
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	170.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,997
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0.57

### Технические характеристики 63 - Тепловой насос, воздух-вода - новый жилой комплекс

<b>Тепловой насос, воздух-вода, новые квартиры.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	160
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	450
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	400
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	430
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	380

<b>Тепловой насос, воздух-вода, новые квартиры.</b>	
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	10,000
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	85.9
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,997
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0.57

### Технические характеристики 64 - Тепловой насос, наземный источник - существующий многоквартирный дом

<b>Тепловой насос, наземный источник, существующий дом на одну семью</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	10
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	450
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	440
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	380
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	370
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	100
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	18.2
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	336
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 65 - Тепловой насос, наземный источник - новый  
одноквартирный дом**

<b>Тепловой насос, наземный источник, новый дом на одну семью.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	365
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	345
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	320
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	305
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	100
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	13.3
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	336
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 66 - Тепловой насос, наземный источник - существующий  
многоквартирный жилой комплекс**

<b>Тепловой насос, наземный источник, существующие квартиры</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	400
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	480
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	460
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	430
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	410
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	10,000
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	50
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0

<b>Тепловой насос, наземный источник, существующие квартиры</b>	
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (г на ГДж)	Н/Д
NOX (г на ГДж)	Н/Д
CH4 (г на ГДж)	Н/Д
N2O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	301.3
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,997
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0.57

**Технические характеристики 67 - Тепловой насос, наземный источник - новый многоквартирный жилой комплекс**

<b>Тепловой насос, Земельный источник, новый квартирный комплекс</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	160
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%), отопление "теплый пол".	510
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), отопление "теплый пол".	440
Тепловая эффективность, среднегодовая, чистая (%), радиаторы	490
Общий КПД, среднегодовой, чистый (%), радиаторы	430
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	10,000
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO2 (г на ГДж)	Н/Д
NOX (г на ГДж)	Н/Д
CH4 (г на ГДж)	Н/Д
N2O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	107.7
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,997
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0.57

**Технические характеристики 68 - Тепловой насос, вентиляция - новый многоквартирный дом**

<b>Тепловой насос, вентиляция, новый дом на одну семью.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	2
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	80
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	90



<b>Тепловой насос, вентиляция, новый дом на одну семью.</b>	
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	330
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	325
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	30
Срок службы (годы)	15
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	2.3
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	230
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

#### Технические характеристики 69 - Тепловой насос, вентиляция - новый жилой комплекс

<b>Тепловой насос, вентиляция, новые квартиры</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	160
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	560
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	540
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	3,000
Срок службы (годы)	15
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	100
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	85.9
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	1,392
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0.57

## Тепловые насосы с газовым приводом

---

### Общее качественное описание тепловых насосов с газовым приводом

Следующий раздел является введением в тепловые насосы с газовым приводом в целом и содержит введение в технологию. Затем на смену этому введению приходят три раздела, каждый из которых описывает уникальную технологию тепловых насосов, включая спецификацию для каждой технологии.

### Введение - Общая информация о тепловых насосах с газовым приводом

"Тепловые насосы с газовым приводом" или "тепловые насосы с газовым приводом" чаще всего называют просто "тепловые насосы с газовым приводом". Для упрощения мы, в основном, также выбрали это последнее обозначение в этом документе.

Отметим, что сегодня на рынке нет газовых тепловых насосов воздух-воздух для отопления жилых помещений, но технология существует для тепловых насосов с газовым двигателем (Aisin, Sanyo и т.д.).

В принципе, все технологии газовых тепловых насосов являются реверсивными и могут также использоваться для охлаждения/кондиционирования воздуха, но не все продукты, представленные на рынке, могут быть также предназначены для охлаждения.

### Основные отличия от электрических тепловых насосов

Энергоэффективность газовых тепловых насосов обычно выражается в процентах, а не в "Кoeffициенте полезного действия" (КПД), как для электрических тепловых насосов. Самый высокий чистый КПД, измеренный для газового теплового насоса в режиме отопления, сегодня достиг примерно 170% (КП = 1.7) (значение, полученное на абсорбционном тепловом насосе), что кажется значительно ниже, чем для электрических тепловых насосов. Одним из методов сравнения характеристик двух типов тепловых насосов является расчет КПД, основанный на использовании первичной энергии.

Благодаря более низкому КПД газовых тепловых насосов (по сравнению с электрическими тепловыми насосами), в тепловой насос будет поступать меньше энергии из наружного воздуха, земли и т.п. Поэтому конструкция газовых тепловых насосов отличается от конструкции электрических тепловых насосов (ЭТН). Это означает меньшее количество теплообменников для источника энергии, меньшее количество отверстий, более короткие трубы в земле. В результате, газовые тепловые насосы потенциально имеют более низкие затраты на установку по сравнению с электрическими тепловыми насосами. Другим следствием является то, что газовые тепловые насосы меньше зависят от колебаний температуры источника энергии по сравнению с электрическими тепловыми насосами.

### Вход

Входным материалом является тепло, получаемое, например, от окружающего воздуха, собираемого наружным теплообменником или наземным коллектором (вертикальным или горизонтальным). Для управления процессом необходим газ. Тепло может также комбинироваться с другими "свободными" источниками энергии, такими как солнечная энергия или сточные воды.

Газовые тепловые насосы могут использоваться как с природным газом и сжиженным нефтяным газом (LPG), так и с новыми "зелеными газами", такими как биогаз. Устройства, сертифицированные на природный газ, могут справляться с большим разнообразием спецификаций природного газа; включая смесь природного газа/обновленного биогаза, если спецификации смеси соответствуют спецификациям природного газа. Обратите внимание, что модернизированный биогаз в основном содержит метан и поэтому может также использоваться непосредственно (без смешивания с природным газом = 100%).

Для смесей природного газа/водорода технологии, использующие полностью премиксные горелки (абсорбционные и адсорбционные тепловые насосы), должны быть способны справляться со смесями, содержащими до 10 - 20% водорода (об.); однако на данном этапе результаты испытаний отсутствуют.

### **Выход**

Выходная мощность - тепловая энергия для отопления помещений и горячей воды. В случае реверсивных тепловых насосов мощность также охлаждается.

Газовые тепловые насосы могут подавать воду температурой выше 55°C, поэтому они могут подавать горячую воду для бытовых нужд и использовать радиаторы меньшего размера, рассчитанные на высокую температуру воды. Обратите внимание, однако, что эффективность может снизиться при повышении температуры воды в системе отопления.

### **Преимущества/недостатки**

#### **Преимущества**

- Поскольку газовые тепловые насосы меньше полагаются на свободный возобновляемый источник тепла, по сравнению с электрическими тепловыми насосами, они также имеют мощность, которая меньше зависит от температуры источника тепла, и в результате имеют более постоянный профиль подачи тепла по сравнению с электрическим тепловым насосом.
- Таким образом, газовые тепловые насосы, как правило, не нуждаются в резервной системе для производства тепла при низких внешних температурах), так как они не подвергаются такому же влиянию из-за потери мощности при низких внешних температурах, как электрические тепловые насосы.
- Другим следствием является то, что для газовых тепловых насосов, использующих соляной раствор для воды (и, следовательно, менее дорогостоящих), наземный источник может быть в среднем на 40% меньше по сравнению с электрическим тепловым насосом, использующим соляной раствор для воды.
- Наконец, большинство газовых тепловых насосов предлагают возможность более высокой температуры воды на выходе (позволяя подавать горячую воду для бытовых нужд и, при необходимости, уменьшая количество радиаторов);

#### **Недостатки**

- Газовый тепловой насос уже является зрелым продуктом для рынка многоквартирных домов и потребителей с большим спросом на тепловую энергию (магазины и т.д.), но существует лишь несколько готовых к рынку бытовых приборов, а также недостаток опыта (особенно в области адсорбционной технологии).
- По сравнению с газовым котлом, в здании может потребоваться больше места для установки, особенно если настенный котел заменен напольным газовым (или электрическим) тепловым насосом и теплоаккумулятором.
- Газовые тепловые насосы могут быть установлены только при наличии газовой сети или биогаза.

Стоимость газовых тепловых насосов и установки значительно выше, чем стоимость простого конденсационного газового котла. В результате, нынешние (2020 г.) затраты делают инвестиции в такую технологию более актуальными в случае высокой потребности в отоплении/большей установке (домашней или коллективной) и менее осуществимыми в низкоэнергетических многоквартирных домах.

### **Преимущества/Недостатки для теплового насоса соляного раствора на воду**

Недостаток тепловых насосов соляного и водяного газа заключается в том, что источник грунтового тепла требует дополнительных инвестиций в трубопроводы для получения необходимого тепла. Наиболее распространенное решение - горизонтальные грунтовые коллекторы - требует наличия земельного участка, соответствующего максимальному

потреблению 40 кВт/час/м<sup>2</sup> в год, где этот участок является горизонтальной зоной. Инвестиции могут быть уравновешены сниженными затратами на энергию. Однако при работе теплового насоса не возникает проблем с внешним шумом, что может сделать его единственным возможным решением в плотно застроенных районах.

### **Преимущества/Недостатки для теплового насоса "воздух-вода"**

Шум может представлять проблему, так как уровень шума должен быть ниже **35 дБ(А)** на границе с другими свойствами.

Что касается электрических тепловых насосов, то в густонаселенных районах из-за этого иногда невозможно установить тепловые насосы типа "воздух-вода". Установка воздухообменника снаружи может вызвать другие проблемы у некоторых пользователей (свободное пространство, близость к соседям, шум, архитектурные и эстетические аспекты).

Наконец, тепловые насосы типа "воздух-вода" имеют более низкий КПД по сравнению с приборами типа "соляной раствор-вода".

Грунтовые воды и вертикальные трубы можно использовать вместо горизонтальных, если не хватает доступной площади земли. Это более дорогое решение, но в настоящее время используется чаще, чем раньше, что может снизить цены в будущем.

### **Абсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, "воздух-вода" и "соляной раствор-вода".**

#### **Краткое описание технологии**

Газопоглощающие тепловые насосы - это так называемые "тепловые насосы с термическим приводом", использующие газ как источник тепла, который необходимо модернизировать, так и как источник энергии для приведения в движение процесса теплового насоса. Это отличает их от тепловых насосов с механическим приводом. Тепло от газа, как правило, производится с помощью горелки с полной смесью. В основном процессе абсорбции аммиак испаряется за счет свободной энергии (например, наружный воздух) и поступает в абсорбер, где образует раствор с водой. Тепло вырабатывается и передается от поглотителя в отопительную систему. При повышенном давлении аммиачно-водяной раствор перекачивается в генератор, где тепло добавляется, например, через газовую горелку. Пары аммиака, образующиеся в генераторе, поступают в конденсатор, где конденсируются и энергия передается в отопительную систему. Нежирный раствор аммиака-воды рециркулирует из генератора в поглотитель. Жидкий аммиак течет после снижения давления из конденсатора в испаритель, где он снова испаряется. В процессе абсорбции возможны другие хладагенты, но аммиачная вода используется в тепловых насосах для отопления помещений. Основной цикл абсорбции показан на рисунке ниже.

Выделяемое горелкой тепло приводит в действие различные физические процессы в замкнутом контуре газового теплового насоса - в отличие от электрического теплового насоса или теплового насоса, приводимого в действие газовым двигателем, компрессор не требуется.

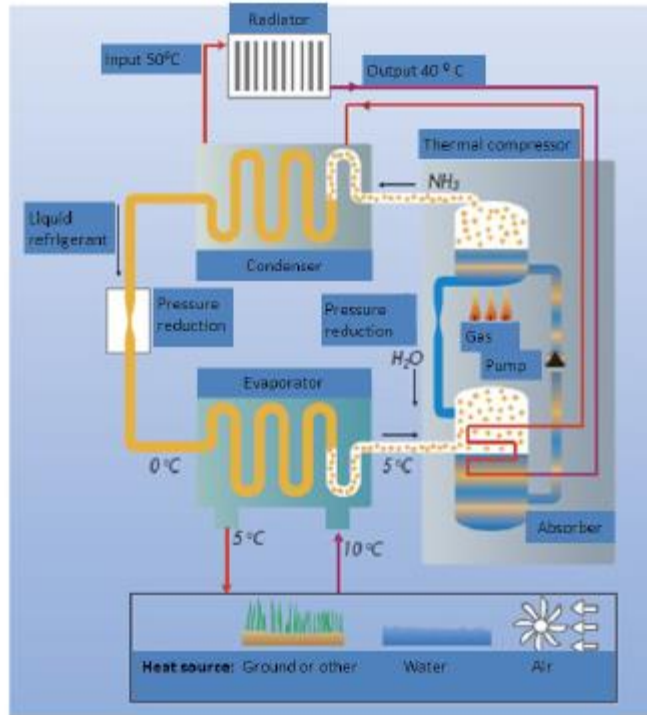


Рисунок 52: Принцип работы газопоглощающего теплового насоса

### Типичные возможности

Практический диапазон производительности абсорбционных тепловых насосов для отопления помещений увеличился с момента внедрения прибора Robur примерно в 2009 году. Предел еще больше снижается, когда в 2013 - 2015 годах на рынок выйдут абсорбционные тепловые насосы, которые в настоящее время проходят полевые испытания. Тогда тепловые насосы будут пригодны как для многоквартирных домов, так и для многоквартирных жилых домов. Для многоквартирных домов мощность будет составлять 10 - 15 кВт, а для более высоких потребностей в отоплении, например, в многоквартирных домах и коммерческом секторе, можно будет использовать один или несколько тепловых насосов Robur мощностью 35 кВт в каскадной конфигурации. Технология абсорбционных тепловых насосов могла бы подойти для домов с очень низкой потребностью в тепле, но из-за нынешних затрат на технологию и установку рынок пассивных домов или домов с низкой потребностью в энергии достаточно ограничен. Однако, сообщается, что одной из проблем для данной технологии является дальнейшее снижение нижнего предела мощности.

В настоящее время <35 кВт для одного прибора, ранее технологии абсорбционного нагрева и охлаждения моделей имели мощность нагрева до нескольких МВт. Более крупные абсорбционные машины мощностью до МВт, которые выпускались в течение нескольких лет, не рассматриваются в данном документе в качестве релевантных для применения и не описываются далее.

Вышеуказанное указывает на наиболее распространенные возможности. Также на рынке существуют более специфические технологии, имеющие свои особенности.

### Способность регулирования

Для тепловых насосов существуют различные типы регулирования (для регулирования нагрузки). Приборы могут работать как в режиме включения/выключения, так и в режиме модуляции. Типичный диапазон модуляции от современных технологий газопоглощающих тепловых насосов составляет 50 - 100%.

## Преимущества/недостатки

### Преимущества

- Технология абсорбционных газовых тепловых насосов уже является зрелым продуктом с высоким КПД.
- Он адаптирован для замены существующих котлов (минимальная замена существующей системы) и подходит для зданий с радиаторами, которые могут потребовать более высоких температур.

### Недостатки

- В принципе, на рынке есть только один продукт (Robur; обратите внимание, что он продается на рынке под разными названиями).

## Окружающая среда

В газо-абсорбционных тепловых насосах используется хладагент, не вредный для озонового слоя, и в этом отношении они обладают экологическим преимуществом.

## Газопоглощающий тепловой насос Robur

Приборы Robur E3 - это газовые абсорбирующие тепловые насосы с модулирующей мощностью и конденсацией дымовых газов. Они имеют мощность в диапазоне 18 - 44 кВт (модулирующую) в зависимости от исполнения модели. Горелка представляет собой предустановленную горелку той же базовой конструкции, что и в современных конденсационных газовых котлах. Тепловой насос доступен в двух вариантах - в виде теплового насоса "воздух-вода" или "земля-вода".



Рисунок 53: Тепловой насос Robur E3. Опции воздух-вода (слева) и наземный источник (справа).

## Технические паспорта

Разработаны паспорта для существующих многоквартирных домов и жилых комплексов. Технология абсорбционных тепловых насосов могла бы подойти для домов с очень низкой потребностью в тепле, но, в связи с существующими затратами на технологию и установку, рынок пассивных домов или домов с низким энергопотреблением ограничен. Как следствие, данные по новым многоквартирным домам и многоквартирным комплексам не включены в паспорта.

## Технические характеристики 70 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, воздух-вода - существующий многоквартирный дом

Абсорбция теплового насоса воздух-вода с газовым приводом, дом на одну семью, существующие здания	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	30
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0

<b>Абсорбция теплового насоса воздух-вода с газовым приводом, дом на одну семью, существующие здания</b>	
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	145
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	-
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	10
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	17.8
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 71 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, наземный источник - существующий одноквартирный дом**

<b>Соляной раствор в воде (наземный источник) тепловой насос с газовым приводом абсорбции, один семейный дом, существующие здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	30
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	145
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	-
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	10
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	37.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 72 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, воздух-вода - существующий многоквартирный жилой комплекс**

<b>Абсорбционный тепловой насос воздух-вода с газовым приводом, жилой комплекс, существующие здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	80
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	145
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	-
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	10
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	20.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 73 - Абсорбционный тепловой насос с газовым приводом, наземный источник - существующий многоквартирный жилой комплекс**

<b>Поглощающий соляной раствор (наземный источник) тепловой насос с газовым приводом, многоквартирный жилой комплекс, существующие здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	80
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	145
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	-
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	10
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	1



<b>Поглощающий соляной раствор (наземный источник) тепловой насос с газовым приводом, многоквартирный жилой комплекс, существующие здания</b>	
N2O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	37.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

## Тепловые насосы с приводом от газового двигателя, "воздух-вода" и "соляной раствор-вода".

### Краткое описание технологии

В тепловом насосе с газовым двигателем используется тот же процесс, что и в электрическом тепловом насосе, но компрессор приводится в действие газовым двигателем, а не электрическим. Тепло также восстанавливается за счет охлаждения двигателя и отработанных газов. В принципе, в газовом двигателе может использоваться любой газ. Природный газ, модернизированный (или не модернизированный) биогаз, сжиженный нефтяной газ и водород возможны.

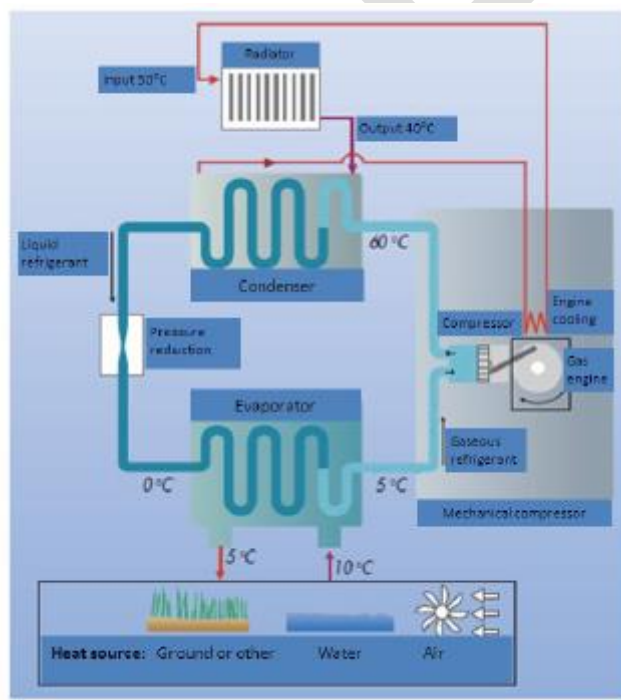


Рисунок 54: Принцип работы теплового насоса с приводом от газового двигателя

По сути, тепловой насос состоит из четырех компонентов: компрессора, конденсатора, расширительного клапана и испарителя.

В целом, тепловой насос с приводом от газового двигателя будет нуждаться в обычном техобслуживании каждые 10 000 часов работы или около того.

### Типичные возможности

Имеется ряд мощностей, как правило, от 10 кВт до нескольких МВт тепла для одного прибора. Приборы часто объединяются в каскад для получения необходимой мощности и достижения большей эффективности.

Для тепловых насосов с приводом от газового двигателя шкала колеблется от нескольких кВт до нескольких МВт механической мощности. Тепловые насосы на шкале МВт, как правило, специально разработаны для конкретной ситуации. Диапазон мощности мультипликаторов составляет от 30 кВт до 90 кВт для отопления и от 20 кВт до 70 кВт для охлаждения. Технология наружных блоков на базе компрессионных тепловых насосов с приводом от газового двигателя в настоящее время полностью отработана. Наружные агрегаты могут быть легко подключены в каскадном исполнении для достижения большей мощности (до 1000 кВт).

### **Способность регулирования**

Для тепловых насосов существуют различные типы регулирования (для регулирования нагрузки). Приборы могут работать как в режиме включения/выключения, так и в режиме модуляции. Процентная доля максимальной мощности зависит от рассматриваемой технологии и модели.

Типичные диапазоны модуляции для тепловых насосов с приводом от газовых двигателей составляют прикл. 30 - 100%.

### **Преимущества/недостатки**

#### **Преимущества**

- Технология газовых тепловых насосов с приводом от газового двигателя уже отработана.
- Тепловые насосы с газовыми двигателями предпочтительнее (по сравнению с другими тепловыми насосами с газовым приводом), когда охлаждение является основным требованием из-за их более высокой эффективности при охлаждении.

#### **Недостатки**

- Для бытовой техники, готовой к выходу на рынок, существует всего несколько единиц. (Приборы в основном предназначены для офисов, общежитий, больниц, а не для домашнего сектора).
- Шум от двигателя может быть проблемой; но производители (Sanyo и т.д.) стараются производить более бесшумные приборы.
- Инвестиционные и эксплуатационные расходы на изделие выше, чем у электрических тепловых насосов.
- Технология не очень хорошо известна пользователям или профессионалам, а стандарты еще не готовы.

### **Окружающая среда**

В тепловых насосах на двигателе используются те же хладагенты, что и в электрических тепловых насосах. В тепловых насосах в качестве хладагентов используются F-газы. F-газы являются фторированными газами и включают в себя ГФУ, PFC и SF<sub>6</sub>, которые являются мощными парниковыми газами. Они подпадают под действие Киотского протокола.

ГФУ (HydroFluoroCarbons) являются наиболее важными, и они часто используются в холодильной промышленности в качестве рабочей жидкости в холодильном цикле. Существует множество различных хладагентов на основе ГФУ. Наиболее важными из них являются смеси ГФУ-134а (R134а) и ГФУ: R404A, R410A и R407A. Наиболее распространенные хладагенты на основе ГФУ имеют потенциал глобального потепления (GWP) от 1500 до 4000 по сравнению с CO<sub>2</sub>, который имеет GWP в 1.

Есть, правда, некоторые тепловые насосы, работающие с натуральными хладагентами (включая R290 - пропан), но это меньшинство. В будущем F-газы можно будет заменить натуральными хладагентами или другими, менее вредными хладагентами.

Природные хладагенты - это вещества, которые находятся в собственном природном цикле, например, аммиак, углеводороды, CO<sub>2</sub>, вода и воздух. Ни один из хладагентов в группе природных хладагентов не идеален, и все они имеют технические ограничения. Поэтому природные хладагенты следует выбирать с осторожностью, а одна жидкость не может покрыть все области применения.

В различных типах тепловых насосов используются одни и те же типы хладагентов. Поэтому вышеприведенное описание является репрезентативным для всех типов тепловых насосов.

Тепловые насосы на базе двигателей имеют более высокие выбросы NO<sub>x</sub> по сравнению с тепловыми насосами с тепловым приводом. Тем не менее, для снижения выбросов можно использовать катализаторы.

### Технические паспорта

Разработаны спецификации для существующих жилых комплексов.

Технология газовых тепловых насосов могла бы подойти для небольших домов или зданий с очень низкой потребностью в тепле, но, в связи с существующими затратами на технологию и установку, рынок для домов с низкой потребностью в тепле ограничен. Как следствие, данные по новым многоквартирным комплексам не включены в спецификации.

### Технические характеристики 74 - Тепловой насос с приводом от газового двигателя, воздух-вода - существующий квартирный комплекс

<b>Тепловой насос воздух-вода с приводом от газового двигателя, многоквартирный жилой комплекс, существующие здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	50
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	-
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	155
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	80
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	5
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	-
Частицы (г на ГДж)	-
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	4.8
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 75 - Тепловой насос с приводом от газового двигателя, наземный источник - существующий многоквартирный жилой комплекс**

<b>Теплонасос с приводом от соляного раствора к воде (наземный источник) с приводом от газового двигателя, многоквартирный жилой комплекс, существующие дома</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	50
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	-
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	155
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	80
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	5
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	-
Частицы (г на ГДж)	-
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	21.8
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Адсорбционные тепловые насосы с газовым приводом, соляной раствор для воды**

**Краткое описание технологии**

Адсорбционные (в качестве абсорбционных) тепловые насосы являются частью так называемых "тепловых насосов с термическим приводом", которые используют газ как источник тепла для модернизации, так и источник энергии для приведения в движение процесса теплового насоса. Это отличает их от тепловых насосов с механическим приводом. Тепло от газа, как правило, производится с помощью горелки с полной смесью.

В адсорбционных процессах вода, которая в основном используется в качестве хладагента, испаряется, и в этом процессе поглощает тепло окружающей среды. Водяной пар адсорбируется на поверхности твердого вещества, например, активного угля, силикагеля (силикаты, похожие на стекло) или цеолита (например, в приборах Viessmann и Vaillant). Используются также альтернативные твердые сорбционные системы, такие как твердый аммиак, соль-аммиак, LiCl-H<sub>2</sub>O. Таким образом, тепло выделяется при более высокой температуре. Как только цеолит насыщается, вода снова вытесняется из цеолита в фазе десорбции. Для этого используется тепло газовой горелки.

Процесс адсорбционного теплового насоса - это непрерывный регенеративный и периодический процесс. На рисунке ниже показан процесс. Адсорбционный тепловой насос состоит из адсорбента, теплообменника и теплогенератора (горелки). В фазе десорбции тепло от газовой горелки испаряет воду, адсорбированную в адсорбенте. Водяной пар конденсируется в

теплообменнике, который в этой фазе подключен к системе отопления. Во время адсорбции тепло высвобождается и передается в систему отопления.

Выделяемое горелкой тепло приводит в действие различные физические процессы в замкнутом контуре газового теплового насоса - в отличие от электрического теплового насоса или теплового насоса, приводимого в действие газовым двигателем, компрессор не требуется.

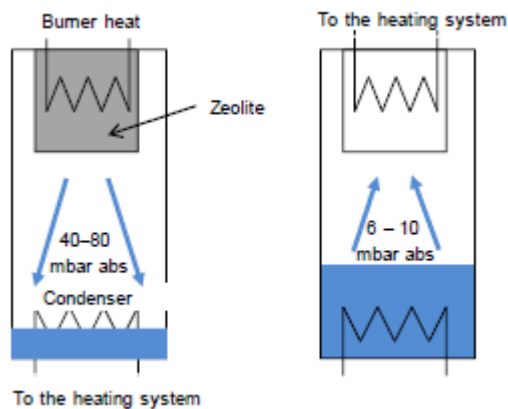


Рисунок 55: Эскиз основного адсорбционного процесса, жилые газо-сорбционные тепловые насосы.

### Типичные возможности

Газовые адсорбционные тепловые насосы, которые появятся на рынке, предназначены для внутреннего рынка, поэтому в настоящее время < 15 кВт для одноквартирного дома в жилом секторе.

### Способность регулирования

Для тепловых насосов существуют различные типы регулирования (для регулирования нагрузки). Приборы могут работать как в режиме включения/выключения, так и в режиме модуляции. Диапазон модуляции для газовых адсорбционных тепловых насосов составляет припл. 20 - 100%.

### Преимущества/недостатки

#### Преимущества

- Сегодня газовые адсорбционные тепловые насосы спроектированы производителями газовых котлов, поэтому замена одного на другой на существующий газовый котел проста и удобна.
- "Пакетное" решение, вероятно, поможет внедрению на рынок.
- В газодсорбционных тепловых насосах используются хладагенты, не оказывающие влияния на глобальное потепление (аммиак/водяной хладагент). В современных газовых адсорбционных тепловых насосах используются цеолиты и вода.
- Нет никаких проблем с шумом на открытом воздухе, что делает возможным их решение в плотно застроенных районах.

#### Недостатки

- Источник энергии ограничивается наземными или солнечными коллекторами из-за нижнего температурного предела приблизительно в 2°C. По этой причине она часто комбинируется с солнечной энергией. В противном случае трубопровод должен быть достаточно глубоким, чтобы гарантировать соблюдение этого требования.

- В настоящее время эта технология, похоже, имеет несколько более низкий КПД по сравнению с двумя другими технологиями газовых тепловых насосов.
- Технология является очень новой с теми недостатками, которые это подразумевает, например, малое количество решений, доступных на рынке, и отсутствие знаний о надежности.
- Сегодня прибор предназначен только для домашнего использования.
- Эта технология не очень хорошо известна пользователям или профессионалам.

### Окружающая среда

В газо-абсорбционных тепловых насосах используется хладагент, который не вреден для озонового слоя, и в этом отношении они обладают экологическим преимуществом.

### Технические паспорта

Имеются листы данных по существующим многоквартирным домам.

Так как газовые адсорбционные тепловые насосы на рынке предназначены только для бытовых многоквартирных домов, данные по многоквартирным комплексам не приводятся. Дополнительно очень ограничены данные по адсорбционным тепловым насосам, предназначенным для домов с низким потреблением энергии, поэтому данные по новым многоквартирным домам не представлены.

### Технические характеристики 76 - Газовый адсорбционный тепловой насос, наземный источник - существующее семейство многоквартирных домов

<b>Тепловой насос "соляной раствор-вода" (наземный), адсорбционный газовый привод, дом на одну семью, существующие здания</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	10
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	-
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	-
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	135
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	-
Срок службы (годы)	20
<b>Способность регулирования</b>	
Изменение вместимости в течение 1 минуты (%)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	10
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	1
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	15.7
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	284
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

## Солнечное отопление

### Краткое описание технологии

Солнечная энергия для бытового горячего водоснабжения и отопления помещений обычно основана на принципе перекачки теплоносителя (обычно это смесь воды и пропиленгликоля) из массива монтируемых на крыше солнечных коллекторов в один или несколько резервуаров-хранилищ. Солнечное отопление жилых помещений в основном разработано для покрытия всей потребности в горячей воде в летний период и в незначительной степени для отопления помещений. Из-за несоответствия между спросом на отопление помещений и доступным солнечным теплом, существует потребность в сезонном аккумулировании энергии, если солнечная энергия должна быть единственным источником. Такие системы аккумулирования энергии возможны только в очень больших масштабах, поэтому солнечное отопление для одноквартирных домов должно комбинироваться с другими системами отопления, например, газовыми котлами или тепловыми насосами. Мелкомасштабные долгосрочные накопители на основе тепла плавления (теплота плавления - тепло, используемое при расплавлении вещества) теоретически возможны, но сегодня их нет на рынке.

Основные компоненты: Плоская пластина или вакуумная трубка солнечного коллектора, резервуар-хранилище с теплообменниками, насос и блок управления. Самоциркуляционные системы работают без насоса и управления.

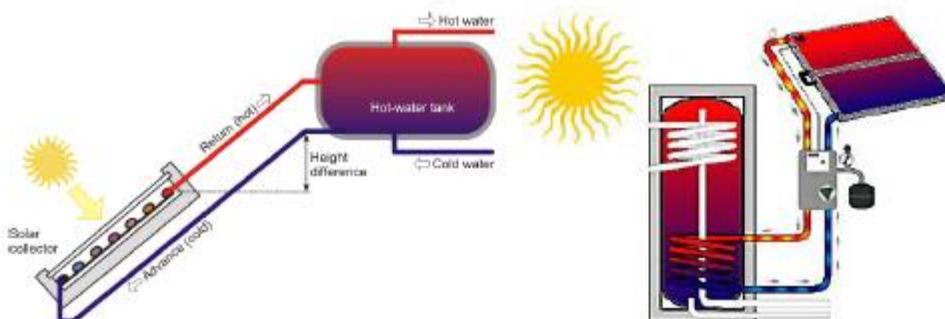


Рисунок 56: Небольшая солнечная система отопления для бытовой горячей воды. Слева насосная система, в которой вспомогательное тепло подается на верхний теплообменный змеевик теплообменника. Справа - термосифонная система без насоса. В такой системе циркуляция теплоносителя осуществляется за счет естественной конвекции, а не за счет механического насоса.

### Вход

Первичным источником энергии является солнечное излучение, часть которого может быть преобразована в тепловую энергию в поглощающей пластине. Количество энергии, достигающее солнечного коллектора, зависит от географического расположения и ориентации коллектора, а также от возможных теней и отражательной способности грунта. Единственной несолнечной энергией, поступающей в солнечную отопительную систему, является электрическая энергия, необходимая для насоса, контроллера и дополнительного электрического резервного нагревателя. Это составляет до 5% от поставляемой энергии в типичной системе, не включая электрический резервный нагреватель.

### Выход

Выходная мощность - это тепловая энергия при температуре среды, обычно 20 - 80°C, в зависимости от условий эксплуатации и типа коллектора. Более высокие температуры возможны при использовании специальных солнечных коллекторов с двойным остеклением для

централизованного или промышленного теплоснабжения, но они вряд ли подходят для горячего водоснабжения (ГВС) и отопления помещений. В комбинации с тепловыми насосами можно использовать очень простые и недорогие солнечные коллекторы, работающие при низкой температуре. Как правило, они изготавливаются из полимеров без какого-либо покрытия или изоляции. Очень важно отметить, что фактическая производительность солнечной отопительной системы в значительной степени зависит от потребления энергии и ее распределения по времени. Высокое потребление на м<sup>2</sup> коллектора благоприятно сказывается на эффективности, так как имеет тенденцию к снижению рабочей температуры, но в то же время приводит к низкой солнечной фракции, т.е. той части потребности в отоплении, которая покрывается солнечной отопительной системой.

### **Типичные возможности**

Традиционно размер системы указан в м<sup>2</sup> коллекторной поверхности. Для многоквартирных домов типичный диапазон составляет от 4 м<sup>2</sup> в случае небольшой системы ГВС до 15 м<sup>2</sup> для комбинированной системы отопления помещений и ГВС. Для сравнения с другими технологиями МЭА подсчитала, что 0,7 кВт номинальной тепловой мощности может быть использовано в качестве эквивалента 1 м<sup>2</sup> коллекторной поверхности.

### **Способность регулирования**

Тепловой эффект во многом определяется солнечным излучением и фактической рабочей температурой относительно температуры окружающей среды. С повышением температуры эффективность снижается, поэтому в определенном смысле солнечные коллекторы являются саморегулирующимися и перестают вырабатывать тепло, когда достигается так называемая температура застоя. Система регулирования в солнечной отопительной установке может переключать доступную солнечную энергию для горячего водоснабжения или отопления помещений, а в некоторых случаях и на теплосвалку (как правило, контур заземления в комбинированной системе солнечных/тепловых насосов), чтобы избежать кипения или повреждений, вызванных температурой. Кипячение может произойти в случае отключения электроэнергии в периоды яркого солнечного света. Откроется предохранительный клапан, и необходимо будет пополнить систему.

### **Преимущества/недостатки**

#### **Преимущества**

- Нет загрязнения во время работы.
- Солнечный коллектор может быть интегрирован в городскую среду и затем заменить часть оболочки здания.
- Большая экономия энергии часто возможна, если существующий нагреватель может быть полностью выключен в течение лета, так что потери в режиме ожидания могут быть значительно снижены.
- Отсутствие зависимости от топлива

#### **Недостатки**

- Относительно дорогой монтаж, за исключением крупных систем.
- Несоответствие между спросом на отопление и доступностью солнечной энергии.
- Требуется достаточная площадь на крыше с соответствующей ориентацией
- Может конкурировать с фотоэлектрическими системами за ту же область.

### **Окружающая среда**

Солнечная система отопления в основном содержит металлы и стекло, которые требуют энергии в производстве. По оценкам, срок окупаемости энергии для хорошо функционирующей системы составляет 1-3 года. Почти все материалы могут быть переработаны. Специальная селективная поверхность, используемая в большинстве солнечных коллекторов, изготавливается в химическом



процессе, в котором в некоторых случаях используется хром. Важно, чтобы управление процессом было адекватным, чтобы избежать любого загрязнения в результате этого процесса. Жидкость, используемая в большинстве солнечных отопительных систем, должна утилизироваться как малотоксичные химические отходы.

### Технические характеристики 77 - Солнечная система отопления - многоквартирный дом, существующее здание

<b>Солнечная система отопления - Дом на одну семью, существующее здание</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4.2
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	5
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	65
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	140
Срок службы (годы)	25
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	4.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	82
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Паспорт 78 - Солнечная система отопления - дом на одну семью, энергия отремонтирована.

<b>Солнечная система отопления - Дом на одну семью, Энергетический ремонт</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4.2
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	10
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	65
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	140
Срок службы (годы)	25
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д

<b>Солнечная система отопления - Дом на одну семью, Энергетический ремонт</b>	
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	4.1
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	82
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Технические характеристики 79 - Солнечная система отопления - многоквартирный дом, новостройка

<b>Солнечная система отопления - Дом на одну семью, новый корпус</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	4.2
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	0
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	65
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	140
Срок службы (годы)	25
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	2.9
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	82
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Технические характеристики 80 - Солнечная система отопления - многоквартирный жилой комплекс, существующий дом

<b>Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	140

<b>Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом</b>	
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	0
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	65
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	2,800
Срок службы (годы)	25
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	98.0
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	469
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

### Технические характеристики 81 - Солнечная система отопления - многоквартирный жилой комплекс, новостройка

<b>Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	140
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	0
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	65
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	NA
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	2,800
Срок службы (годы)	25
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	Н/Д
Вторичное регулирование (% в минуту)	Н/Д
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	Н/Д
Время холодного запуска (часы)	Н/Д
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0

<b>Солнечная система отопления - Квартирный комплекс, существующий дом</b>	
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	89.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	469
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

DRAFT

## Электрическое отопление

---

### Краткое описание технологии

Электрические радиаторы установлены в каждом помещении. Ванные комнаты иногда оборудованы электрическими системами напольного отопления. Горячая вода изготавливается из бака для горячей воды с электрическим нагревательным змеевиком. В случае, если расстояние до точки вторичного отвода воды велико, можно установить более одного водонагревателя. Радиаторы оснащены внутренними термостатами, но имеются более продвинутые системы, что позволяет программировать температурный режим индивидуально для каждого помещения. Электрическое отопление может быть дополнением или полной системой. Электрическое отопление может управляться внешними системами, в том числе и в ночное время. Также становится популярным дистанционное управление Интернетом, особенно в загородных домах. Установка обычно включает в себя групповой выключатель на одну или две комнаты, что делает центральный контроль очень простым в установке.

### Вход

Вход - электричество.

### Выход

Выходом является отопление помещений и горячая вода.

### Типичные возможности

Типичная мощность для многоквартирных домов и жилого комплекса от 5 до 400 кВт.

### Способность регулирования

Управление очень гибкое, а мощность можно быстро регулировать от 0 до 100% и наоборот. Следует отметить, что тепловая мощность зависит только от установленной номинальной мощности. В большинстве случаев использование ночной регрессии или других форм периодического отопления является очень эффективным, так как повторный нагрев помещений может быть очень быстрым. Кроме того, добавление дополнительной мощности обходится дешево.

Электрические радиаторы могут быть построены как аккумуляторные нагреватели с некоторым запасом энергии. Для таких радиаторов электричество можно отключить на некоторое время, но при этом тепло все равно будет излучаться от радиатора. Эту возможность можно использовать, например, для соответствия времени, изменяющемуся тарифам на электроэнергию в будущем.

### Преимущества/недостатки

#### Преимущества

- Низкие инвестиционные и монтажные расходы [4]
- Очень высокая гибкость
- Очень эффективный подогрев после ночного спада
- Очень точный контроль комнатной температуры
- Простая возможность дистанционного управления
- Периодическая санитарная обработка горячей воды осуществляется путем нагревания воды в баке с горячей водой без каких-либо потерь энергии.
- Кроме того, по сравнению с системами водяного отопления экономятся потери тепла при распределении.
- Ожидается, что в будущем электроэнергия будет приобретать все большее значение. С ростом проникновения электроэнергии из возобновляемых источников все больший

интерес вызывает способность гибко потреблять электроэнергию. Широкомасштабная демонстрация технологий интеллектуальных сетей показала, что домохозяйства с прямым электрообогревом более гибки, чем домохозяйства с тепловыми насосами.

### **Недостатки**

- Высокая цена на энергию
- Высокие потери энергии при преобразовании электричества в тепло
- При повсеместном использовании пиковый спрос на электроэнергию при пиковой нагрузке может оказаться проблематичным как для энергоблоков, так и для электросетей.
- Бытовое или квартирное хозяйство, отапливаемое электрическим отоплением, часто нуждается в усилении электрической связи по сравнению с домашними хозяйствами, отапливаемыми котлами или централизованным теплоснабжением.

### **Окружающая среда**

Воздействие на окружающую среду в связи с использованием электроэнергии будет зависеть от способа производства электроэнергии.

### **Технические характеристики 82 - Электрическое отопление - многоквартирный дом, новый корпус**

<b>Электрическое отопление - Дом на одну семью, новостройка.</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	3
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	100
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	100
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	0
Срок службы (годы)	30
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	100
Вторичное регулирование (% в минуту)	100
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	0
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	3.5
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	29
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

**Технические характеристики 83 - Электрическое отопление - многоквартирный жилой комплекс, новый корпус**

<b>Электрическое отопление - Квартирный комплекс, новый корпус</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на одну единицу (кВт)	160
Производительность электроэнергии на одну единицу (кВт)	0
Ожидаемая доля потребности в отоплении помещений, покрываемая единицами (%)	100
Ожидаемая доля потребности в горячей водопроводной воде, покрываемая единицами (%)	100
Электрический КПД, среднегодовой, чистый (%)	NA
Тепловая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	100
Общая эффективность, среднегодовой уровень, нетто (%)	100
Потребление вспомогательной электроэнергии (кВтч/год)	0
Срок службы (годы)	30
<b>Способность регулирования</b>	
Первичное регулирование (% в 30 секунд)	100
Вторичное регулирование (% в минуту)	100
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	0
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	0
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	0
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	0
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	0
Частицы (г на ГДж)	0
<b>Финансовые данные</b>	
Удельные инвестиции (1 000 долл. США на единицу)	124.6
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/единица/год)	59
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	0

## Высокотемпературный тепловой насос

### Краткое описание технологии

Гибридные абсорбционные/компрессионные тепловые насосы (НАТЭЦ) - это новый тип тепловых насосов, представленный на рынке. Технология не является новой, но достижения в области компрессорной технологии и движение в направлении устойчивых способов производства технологического тепла привели к тому, что эта технология стала актуальной.

НАТЭЦ является одним из нескольких типов высокотемпературных тепловых насосов. НАТЭЦ был выбран для данной главы по следующим причинам. НАТЭЦ может использовать натуральный хладагент (некоторые из других типов используют HFC). В настоящее время он находится на маркировке с большой мощностью нагрева, > 0.5 МВт. Другие типы высокотемпературных тепловых насосов используют натуральный хладагент, но обычно в настоящее время они имеют меньшую мощность, чем указано в этой главе.

Основное различие между обычными тепловыми насосами сжатия паров заключается в том, что в КВЭР используется цеотропный хладагент, обычно это смесь аммиака и воды. Поскольку эти две жидкости имеют разное давление испарения, они по отдельности испаряются и конденсируются при разных температурах. Цеотропный хладагент, в котором происходит смешивание жидкостей, вместо этого испаряется и конденсируется в температурном диапазоне. Это превращает процессы испарения/конденсации в процессы абсорбции/десорбции (отсюда и название), что приводит к улучшению КП. Также присутствует отдельный контур жидкости (типичная вода) с насосом, вместе с сепаратором жидкости. Упрощенную настройку можно увидеть на рисунке ниже.

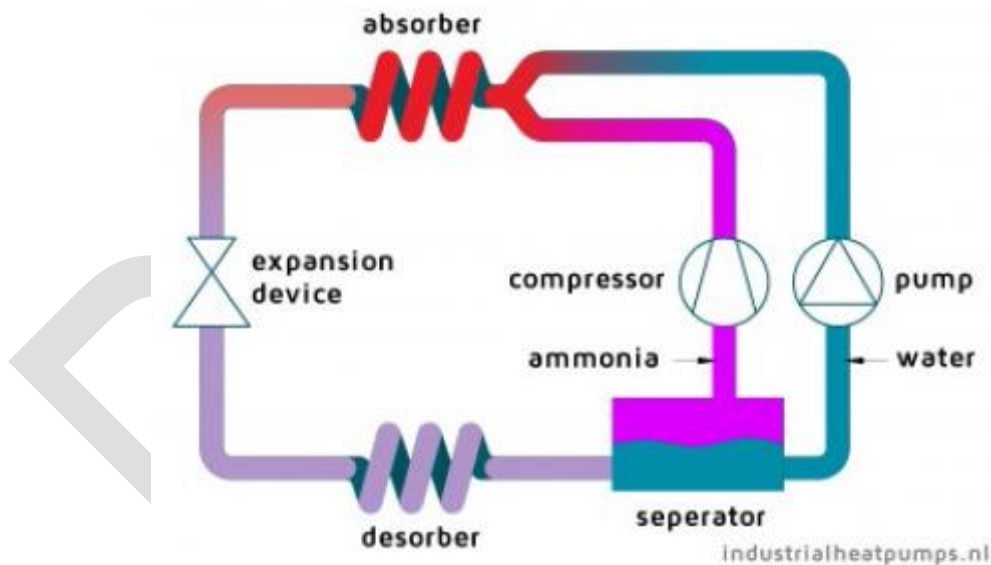


Рисунок 57: Упрощенный гибридный абсорбционно-сжатый тепловой насос

Преимущество НАТЭЦ по сравнению с обычными пароконпрессорными тепловыми насосами заключается в том, что температура насыщения увеличивается с помощью цеотропного хладагента. Промышленные компрессоры в настоящее время ограничены верхним пределом давления в 60 бар, при котором чистый аммиак - наиболее широко используемый хладагент - имеет температуру насыщения 98°C. В сочетании с минимальным значением  $\Delta T$  в теплообменниках это ограничивает пароконпрессорные тепловые насосы до верхнего предела температуры ~95°C. Однако, добавление 25% воды увеличивает этот предел до 152°C. Таким образом, ПГВК способны доставлять тепло при гораздо более высоких температурах.



НАТЭЦ может одновременно поставлять охлаждение, если температурные уровни совместимы и могут использоваться последовательно с обычными котлами в качестве предварительного нагрева, если требуется очень высокая температура. Рекомендуется иметь разницу температур между горячей и холодной стороной менее 90°C, при более высокой разнице температур резко снижается КП.

Для теплового насоса требуется источник тепла, который может быть как зависимым, так и независимым от других промышленных процессов. Использование зависящего от процесса источника тепла (например, дымовых газов или других источников избыточного тепла) может привести к более высокому КПД при более высокой температуре. Использование не зависящих от процесса источников тепла (таких как море/водопроводная вода, воздух, геотермальные источники) может, однако, привести к повышению гибкости благодаря тому, что эти источники, как правило, не зависят от других процессов.

Так как ПС НАТЭЦ тесно связано с скольжением<sup>3</sup> по температуре, необходимы процессы с большими колебаниями температуры. Например, сопутствующий нагрев труб или другие процессы, требующие разницы температур на входе и выходе менее 10°C, будут более эффективными при использовании обычного теплового насоса для сжатия паров. Таким образом, наличие процесса, в котором требуется большая разница температур, т.е. нагрев воды более 10°C, приведет к тому, что НАТЭЦ будет более эффективным. Таким образом, НАТЭЦ является оптимальным выбором с точки зрения производительности, когда можно достичь высокого скольжения и/или высоких температур поглотителя.

Общий интерес к высокотемпературным тепловым насосам высок, как в промышленности, так и в научных кругах.

Способность заменить выработку пара горючими веществами является движущей силой развития и имеет решающее значение для достижения целей обновления промышленности, хотя и требует благоприятного соотношения цен на электроэнергию по сравнению с горючими веществами, что может ограничить текущее бизнес-предложение по внедрению высокотемпературных тепловых насосов. Однако ожидается, что в ближайшие 3-8 лет на рынке появятся промышленные тепловые насосы, вырабатывающие пар до 150°C или горячее масло.

## Эффективность

Коэффициент полезного действия тепловых насосов в целом сильно зависит от температурного лифта, определяемого здесь как:

$$\Delta T_{\text{lift, процесс}} = \text{Выход из раковины} - \text{Вход в источник.}$$

Раковина является резервуаром, где требуется высокотемпературное тепло, а источник - использованный источник тепла.

Эффективное использование цеотропного хладагента означает, что вместо передачи энергии при фиксированной температуре хладагент изменяет температуру на протяжении всего процесса теплопередачи. Количество изменения определяется как *скольжение*. Высокое скольжение сильно влияет на эффективность НАТЭЦ, которая может достичь очень высоких КПД<sup>4</sup> при высоком скольжении. Короче говоря, это происходит потому, что процесс приближается к циклу Лоренца. Цикл Лоренца можно смоделировать, установив бесконечное количество маленьких тепловых насосов нормального сжатия пара.

Например, если тепловой насос сжатия паров может достичь КП 5 при температуре подъема 60°C, то НАТЭЦ может достичь максимального КП до 6,5, если на раковине и исходном теплообменнике можно достичь скольжения 20°C. В действительности, разница немного ниже из-за конечных

<sup>3</sup> Эффективное использование цеотропного хладагента означает, что вместо передачи энергии при фиксированной температуре хладагент изменяет температуру на протяжении всего процесса теплопередачи. Количество изменения определяется как *скольжение*

<sup>4</sup> КП, определенная здесь как  $KC = (\text{Теплопроизводительность})/(\text{Потребление электричества})$

размеров теплообменника и, конечно же, зависит от качества и масштаба компонентов. Достижение максимального КП не всегда экономически оправдано в реальных условиях эксплуатации. Если, например, можно достичь скольжения всего лишь 5°C, то дополнительная сложность и затраты, связанные с гибридным тепловым насосом, могут оказаться невыполнимыми.

### **Вход**

Основным источником энергии для этой технологии является электричество, которое потребляется компрессором пара и насосом для перекачки жидкости.

Технология также нуждается в источнике тепла. Превышение температурного подъема более чем на 90°C между источником тепла и радиатором (заданная температура) приведет к резкому снижению эффективности технологии. Например, если заданная температура составляет 120°C, то источник тепла должен быть минимум 30°C.

Источником тепла может быть охлаждение дымовых газов и/или конденсация. Это также может быть охлаждение технологической воды или сточных вод при повышенных температурах или избыточное тепло от существующих холодильных установок.

### **Выход**

Эта технология производит технологическое тепло до 120°C. Источник тепла для данной технологии может также выполнять функцию охлаждения процесса. При использовании чистого аммиака может быть достигнута температура до 98°C. Температуры выше 98°C могут быть достигнуты при использовании смеси аммиака и воды.

Несмотря на то, что НАТЭЦ может вырабатывать пар при высокой температуре, НАТЭЦ не будет работать эффективно. При низкой или нулевой температуре радиатора, так как латентная фаза имеет постоянную температуру.

НАТЭЦ намного лучше подходит для горячей воды под высоким давлением. Горячая вода под высоким давлением типична в диапазоне температур 80 - 175°C, обычно подается котлами. В этом случае НАТЭЦ покрывает нагрев до 120 - 150°C, а дополнительный котел при необходимости покрывает остальную часть температурного лифта. Та же область применения очевидна для горячего масла.

### **Типичные возможности**

Типичный диапазон мощности для этой технологии составляет 0,5 - 5 МВт тепла на один агрегат. Небольшой температурный подъем, как правило, приводит к увеличению мощности из-за скорости перемещения и удельного объема хладагента.

### **Типичные часы работы в год и модель нагрузки**

Реалистичное экономическое обоснование требует длительного рабочего времени, которое, скорее всего, будет получено в непрерывном производственном процессе. НАТЭЦ, установленная для подачи непрерывного технологического тепла, будет работать в соответствии с часами работы установки и моделью нагрузки.

В зависимости от типа используемого источника тепла, НАТЭЦ следует обычным тепловым насосам с точки зрения гибкости и коэффициентов обслуживания. При использовании стабильного источника тепла тепловой насос должен быть способен работать практически без перебоев в течение всего года. Тепловые насосы могут достигать более высоких КП при работе при частичной нагрузке за счет повышения эффективности теплообменников при более низких скоростях потока, что означает, что работа в нестационарном состоянии является выгодной с точки зрения эффективности.

## Способность регулирования

Тепловые насосы, в том числе НАТЭЦ, этого типоразмера > 0.5 МВт тепла часто регулируются по частоте для работы при частичной нагрузке.

## Преимущества/недостатки

### Преимущества

- Более высокий КПД по сравнению с обычными электронасосами при больших температурных скользяниях > 10 К.
- Снижение давления паров за счет уменьшения концентрации летучих компонентов.
- Уровни температуры выше, чем у теплового насоса

### Недостатки

- Более высокие инвестиционные затраты по сравнению с обычным тепловым насосом
- Более трудно контролировать чем обычный тепловой насос
- Нужно большое температурное скользяние, чтобы быть эффективным. НАТЭЦ не будет эффективно поставлять тепло для испарения/кипячения.

## Окружающая среда

Так как ПГВС использует электричество, при работе не выделяется никаких прямых частиц или газов. Использование аммиака и воды в качестве хладагента. Аммиак широко используется в качестве хладагента в тепловых насосах и холодильных установках. Аммиак не обладает озоноразрушающим потенциалом (ODP = 0) и не оказывает прямого парникового эффекта (GWP = 0).

## Технические характеристики 84 - Высокотемпературные тепловые насосы, до 125°C

Высокотемпературные тепловые насосы, до 125°C	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	1.5
Общий КПД, нетто (%), номинальная нагрузка	260
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	255
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	0.5
Срок службы (годы)	20
Срок строительства (годы)	0.6
<b>Способность регулирования</b>	
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	1.05
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	1,174
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	4.0

### Технические характеристики 85 - Высокотемпературные тепловые насосы, до 150°C

<b>Высокотемпературные тепловые насосы, до 150°C</b>	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	1.5
Общий КПД, нетто (%), номинальная нагрузка	300
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	295
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	2
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	0.5
Срок службы (годы)	20
Срок строительства (годы)	0.6
<b>Способность регулирования</b>	
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	25
Теплое время запуска (часы)	0.25
Время холодного запуска (часы)	1
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>X</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	1.27
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	1,174
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	4.0

## Тепловой насос с тепловым приводом

### Краткое описание технологии

Принцип работы изображен на рис. 1.

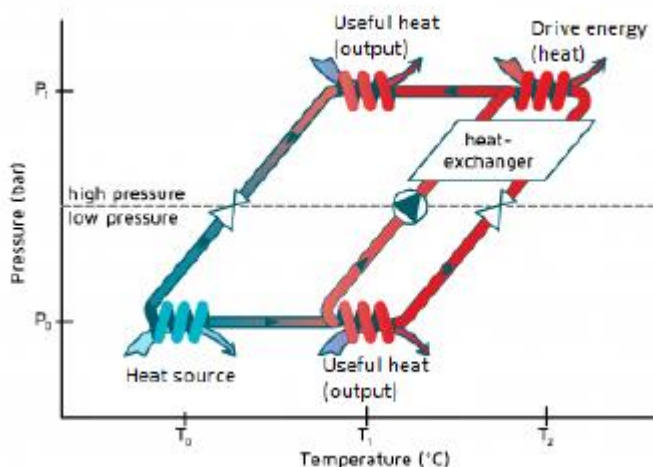


Рисунок 58: Принцип работы, тепловой насос с тепловым приводом, под редакцией [3].

### Вход

Входами являются источник тепла и энергия привода (также тепло).

Источником тепла может быть окружающая среда, низкотемпературное отработанное тепло, конденсация дымовых газов или охлаждение процесса.

Энергия привода - это высокотемпературная теплота  $> 140^{\circ}\text{C}$ . Чаще всего используется горячий дымовой газ, высокотемпературная горячая вода или пар, но также может быть использовано высокотемпературное отработанное тепло.

### Выход

Основной выход - тепло. Тепловой насос с тепловым приводом вырабатывает тепло до  $\sim 80 - 85^{\circ}\text{C}$ .

Если охлаждение процесса выступает в качестве источника тепла, то охлаждение процесса будет также и выходом.

### Типичные возможности

Поглощающие тепловые насосы доступны с мощностью охлаждения до 12 МВт. Таким образом, тепловая мощность с учетом энергии привода составит около 20 МВт. В связи с ограничением транспортировки, один агрегат может охлаждаться до 6 МВт, для больших мощностей агрегаты соединяются.

### Технические характеристики 86 - Тепловой насос с тепловым приводом до $80^{\circ}\text{C}$

Тепловые насосы с тепловым приводом, до $80^{\circ}\text{C}$	
<b>Энергетические/технические данные</b>	
Производительность тепловой энергии на один агрегат (МВт)	12
Общий КПД, нетто (%), номинальная нагрузка	170
Общая эффективность, нетто (%), среднегодовое значение	168
Потребление вспомогательной электроэнергии (% от тепловой генерации)	1

<b>Тепловые насосы с тепловым приводом, до 80°C</b>	
Принудительное отключение (%)	0
Планируемый перерыв (недели в году)	0
Срок службы (годы)	20
Срок строительства (годы)	0.5
<b>Способность регулирования</b>	
Минимальная нагрузка (% от полной нагрузки)	Н/Д
Теплое время запуска (часы)	0
Время холодного запуска (часы)	0.5
<b>Окружающая среда</b>	
SO <sub>2</sub> (г на ГДж)	Н/Д
NO <sub>x</sub> (г на ГДж)	Н/Д
CH <sub>4</sub> (г на ГДж)	Н/Д
N <sub>2</sub> O (г на ГДж)	Н/Д
Частицы (г на ГДж)	Н/Д
<b>Финансовые данные</b>	
Номинальные инвестиции (M\$US на МВт)	0.68
Исправлено техническое обслуживание и ремонт (\$US/MJ/s/год)	2,420
Переменная ЭИТО (\$US/MWh)	1.21