

Большие солнечные теплосистемы

Требования, возможности, интеграция с сетями централизованного теплоснабжения

Королев Сергей Александрович

Обзор

- **Солнечное излучение и генерация тепла**
- **Обзор - солнечные теплосистемы и режимы работы**
 - Общие принципы плоских пластинчатых коллекторов
 - Общие принципы вакуумных трубчатых коллекторов
 - Не прямоточные вакуумные трубчатые коллекторы /система тепловых труб
 - Прямоточные вакуумные трубчатые коллекторы / составной параболический концентратор
 - Характеристики теплоносителя
- **Установка и проектирование**
 - Ориентация/наклон коллектора и эффективность
 - Подключение и схема коллекторов в системе
 - Принцип Тихельмана
 - Решение проблемы застоя

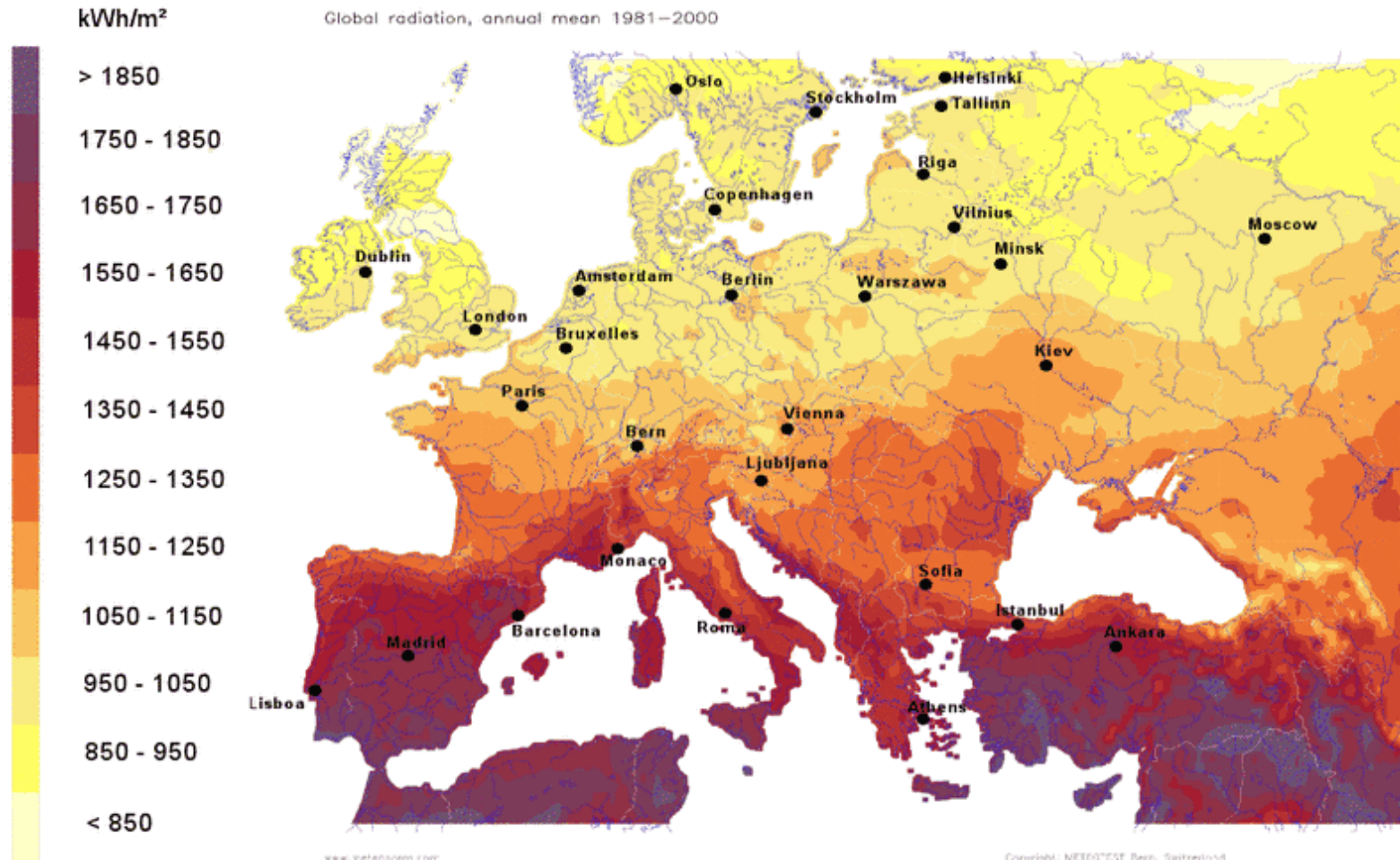


Обзор

- **Техническая и экономическая эффективность**
 - Разница между выработкой коллектора и системы
 - Доля солнечной энергии в годовом теплоснабжении
 - Повышение доли солнечного тепла с помощью хранилищ
 - Основные вопросы о необходимых инвестициях и экономической эффективности
- **Принцип подключения к сети**
 - Гидравлическая интеграция солнечных тепловых установок в сети
 - Солнечное тепло в сочетании с другими видами топлива
- **Приложения и обзор пилотных проектов**



Солнечное излучение и производство тепла



- Годовая выработка зависит от многих факторов
 - погода
 - тип коллектора
 - особенности места установки
 - размер установки и использование энергии
 - угол установки
 - иное...

Source: Meteornorm 2008

Солнечное излучение и производство тепла

- **примерное солнечное излучение в Центральной Европе в полдень: +/- 1000 Вт/м²** (при идеальных погодных условиях)
- **годовое количество солнечной радиации в Центральной Европе: +/- 125 Вт/ м²**
(примерно 1/8 от идеальных погодных условий)
- **примерное среднее количество излучения, попадающего на коллектор:**
1/8 x 24ч (3ч в день)
или 1/8 x 8760 ч/г = +/- 1100 рабочих часов/год → +/- **1100 кВт/ч на м²год**

Source of example: Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme (2017): planning manual District heating

Солнечное излучение и производство тепла

Москва, широта 55.7	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек	год
Горизонтальная панель	16.4	34.6	79.4	111.2	161.4	166.7	166.3	130.1	82.9	41.4	18.6	11.7	1020.7
Вертикальная панель	21.3	57.9	104.9	93.5	108.2	100.8	108.8	103.6	86.5	58.1	38.7	25.8	908.3
Наклон панели – 40.0°	20.6	53.0	108.4	127.6	166.3	163.0	167.7	145.0	104.6	60.7	34.8	22.0	1173.7
Вращение вокруг полярной оси	21.7	62.3	132.9	161.4	228.0	227.8	224.8	189.2	126.5	71.6	42.2	26.0	1514.3
Петрозаводск, широта 61	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек	год
Горизонтальная панель	7.1	19,9	66,7	101,1	141.0	167,1	157.7	109,6	56,5	23.0	8.2	2.4	860.0
Вертикальная панель	20.0	41.3	120.2	107.1	102,7	112.0	113,6	98,1	67,6	36	14.4	2.8	835,6
Наклон панели – 45.0°	16,8	36.9	116.4	127.7	148.1	166.3	163.7	128.6	77.3	36.7	13.5	2.8	1034,6
Вращение вокруг полярной оси	19.9	44.6	159.1	177.5	215.2	258.0	252.1	179.7	96.4	42.7	15.0	2.9	1463

- На сайте <https://realsolar.ru/article/solnechnye-batarei/kolichestvo-solnechnoy-energii-v-regionah-rossii/> приведена таблица солнечной инсоляции по России, часть данных из которой по Москве и Петрозаводску

Обзор - солнечные теплосистемы и режимы работы

- Где разместить солнечные коллекторы?

- На земле (самое недорогое решение, в зависимости от цен на землю, расстояние до существующих труб или потребителей, общего использования тепла, хранилищ и других параметров)
- На крыше (для больших крыш)

- Основные типы коллекторов на рынке?

- Плоские пластинчатые
- Вакуумные трубчатые



Source: Ritter XL Solar



Source: Ritter XL Solar



Source & copyright: Stefan Simonides

Общий принцип работы плоских пластинчатых коллекторов

- Плоские пластинчатые коллекторы используют плоскую поглощающую пластину, изолированную минеральной ватой, полиуретановой пеной или другими материалами
- Эта изоляция менее эффективна, чем вакуум в трубчатых коллекторах
- Высокоэффективные плоские пластинчатые коллекторы работают с медными поглотителями



Source & copyright: Stefan Simonides

Общий принцип работы плоских пластинчатых коллекторов

- Примерная годовая выработка 500-550 кВт с поверхности коллектора
- Достигают рабочих температур от 30 до 80°C
- Могут устанавливаться последовательно или параллельно
- Переменный угол установки
- Теплоноситель - обычно вода и антифриз



Конструкция плоского пластинчатого коллектора (Источник: <https://cotlix.com/kak-sdelat-solnechnyj-kollektor>)

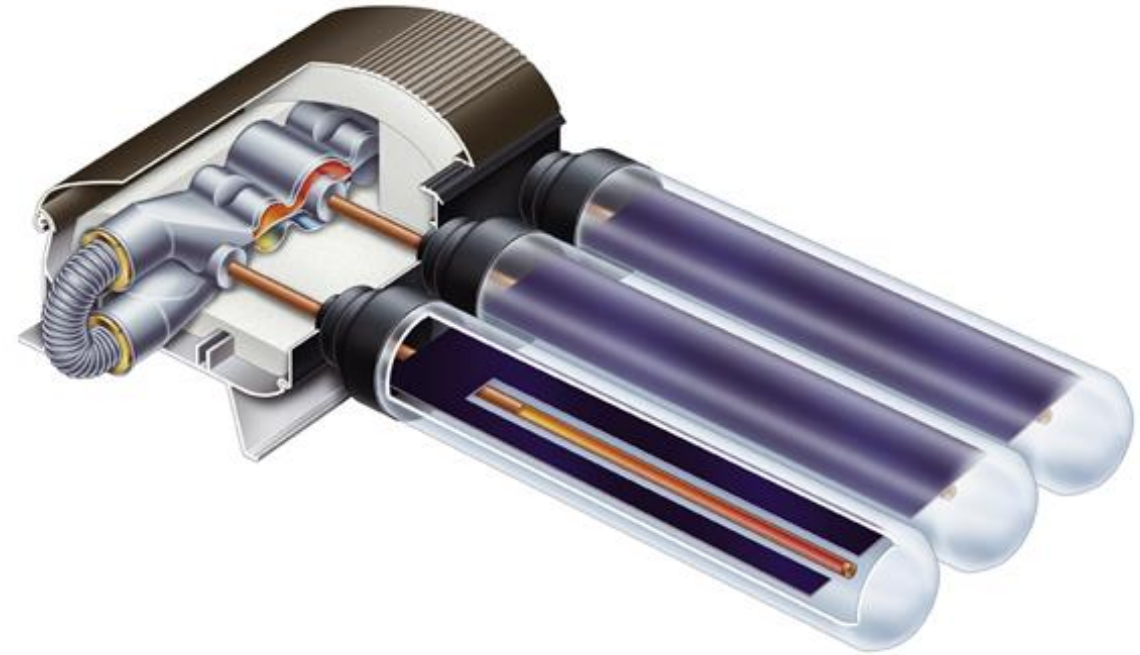
Общий принцип работы вакуумных трубчатых коллекторов

- Вакуумные трубчатые коллекторы обычно проектируются исходя из количества, диаметра и длины трубок.
- Очень высокая степень теплоизоляции может быть достигнута за счет вакуума в трубке.
- Тепловые трубы передают тепло теплоносителю (непрямой поток) или прямые линии потока транспортируют теплоноситель в „U-образной форме“ через внутреннюю стеклянную трубку
- Можно достичь более высоких температурных уровней (от 200 °C до 350°C)
- Более высокая эффективность извлечения тепла по сравнению с плоскими пластинчатыми коллекторами в диапазоне температур выше 80°C
- Уровень эффективности также выше, чем у плоских пластинчатых коллекторов
- Более высокие инвестиционные затраты, чем на плоские пластинчатые коллекторы

Общий принцип работы вакуумных трубчатых коллекторов

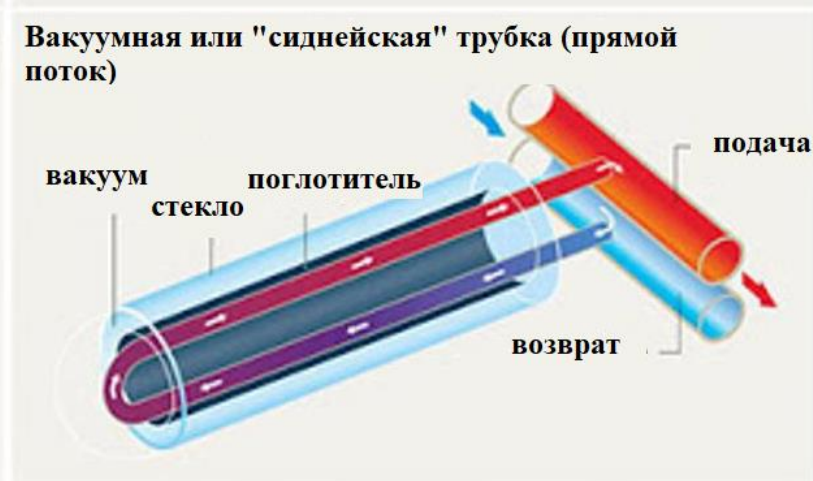
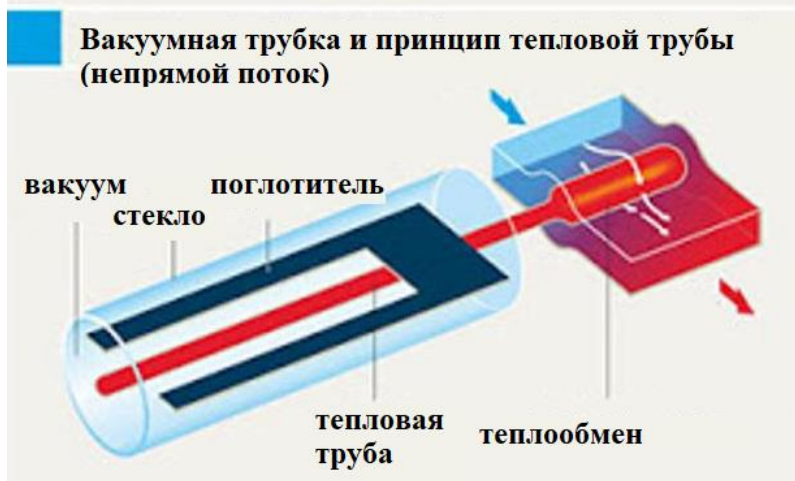
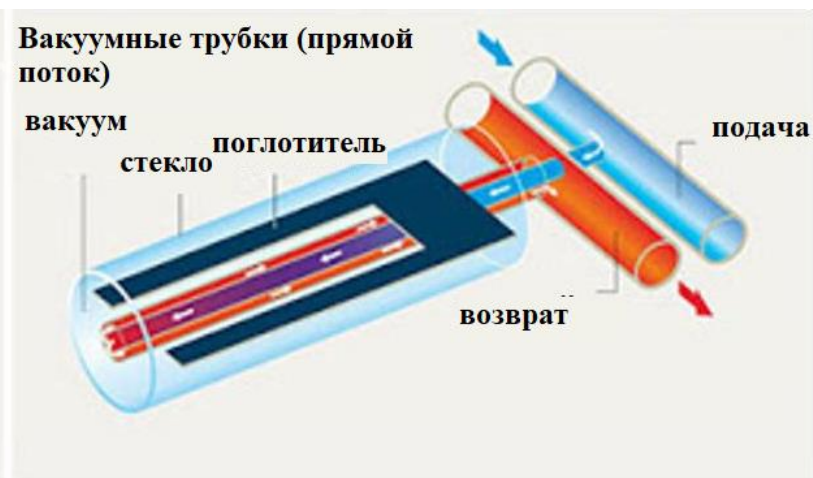
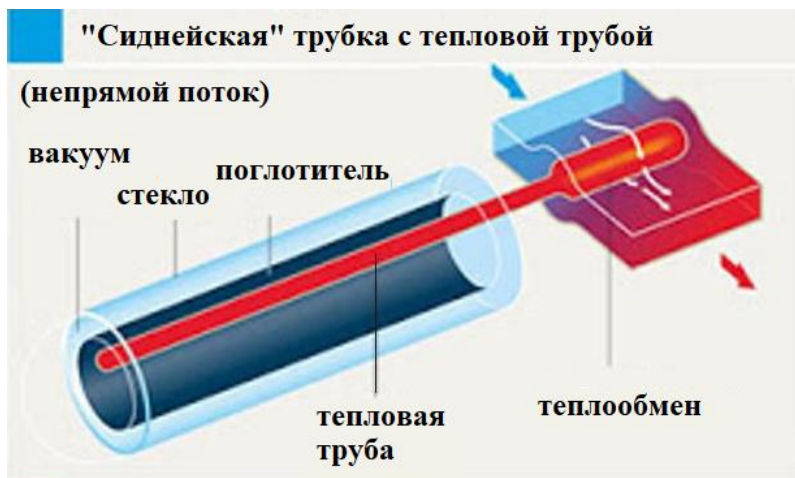


Source: Ritter-XL-Solar



Source: Viessmann Werke

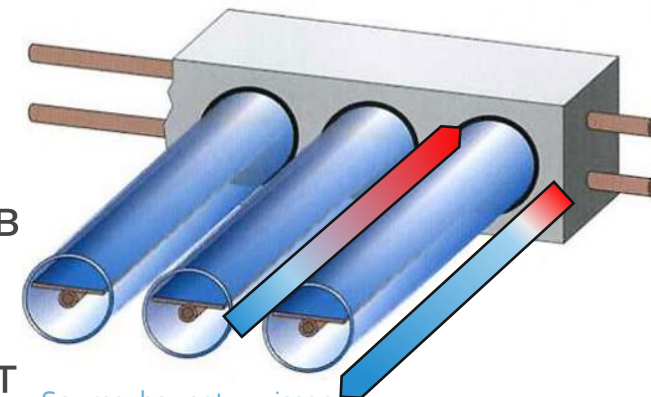
Общий принцип работы вакуумных трубчатых коллекторов



e (2014); translated & adjusted

Вакуумные трубчатые коллекторы не прямого потока

- Теплопередающая трубка установлена на задней стороне панели поглотителя
- Трубка заполняется теплоносителем (в основном водой или спиртом под небольшим давлением – до 2 атм.)
- Теплопередача происходит в верхней части трубы
(конденсация теплоносителя - выделившееся тепло передается в коллекторную трубу системы, конденсат теплоносителя возвращается в нижнюю часть стеклянной трубы и снова нагревается)
- Работает также в дни с низкой солнечной радиацией, так как конденсат испаряется уже при низких температурах
- Меньшие потери давления за счет прямого теплообмена в проточной линии



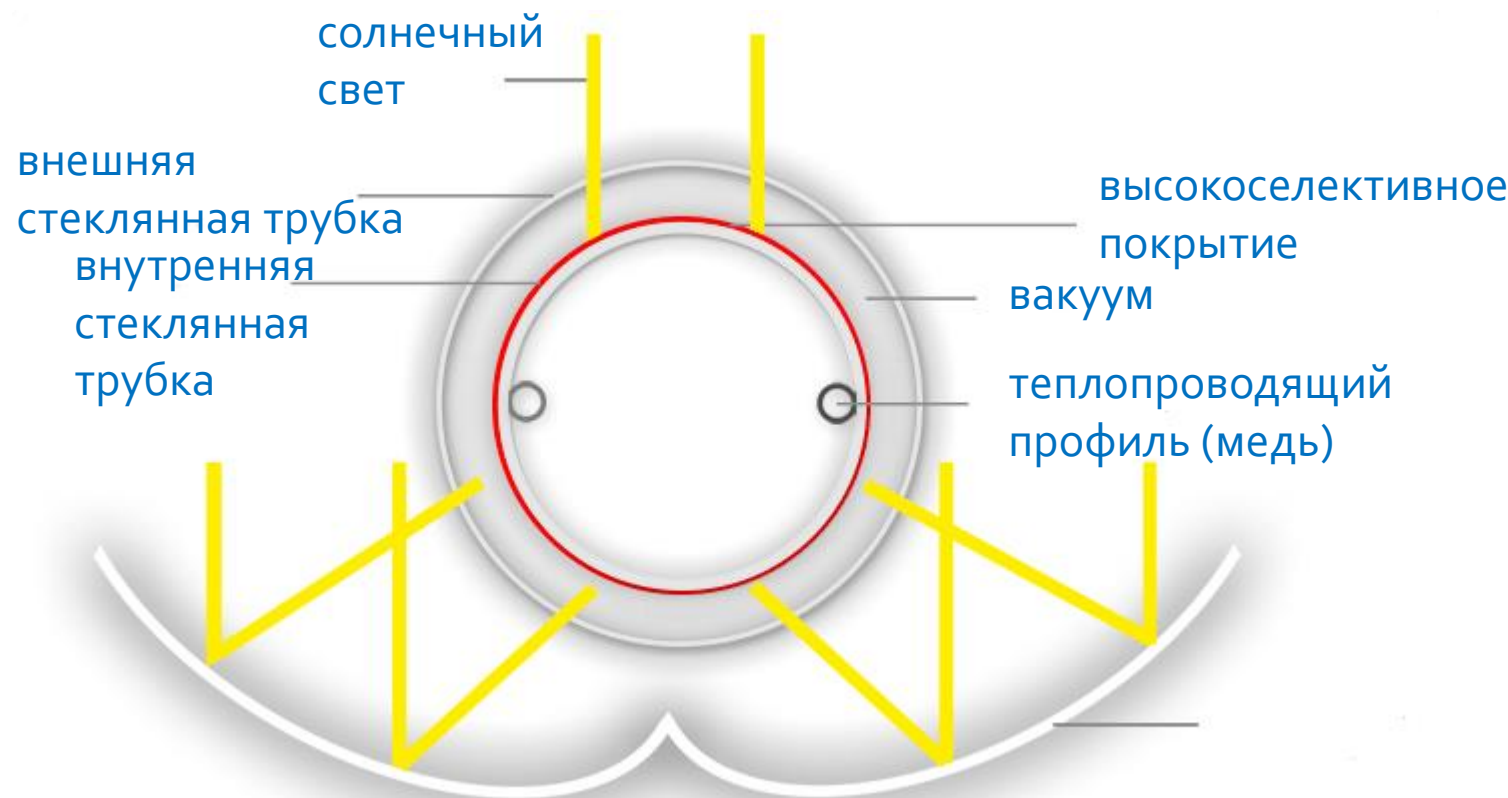
Source: baunetz_wissen

Вакуумные трубчатые коллекторы



Составной параболический концентратор (СПК)

- Возможность отражения в поглотитель всего падающего излучения в широких пределах
- Влияние изменения ориентации солнца может быть уменьшено при использовании желоба с двумя обращенными друг к другу участками параболы
- Используя множественные внутренние отражения, любое излучение, входящее в апертуру в пределах угла приема коллектора, находит свой путь к поверхности поглотителя
- Высокие инвестиционные затраты



Source: Frank Tebbe

Характеристики теплоносителя

Важные характеристики теплоносителя солнечной тепловой установки:

- высокая стабильность температур
- низкая вязкость (за счет теплоемкости)
- высокая теплоемкость
- экологическая безопасность
- защита от коррозии (деминерализированная вода и тд.)
- защита от замерзания

Требования при установке и проектировании

Ориентация/наклон установки коллектора и эффективность

поглотитель получает больше энергии, когда ось коллектора абсолютно вертикальна к солнечным лучам

- изменения, связанные со временем и сезоном
- следовательно, коллекторы должны быть ориентированы в правильном для широты угле и наклоне

Для Европы обычно 25-45 - это самый идеальный "угол солнечной высоты" для установки, но также встречаются углы до 60°, например, на крышах домов

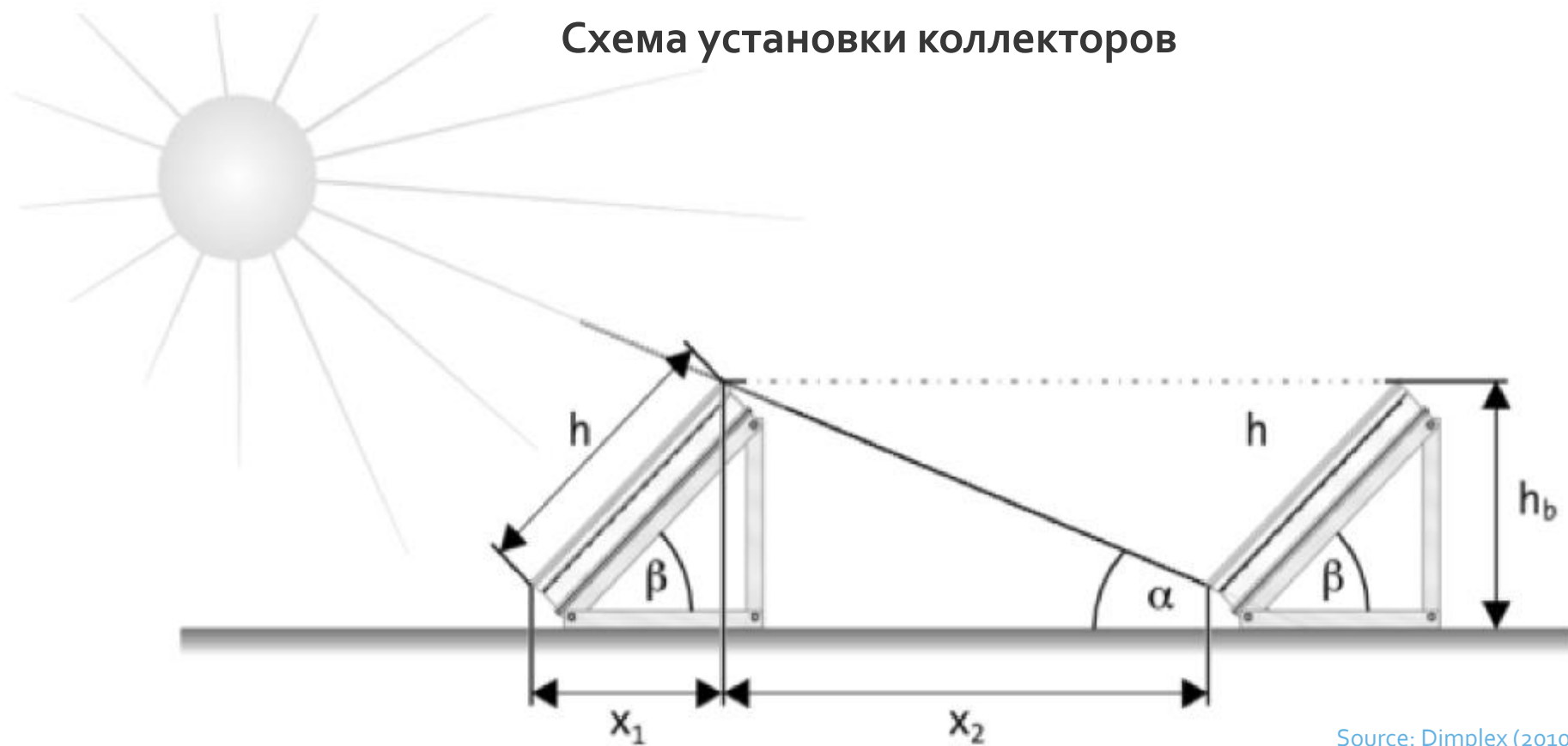
Чем выше наклон, тем выше выработка коллектора в зимнее время / дни с низкой солнечной радиацией

- высокие наклоны минимизируют пики и тепловой застой летом, а также снижают уровень температуры

Ориентация, как правило, зависит от планируемой эксплуатации объекта / планируемого использования тепла (отопление помещений / подготовка горячей воды / как с сезонным хранением, так и без него) / потребности в тепле и т.д.

Требования при установке и проектировании

Схема установки коллекторов



Source: Dimplex (2010)

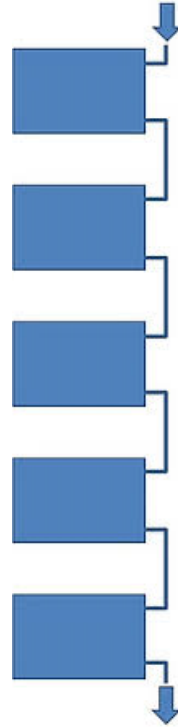
Требования при установке и проектировании

Подключение коллекторов в систему отопления или ГВС

- Крупные солнечные тепловые установки могут проектироваться для параллельного или последовательного подключения

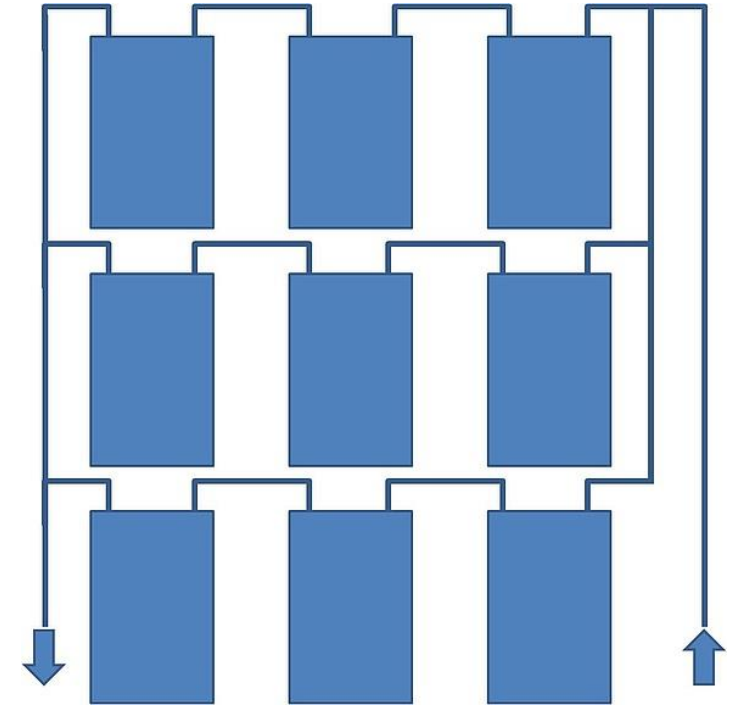
Последовательное подключение

- высокие потери давления
- высокая мощность насосов
- постоянный объемный расход
- высокий объемный расход
- требуется меньше труб, ниже инвестиции



Параллельное подключение

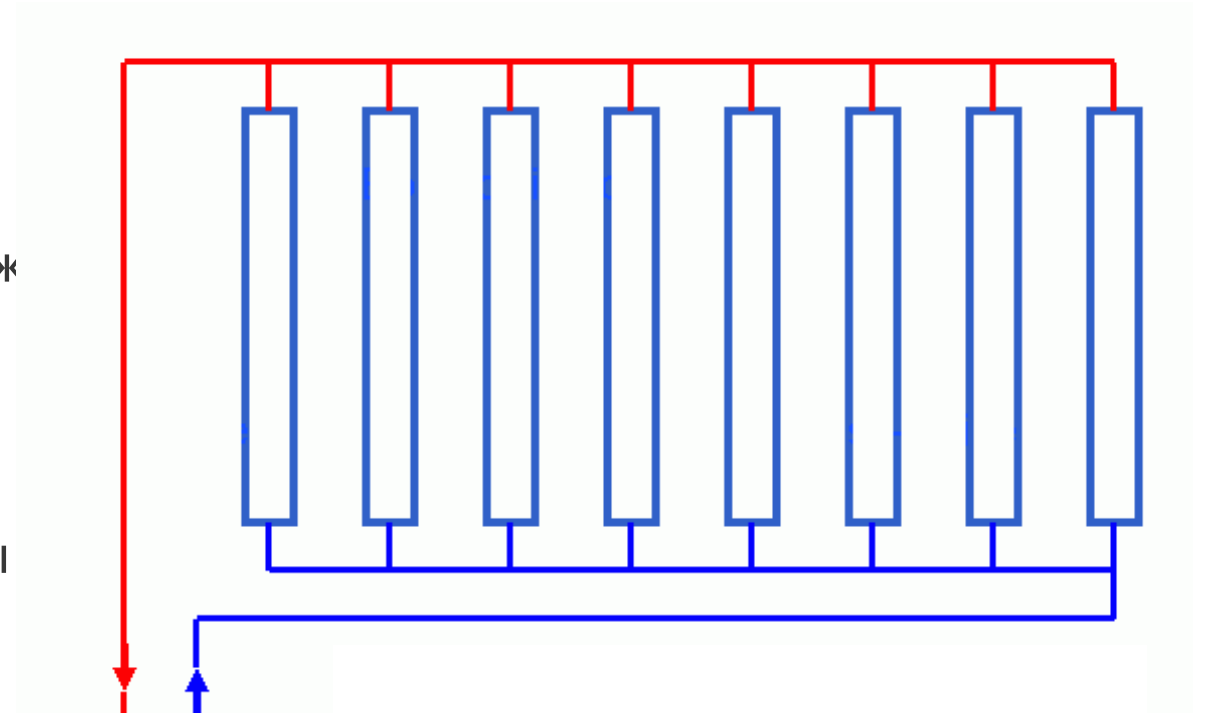
- низкие потери давления
- меньше мощность насосов
- Принцип Тихельмана** применим даже при постоянном объемном расходе
- ниже объемный расход
- ΔT зависит от коллекторов, подключенных последовательно
- для крупных солнечных тепловых установок



Требования при установке и проектировании

„Принцип Тихельмана“:

- равное соотношение длин подающей и отводящей труб
 - теплоноситель всегда проходит одно и то же расстояние
 - равные потери давления в системе
 - равномерное распределение потока массы
- Требуется больше труб
- Требуется меньшая регулировка (например, с помощью клапанов)



Что нужно учитывать при проектировании

Влияние застоя:

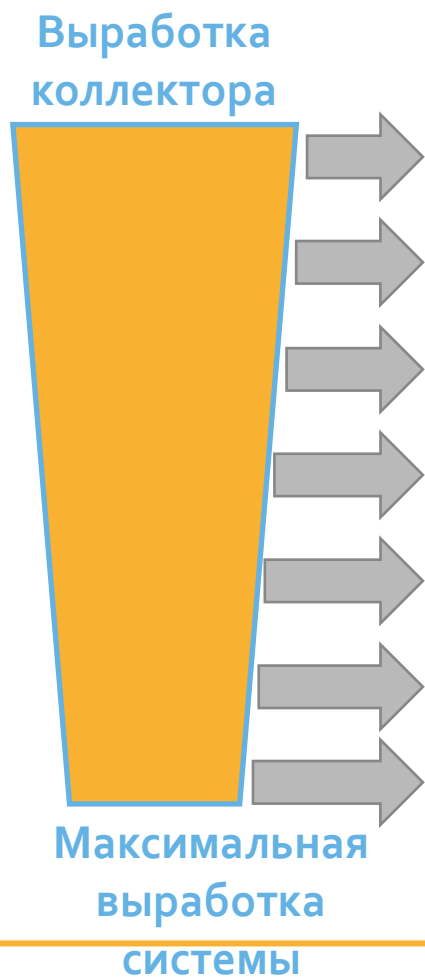
- Рост давления и формирование пара в коллекторе
- Появление пара в солнечном цикле
- Высокая нагрузка на компоненты системы (например, прокладки насоса)
- Возможное расщепление гликоля в теплоносителе

Работа с режимом застоя:

- Дренаживание солнечной жидкости (особенно необходимо для гликолевого теплоносителя перед застоем)
- Отключение насосов и схем бойлеры с превышением давления
- Активное охлаждение, например, грунтовыми водами и вторым теплообменником (понадобятся дополнительная скважина и поглотительный колодец)

→ Принятие стагнации в качестве режима работы необходимо учитывать и планировать на этапе проектирования и реализации

Техническая и экономическая эффективность



Разница между выработкой коллекторов и системы

Из-за...

- ... из-за утреннего прогрева и вечернего охлаждения
- ... труб и клапанов
- ... хранения
- ... застоя
- ... активной защиты от обледенения
- ... антифриза
- ... теплообменников

Разницу между выработкой коллектора и максимальной выработкой системы можно приблизительно оценить, взяв 10 % годового излучения

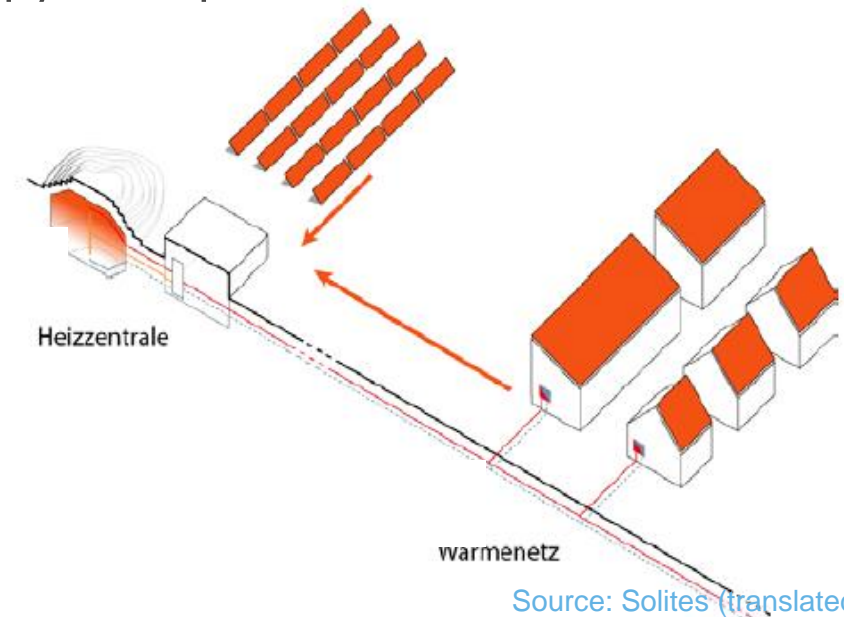
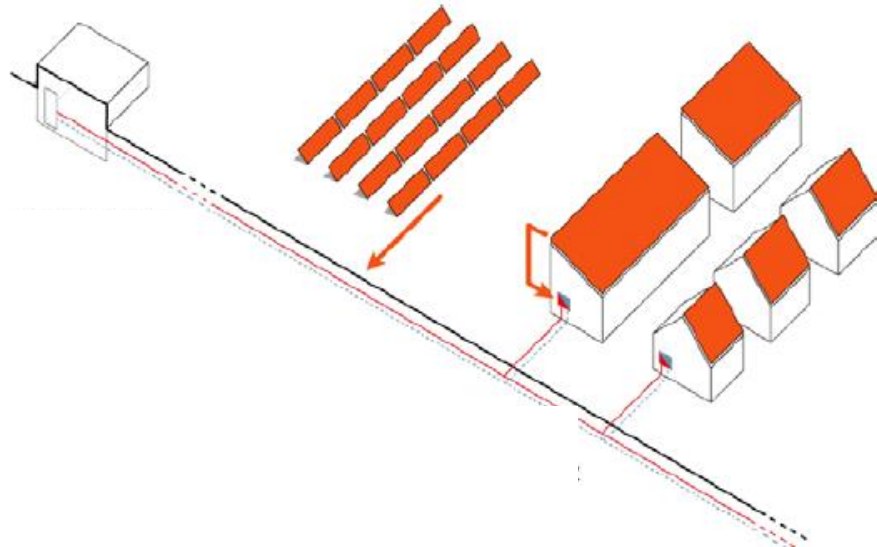
Доля в годовом потреблении тепла

→ Нет четких эталонных значений! (доля в годовом потреблении разнится от проекта к проекту)

- Солнечная тепловая установка может покрывать 30-60 % годового расхода тепла на подготовку горячей воды (100% летом)
- Сезонные хранилища повышают долю солнечного тепла в структуре потребления подогревая воду в хранилище, например, тепловым насосом, в переходные периоды

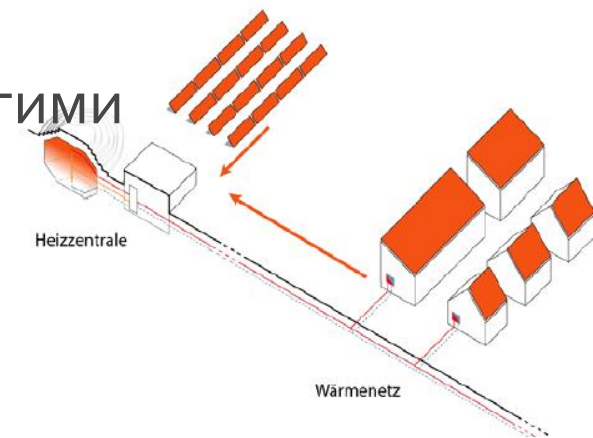
Принципы подключения к сетям - централизованное/децентрализованное

- „Децентрализованное“ (прямое): солнечные тепловые установки расположены далеко от других крупных средств генерации тепла
- Централизованное (непрямое): точка подключения может быть передаточной станцией (солнечная тепловая установка расположена рядом с другим производством тепла, например, теплостанцией или ТЭЦ)



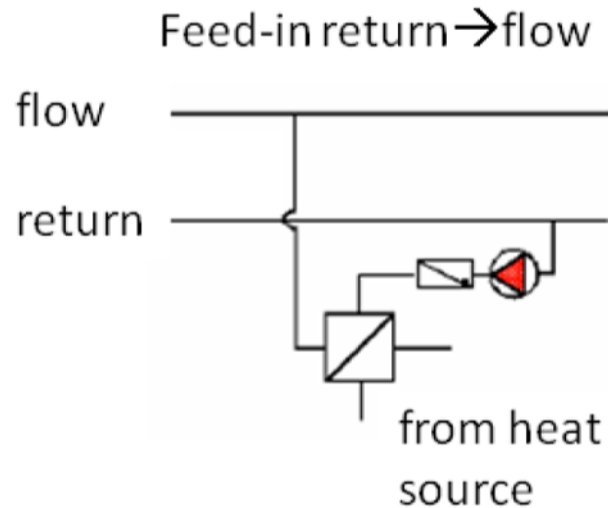
Централизованное подключение (не прямое)

- Передача тепла происходит с помощью теплообменников на центральной отопительной станции
- Четкое различие между солнечным циклом и системами централизованного теплоснабжения
- Осуществимое сочетание солнечной тепловой установки с другими возможными технологиями производства тепла



Source: Solites (translated)

«Децентрализованное» подключение (прямое)

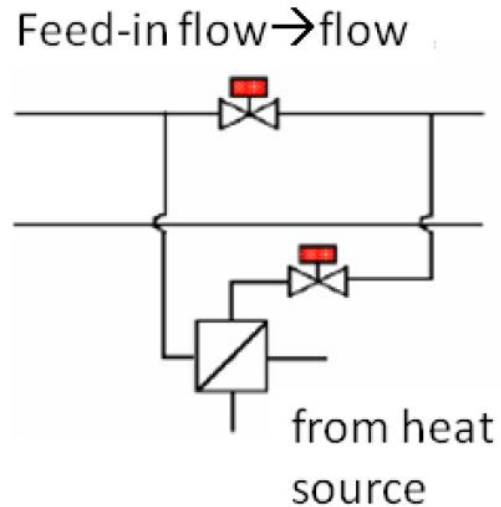


- требуемая температура определяется температурой подачи и отвода
- солнечная установка должна иметь тот же объемный расход, что и сеть, адаптированный к температуре в системе
- питающий насос должен преодолевать разницу в давлении подачи и отвода (может достигать нескольких бар)

+ нет перепадов температуры обратки

- нужен мощный насос

«Децентрализованное» подключение

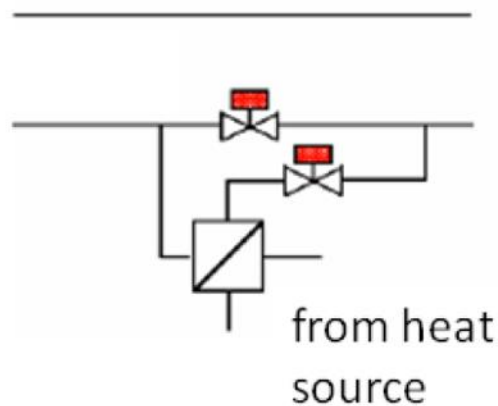


- Необходимы высокие рабочие температуры коллектора
- Низкая солнечная тепловая эффективность и выработка из-за высокого уровня температуры

(Figure & Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 2-5 Fact sheet 6.2)

«Децентрализованное» подключение

Feed-in return → return



- › Рабочие температуры солнечной установки - самые низкие среди всех возможных подключаемых систем
- › Можно ожидать высокую выработку тепла
- › Не требуется работа насосов
- › Постоянный массовый расход в коллекторах
- › Сетевым операторам необходимо установить сопротивление потоку для управления подачей от солнечной установки
- Высокие температуры обратки не являются **благоприятными**

(Figure & Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 2-5 Fact sheet 6.2)

Например:

- **Повышение температуры обратного потока**
 - Экономит первичную энергию: повышение температуры обратки / выработка тепла на подготовку горячей воды летом
- **В сочетании с ТЭЦ**
 - Солнечные тепловые установки могут снизить потребность в электричестве

Ключевые моменты, касающиеся инвестиций и эксплуатационных расходов

- Стоимость земли
- Коллекторы
- Коллекторная полевая установка, включающая трубопроводы в полевых условиях
- Антифриз
- Передающий трубопровод (от коллекторного поля к теплообменному пункту)
- Блок теплообменника (включая насосы, расширительные сосуды, управление и т. д.)
- Подключение к существующим системам централизованного теплоснабжения
- Хранилище
- Система управления
- Проектирование и оптимизация
- Разное (например, строительство, формирование грунта, забор, управление установкой и т.д.)

(Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 8 Fact sheet 2.3)

Ключевые моменты, касающиеся инвестиций и эксплуатационных расходов (для заказчик)

- Потребность в тепле и размеры установки
- Необходимый размер (сезонного) хранилища (если будет необходимость в другом источнике тепла, например тепловом насосе, то в каком?)
- Необходимый размер и цена земли должны быть оценены с учетом юридических вопросов и строительного права
- Какая солнечная тепловая система необходима? / Какой уровень температуры необходим?
- Каковы существующие структуры теплогенерации? Каким будет будущий сценарий солнечной подпитки?
 - расходы на трубопроводы
- Какой должна быть доля солнечного тепла в годовом потреблении / годовая продолжительность использования?
 - Подача в проточную / обратная трубу или и то, и другое?
- Какова экономия энергии за счет других интегрированных/существующих источников тепла (например, биогаза / биомассы и т. Д.)?
- Возможное финансирование?
- Каковы затраты на финансирование (срок, процентная ставка)?
- Развитие³¹ энергозатрат в ближайшие несколько лет?

Контакты

AGFW-Project GmbH

Project company for rationalization,
information & standardization

Georg Bosak

Department of urban development

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
Germany

E-mail: info@agfw.de

Tel: +49 69 6304 - 247

www.agfw.de

Перевод и адаптация: АНО Центр энергетической
эффективности,

Анна Голованова, Александр Бердино



Адрес: 185035 Петрозаводск, ул.
Энгельса 10, офис 504.

Тел/факс: +7 (8142) 76 93 91,

Сайт: <http://kaeec.org>

Эл.почта: kaeec@sampo.ru,

Twitter: https://twitter.com/ano_eec