



ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

№ 3, ОКТЯБРЬ 2018

www.hp.esco.agency

**ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ
ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ**

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

АНАЛИТИКА

**ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ
В ЗДАНИЯХ**



ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Главный редактор

Степаненко Василий Анатольевич,

директор ЭСКО «Экологические Системы»

Выпускающий редактор

Горошко Ольга Васильевна

Информационное Энергетическое Агентство ЭСКО

Редакционный совет

Трубий Александр Владимирович,

директор «R-ENERGY» г. Киев, Украина.

Басок Борис Иванович

зам. директора по научной работе
ИТТФ НАНУ г. Киев Украина.

Горшков Валерий Гаврилович,

главный специалист
ООО «ОКБ Теплосибмаш» г. Новосибирск, Россия.

Закиров Данир Галимзянович,

профессор, главный научный сотрудник
ФГБУ Горного института УрО РАН, г. Пермь, Россия.

Уланов Николай Маранович,

директор ОКБ ИТТФ НАНУ г. Киев, Украина.

Издатель журнала:

Информационное энергетическое
агентство «ЭСКО»

Украина, 69035, г. Запорожье,

пр. Маяковского, 11

info@esco.agency

www.esco.agency

Публикация статей

Редакция может публиковать статьи, не разделяя точку зрения автора. Предоставляя статью, автор дает право на ее публикацию с указанием информации об авторе. Лицо, приславшее статью, гарантирует наличие у него личных неимущественных и исключительно имущественных авторских прав.

Размещение рекламы

Редакция не несет ответственности за качество рекламируемой продукции или услуг, недостоверность или неточность материалов, предоставленных рекламодателем. Рекламодатель несет ответственность за содержание предоставленных материалов, соблюдение авторских прав и всех необходимых разрешений для публикации.

	Информационная статья о внедренных проектах	FREE
	Реклама во внутреннем блоке Размер А4: 1/1	4 000
	Реклама во внутреннем блоке Размер А4: 1/2	2 000
	Размещение визитной карточки Вашей компании Размер: 9x5 см	1 000
	Спонсорство номера	10 000
	Имиджевая статья информация о компании, бренде, услугах или продуктах	4 000



Статьи, обозначенные этим знаком, публикуются на правах рекламы.

Контактная информация:

тел.+38 (061) 224 66 86

e-mail: info@esco.agency

www.hp.esco.agency

www.facebook.com/heatpump.journal

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Украина

- 4** Сучасні розробки в сфері енергоефективності представили в Одесі
- 4** Теплові насоси вже більше року працюють в Луцькому басейні СДЮШОР

Європа

- 5** Для внедрения чистых технологий на островах Силли выделено 10,8 млн. фунтов стерлингов
- 6** Презентация реконструкции офисного центра Amsterdam West
- 7** Fraunhofer ISE разработала тепловой насос на основе пропана, который использует естественный хладагент в тепловом цикле
- 8** Инновационные геотермальные тепловые насосы следующего поколения
- 9** Проект GeoPLASMA-CE - геотермальные тепловые насосы для Кракова
- 11** В Австрии установлено более 100 промышленных тепловых насосов

США

- 12** Новый подход в США: тепловые насосы планируют устанавливать совместно с солнечными панелями

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

- 13** Компанія Noval пропонує децентралізовані рішення для вентиляції, охолодження та опалення великих залів

АНАЛИТИКА

- 15** Развитие сектора геотермальной энергетики в Дании
- 16** Опыт Швеции: история успеха теплонасосной отрасли
- 19** Захватывающий рост рынка тепловых насосов в Польше в 2017 году
- 20** Стратегия перехода к низкоуглеродной экономики Нидерландов
- 23** Развитие геотермального сектора в Нидерландах

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В ЗДАНИЯХ

- 25** Применение теплового насоса в старом храме в Гданьске

ТЕХНОЛОГИИ

- 28** Теплонасосные системы теплохладоснабжения объектов Московского метрополитена

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ

- 43** Valliant Group. Коммерческое предложение по обустройству системы теплоснабжения на основе теплового насоса flexoTHERM

Сучасні розробки в сфері енергоефективності представили в Одесі

Презентація відбулася в Центрі енергоефективних технологій (ЦЕЕТ) при Одеському національному політехнічному університеті. У його лабораторіях демонструють та досліджують ефективність різноманітних опалювальних систем, теплообмінних апаратів, вентиляційних пристроїв, зразків теплоізоляційних матеріалів, склопакетів з різними видами стекол.

В лабораторії енергоефективних теплообмінних апаратів представлений тепловий насос, що подає тепло на систему фанкойлів, ребристих теплообмінних апаратів з вентиляторами.

За словами наукового керівника ЦЕЕТ Олександра Климчука ця система відмінно підходить для приміщень з двохперіодним режимом роботи: адміністративних будівель, шкіл, садочків, вищих навчальних закладів, офісів.

Вона прогріває приміщення набагато швидше, ніж звичайні радіатори, а її роботу можна програмувати залежно від того, використовується простір чи ні. До слова, в центрі цим активно користуються: завдяки оснащенню стін лабораторії спеціальними екранами, які не пропускають тепло, тепловий насос прогріває приміщення за 15 хвилин. Так опалюють весь перший поверх навчального корпусу.

Провівши дослідження, співробітники Центру енергоефективних технологій дійшли висновку, що оптимальним джерелом тепла для багатоквартирного будинку буде тепловий насос. Правда, дозволити собі таке обладнання зможуть далеко не всі одесити, адже його установка і обслуговування обійдуться в кілька тисяч євро.

За матеріалами: <https://ukr.segodayna.ua/regions/odessa/v-odesse-predstavili-sovremennye-razrabotki-sberezheniya-teplai-energii-1175475.html>

Теплові насоси вже більше року працюють в луцькому басейні СДЮШОР

В 2017 році за рахунок коштів міського бюджету придбані теплові насоси, які забезпечують комплексу необхідну потребу підготовки гарячої води для душових, підігріву ванн і системи опалення СДЮШОР.

Вартість проекту - 1,5 млн. гривень. За опалювальний сезон 2017-2018 рр. економія склала 500 тис. грн.

Таким чином, представники міської влади сподіваються, що за 3 роки проєкт повністю окупиться, та надалі будуть отримувати серйозну економію.

Джерело фото: <https://www.volynnews.com/>

За матеріалом: <http://www.volynpost.com/news/113052-luckyj-basejn-ekonomyt-na-teplovyh-nasosah>



Для внедрения чистых технологий на островах Силли выделено 10,8 млн. фунтов стерлингов



Удаленные острова Силли у юго-западного побережья Англии скоро примут новую новаторскую программу по чистой технологии.

Небольшое сообщество из 1000 домов в значительной степени зависит от импортируемого ископаемого топлива для его энергоснабжения, а также считается одним из регионов Великобритании, для которых актуальна проблема «топливной бедности».

Для решения этих проблем местные власти острова объединяются с японской компанией Hitachi для создания современной, чистой и самодостаточной энергетической системы.

Начиная с этого лета на крышах домов, общественных зданий и других объектов устанавливаются до 450 киловатт солнечных панелей, чтобы удвоить мощность возобновляемой энергии. Он также будет экономить около 900 тонн двуокиси углерода каждый год.

Кроме того, 100 домохозяйств получают технологии, которые помогут им контролировать потребление энергии и управлять ею. Еще для 10 домов будет внедрен пилотный проект по ис-

пользованию аккумуляторных батарей и воздушных тепловых насосов.

Мощность, генерируемая солнечными батареями, будет продана Сообществу Isle of Scilly Community Venture и из дохода, возвращенного домохозяйствам, возможно будет сократить счета за электроэнергию. Этим летом будет запущен уникальный тариф на энергию для островов.

Программа финансируется из средств Европейского фонда регионального развития в размере 8 637 179 фунтов стерлингов.

Есть прогноз по трансформации производства энергии к 2025 году, согласно которому 40% энергии будет генерироваться из возобновляемых источников.

Это поможет сократить выбросы углекислого газа и счета за электроэнергию для примерно 2200 человек, которые живут на островах.

Источник: <http://www.climateactionprogramme.org/news/scilly-isles-to-roll-out-10.8m-clean-technology-scheme>

Презентация реконструкции Amsterdam West

Компания EDGE Technologies представила Амстердам Вест, новейшее «умное» здание, строительные работы в котором должны завершиться в 2021 году.

Реконструкция 645 834 кв. футов будет включать в себя некоторые из новейших технологий в области комфортного климата и устойчивого развития для общественных/коммерческих зданий.

В процессе реконструкции над центральным местом встречи появится массивный стеклянный купол, который является отличительным атрибутом всех проектов EDGE и предназначен для обеспечения естественного дневного света.

Эта многофункциональная крыша будет иметь фундаментальное значение для внутреннего климата здания, экономия затраты и энергопотребление здания.

Разработчики EDGE Amsterdam West ставят перед собой цель превзойти в отраслевом стандарте, ориентированном на BREEAM-NL. Это означает, что здание будет вырабатывать больше энергии, чем потреблять. Такая цель может быть достигнута за счет сохранения тепловой энергии в здании, солнечных панелей на крыше, а также воздушных и водяных тепловых насосов.

Ключевым элементом в реконструкции является платформа EDGE Technologies, которая предложит полную настройку параметров рабочего места, таких как освещение, температура и резервирование пространства.

Источник: <https://placetech.net/news/first-look-into-edge-amsterdam-west/>



Fraunhofer ISE разработала тепловой насос на основе пропана, который использует естественный хладагент в тепловом цикле

В рамках поиска экологически чистых альтернатив гидрофторуглеродам, которые будут постепенно внедряться в соответствии с Положением ЕС о регулировании фторированных парниковых газов, Институт солнечных энергетических систем Фраунгофера (Fraunhofer ISE) разработал тепловой насос на основе пропана, который использует природный хладагент в тепловом цикле.



На фото здание Института солнечно-энергетических систем Фраунгофера.

Пропан имеет озоноразрушающий потенциал нулевого уровня. Тем не менее, его высокая воспламеняемость создает проблемы при использовании в тепловом цикле.

«Если вы хотите использовать пропан, вы должны как можно меньше хранить хладагент, чтобы минимизировать риски», - сказала д-р Лена Шнабель, руководитель отдела технологий отопления и охлаждения в Fraunhofer ISE.

Д-р Шнабель и ее исследовательская группа использовали очень компактные, паяные, оребренные теплообменники, которые хорошо работают с небольшими объемами жидкости - для передачи тепловой энергии от одного текучего вещества к другому.

«Жидкость должна полностью испаряться или повторно конденсироваться по рабочей длине. Чтобы гарантировать, что они работают эффективно, соотношение пара и жидкости должно быть одинаковым во всех каналах. Как правило, этого достичь нелегко, и это становится особенно сложно, если вы также пытаетесь ограничить объем хладагента», - сказала Д-р Шнабель.

Чтобы решить эту проблему, исследовательская группа разработала распределитель с бионической структурой.

«Наш распределитель имеет непрерывную ветвящуюся структуру, такую как ветви дерева, которые обеспечивают равномерное распределение хладагента в отдельные каналы испарителя даже при небольшом объеме хладагента», - сказала она.

Чтобы уменьшить риск взрыва при сжатии пропана, исследователи использовали специализированный компрессор, инкапсулирующий все источники воспламенения, - заботясь при подключении отдельных компонентов теплового насоса, чтобы предотвратить утечку пропана.

«В настоящее время мы модифицируем технический дизайн теплового насоса, проверяем долгосрочные характеристики компонентов и разрабатываем устойчивые стратегии безопасности», - сообщила Д-р Шнабель.

Источник: http://hydrocarbons21.com/articles/8524/fraunhofer_develops_propane_heat_pump

Инновационные геотермальные тепловые насосы следующего поколения

В Университет де Монфор (Великобритания) (De Montfort University Leicester (DMU)) продемонстрирует следующее поколение геотермальных тепловых насосов

Академики в Институте энергетики и устойчивого развития университета объединяют исследования и инновации, изучая возможность использования геотермальной энергии для обогрева зданий. DMU является одним из четырех мест проведения испытаний в Европе, выбранных для разработки, демонстрации и мониторинга использования тепловой энергии, хранящейся в грунте.

Четыре буровые скважины были пробурены возле здания Queen's Queen и установлены теплообменники для подземного теплоснабжения.



DMU было присуждено почти 142 000 евро за установку и запуск теплового насоса в рамках Европейского исследовательского проекта Horizon 2020, который является крупнейшей в истории ЕС программой исследований и инноваций. Другие демонстрационные площадки для проекта под названием GEOTECH находятся в Испании, Голландии и Италии.

Геотермальные тепловые насосы являются устойчивым, но недостаточно эксплуатируемым источником энергии. Профессор Рик Гриноу (Rick Greenough), руководитель исследовательской группы в Институте энергетики и устойчивого развития, сказал, что хотел бы видеть больше домов и коммерческих зданий, использующих не что иное, как внутреннее тепло, содержащееся в почве, скалах и водных ресурсах под земной поверхностью.

Инновационное буровое оборудование использовалось для бурения пяти скважин в DMU. Важная часть исследования заключалась в поиске подходящих мест, где было достаточно мягкой почвы, чтобы просверлить не менее 10 метров, используя полые шнеки вместо обычного сверла.

Потребовалось пару дней, чтобы установить теплообменники в каждую из скважин. Пятая скважина используется для определения температурных датчиков, которые будут записывать жизненно важные данные об изменениях температуры земли. Проект также будет собирать данные об уровнях энергопотребления и комфортности на испытательном полигоне в небольшом внутреннем здании.

Источник: <https://www.renewableenergymagazine.com/geothermal/de-montfort-university-to-demonstrate-the-next-20180502>

Проект GeoPLASMA-CE - геотермальные тепловые насосы для Кракова

25 сентября 2018 года в Краковской магистратуре, в рамках международного проекта GeoPLASMA-CE была организована конференция «Национальное мероприятие заинтересованных сторон», организованная Университетом науки и технологий AGH и городом Краков. Проект финансировался программой Interreg Central Europe.

Целью встречи было ознакомление заинтересованных сторон с прогрессом в работе и обсуждение возможностей сотрудничества и реализации резуль-

татов проекта с учетом краткосрочной и долгосрочной перспективы, включая стратегии использования возобновляемых источников энергии в Кракове.

В проекте участвуют 11 партнеров из 6 стран Центральной Европы: Австрии, Германии, Словении, Чешской Республики и Словакии. Из Польши в проекте приняли участие: PGI-NRI (Polish Geological Institute <https://www.pgi.gov.pl>) и AGH University of Science and Technology. (<https://www.agh.edu.pl>)

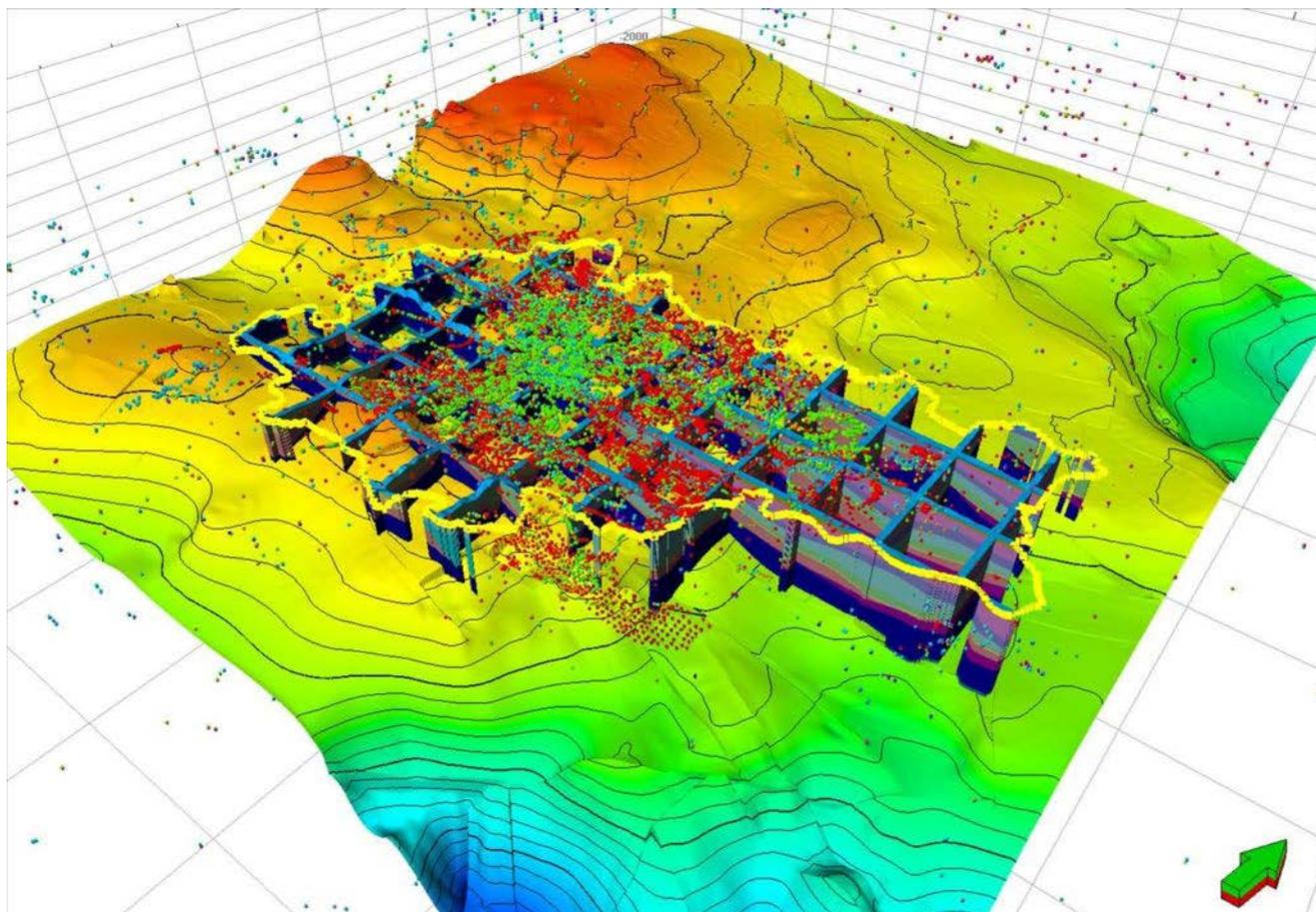
Interreg
CENTRAL EUROPE



GeoPLASMA-CE

European Union
European Regional
Development Fund





В рамках проекта разработана сложная трехмерная геологическая модель, сделанная в масштабе всего города.

В рамках проекта GeoPLASMA-CE будут оцениваться геотермальные энергетические ресурсы, аккумулиро-

ванные в неглубоком геологическом профиле, т.е. на глубину 200 м ppt, как для отопления, так и для охлаждения.

Источник: <http://portpc.pl/projekt-geoplasma-ce-geotermalne-pompy-ciepła-dla-krakowa/>

Реклама в журнале «Тепловые насосы»

тел. (+38 061) 224 68 12

e-mail: info@esco.agency



В Австрии установлено более 100 промышленных тепловых насосов

На конгрессе Chillventa (15 октября 2018 года) ведущая австрийского технологического института (AIT) Вероника Вилк рассказала аудитории на брифинге перед конференцией Chillventa, о том, что в Австрии установлено более 100 промышленных тепловых насосов.

Госпожа Вилк сообщила о том, что прогнозируется рост инсталляций тепловых насосов, поскольку Австрия активизирует свои усилия по сокращению выбросов и повышению энергоэффективности.

«Если мы будем идти по пути, по которому сейчас идем, к 2030 году будет установлено 500 тепловых насосов, а в лучшем случае будет установлено 2,500 тепловых насосов» - сказала она.

Одним из хороших примеров применения природных хладагентов в промышленных тепловых насосах, по ее словам, является инсталляция в этом году теплового насоса с хладагентом CO₂.

Система имеет холодопроизводительность около 600 кВт и тепловую мощность 800 кВт.

Она была установлена компанией AMT Käletechnik GmbH и содержит шесть поршневых компрессоров Bosch. Контроллер представляет собой модель Siemens S7 PLC model.

Также госпожа Вилк сообщила про установку аммиачного chillera австрийским пивоваренным заводом, реализованную компанией Frigopol. Chillер перераспределяет избыточное тепло.

Для дальнейшего расширения промышленных тепловых насосов г-жа Вилк призвала к сокращению периода окупаемости промышленных тепловых насосов.

Она также выступала за внедрение высокотемпературных тепловых насосов, поскольку они имеют лучший коэффициент производительности для промышленного применения.

Источник: <http://hydrocarbons21.com/articles/8616/over-100-industrial-heat-pumps-installed-in-austria>



Новый подход в США: тепловые насосы планируют устанавливать совместно с солнечными панелями



Источник фото: <https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2018/09/02/solar-installers-should-bundle-panels-with-heat-pumps-study-says/#15bbab083b96>

По материалу:
Jeff McMahon для Forbes

Согласно позиции ученых из Rocky Mountain Institute, продавцы и installеры крышных солнечных панелей могут повысить прибыль и одновременно внести еще больший вклад в оздоровление окружающей среды, предлагая вместе с генераторами солнечной энергии тепловые насосы и иное электрооборудование.

В RMI изучили финансовые затраты в процессе электрификации системы обогрева домов в четырех городах США и изменения показателей выброса CO₂ в процессе электрификации системы обогрева домов в четырех городах США. Экологический показатель оценить было достаточно легко, и выгода от перехода на электричество наблюдалась в трех случаях из четырех.

Не смотря на то, что привычки потребителей, которые используют газ в качестве

источника для отопления менять сложно, и возрастающее первоначальное капитало-ложение, в долгосрочной перспективе собственный источник энергии позволит существенно уменьшить потребление электричества из сети и выйти в плюс.

В пятнадцатилетней перспективе после перехода с газа и электроснабжения от сети на тепловые насосы и солнечные панели экономия составит 24 900 долларов, а выброс CO₂ сократится до нуля.

Когда дома станут полностью электрически, домовладелец экономит ежемесячную стоимость газового подключения, которая вносится независимо от того, используется ли в домовладении газ.

Источник: <https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2018/09/02/solar-installers-should-bundle-panels-with-heat-pumps-study-says/#59a40aac3b96>

Компанія Noval пропонує децентралізовані рішення для вентиляції, охолодження та опалення великих залів



Noval створює простір і об'єднує свої децентралізовані кліматичні системи з децентралізованими тепловими насосами, надаючи проектувальникам нову свободу у проектних рішеннях ОВВК для одноповерхових залів і складів, які потребують опалення взимку і охолодження влітку. Технологічні приміщення для кліматичного обладнання стають непотрібними, довжина трубопроводів зведена до мінімуму, знижуються інвестиційні та експлуатаційні витрати.

«Коли ми говоримо про децентралізовані системи, ми тепер маємо на увазі не тільки RoofVent® і TopVent®, а також і децентралізовані теплові насоси», - пояснює Лоріс Бассо, менеджер по продукції підрозділу кліматичних систем Noval. Результатом є комплексне рішення, що заощаджує простір.

Збереження простору також означає економію грошей. Коли кліматич-

ні блоки об'єднуються для створення повністю децентралізованого комплексного рішення, вони роблять непотрібними і систему охолодження води, і систему центрального опалення. Це означає, що технологічні приміщення для обладнання вже не потрібно включати до планів нових залів. Торгівля або промисловість отримують цінний простір.

Жодної магістралі крізь стіни

Навіть повітряні канали, труби опалення та системи холодної води, що є вдвічі дорожчою, стають непотрібними. Тому й накладні витрати зменшуються. Установникам більше не треба прокладати труби вздовж та крізь стіни та кладку; агрегати монтуються на стелю. Дорога та дифузійно-стійка теплоізоляція для труб охолодженої води більше не потрібна. Внутрішні поверхні залу виглядають повністю очищеними та справді корисними.

Малі загальні витрати

Невеликі інвестиційні витрати призводять до незначних експлуатаційних витрат: завдяки оптимальному розподілу повітря, децентралізована система, що складається з RoofVent®, TopVent® та теплових насосів, демонструє мінімальні втрати тиску та втрати тепла в порівнянні з стандартними централізованими системами. Зі свого боку, тепловий насос повітря / повітря забезпечує високу ефективність за стандартних температурних умов. Менеджер по продукції підрозділу кліматичних систем Noval переконаний, що його ефективність перевищує ефективність котла. Магазин одягу в Австрії, який використовує повністю децентралізовану систему, скоротив експлуатаційні витрати на 36% порівняно з рішенням на базі централізованого газового котла.



Більше того, тепловий насос використовує поновлювані джерела енергії. Викиди CO₂ мінімізуються, зокрема в порівнянні з централізованими системами опалення, що використовують викопне паливо. Крім того, немає потреби споживати та імпортувати викопне паливо.

Таким чином, загальна вартість життєвого циклу та викиди утримуються у бажаних межах. Це також пов'язано з тим, що вентиляційний блок RoofVent® RP та рециркуляційний блок TopVent® TP обмінюється інформацією з власним тепловим насосом - і розуміють один одного. Всі агрегати постачаються з одного джерела, і інтегруючись створюють ефективні та високонадійні системи. За словами Лоріса Бассо: «Ми зібрали разом переваги наших децентралізованих кліматичних систем та теплових насосів». Просунуті проєктанти охоче дотримуються прикладу магазину мод у Австрії, який дозволив зменшити витрати на вентиляцію, охолодження та опалення більше ніж на третину.

Компанія Noval известна как один из ведущих поставщиков решений в

области систем отопления, охлаждения и вентиляции. В бизнес компании вовлечено около 1300 сотрудников, работающих на 14 различных предприятиях, которые действуют и думают вместе, как одна большая глобальная семья. Сегодня системы отопления и вентиляции компании Noval поставляются более чем в 50 стран мира.

Сегодня компания Noval является поставщиком законченных решений на базе широкого модельного ряда систем отопления, вентиляции и микроклимата помещений, предлагая комплексные и максимально удовлетворяющие требованиям заказчика решения по созданию оптимального уровня комфорта.

С 2011 года эксклюзивным дистрибьютором климатических систем NOVAL в Украине является компания ЛИКОНД.

Джерело: <http://www.hoval.in.ua/press/2018-08-22/ventilyats-ya-okholodzhennya-ta-opalennya-velikikh-zal-v-teper-povn-styu-detsentral-zovan/>

Развитие сектора геотермальной энергетики в Дании

В недавней статье для Danske Fjernvarme Ларс Андерсен из Геоор в Дании подчеркивает важность геотермального тепла для сетей централизованного теплоснабжения в стране для достижения своих климатических целей.

Его компания выступает с новой бизнес-моделью, которая берет на себя риск исследований и разработки.

Геотермальное тепло играет центральную роль в преобразовании сектора отопления и электрификации энергетической системы.

На протяжении многих лет датский энергетический сектор соглашался, с утверждением о том, что геотермальная энергия имеет большое будущее в энергетической системе Дании. Было реализовано несколько успешных проектов, а также несколько проектов не состоялись.

Компания Geothermal Operations (Геоор) появилась в сотрудничестве между энергетической компанией E.ON и буровыми компаниями Ross DK и Iceland Drilling.

Таким образом, три компании объединили свой опыт использования геотермальных и тепловых насосов.

«Геоор берет на себя риск исследований и имеет четкий и простой бизнес-план, который делает геотермальную энергию привлекательной как для экономики, так и для окружающей среды и для потребителей», - говорит Ларс Андерсен, директор Geothermal Operations.

Согласно Геоор, геотермальное тепло необходимо для эффективного переключения расходов на централизованное теплоснабжение, поэтому Дания может достичь долгосрочных климатических целей. Геотермальная энергия в сочетании с тепловыми насосами также имеет ожи-



Ларс Андерсен, директор Geothermal Operations

Источник фото: <https://www.danskfjernvarme.dk/nyheder/nyt-fra-dansk-fjernvarme/180927-geotermi-er-n%C3%B8dvendig-hvis-vi-skal-n%C3%A5-klimam%C3%A5l>

даемый потенциал для покрытия 30 процентов потребностей в отоплении в системе централизованного теплоснабжения.

Геоор предлагает две различные бизнес-модели: одну, где Геоор устанавливает, владеет и управляет скважинами и заводами, в т.ч. тепловыми насосами на протяжении всего срока службы установки; и другую, где Геоор устанавливает скважины и заводы, в том числе тепловые насосы, а компания централизованного теплоснабжения, приобретают установки Геоор подключ. Но общим для них является то, что компания берет на себя риск исследований, чем минимизирует риски компаний централизованного теплоснабжения.

Источник: <https://www.danskfjernvarme.dk/nyheder/nyt-fra-dansk-fjernvarme/180927-geotermi-er-n%C3%B8dvendig-hvis-vi-skal-n%C3%A5-klimam%C3%A5l>

Опыт Швеции: история успеха теплонасосной отрасли

В мае 2018 в рамках Nordic Clean Energy Week 2018 (Мальмё / Копенгаген) был проведен семинар «Тепловой насос - шведская история успеха!», а также дискуссия «Мировое отопление без использования углекислого газа в 2050 году». Организатором выступила Шведская Ассоциация Охлаждения и тепловых насосов (Swedish Refrigeration & Heat Pump Association).

С презентацией (на английском) можно ознакомиться <https://heatpumpingtechnologies.org/news/1/53749/>

За последние 14 лет продажи тепловых насосов в Швеции выросли более чем в два раза – сейчас в стране установлено 1,7 миллиона тепловых насосов, которые работают на благо 10 миллионов жителей.

В 2017 году было продано чуть более 120 тыс. тепловых насосов, большинство из которых системы «воздух/воздух».

Швеция, в настоящий момент, является страной с самым большим количеством установленных тепловых насосов на душу населения в мире. В каждом втором жилом частном доме установлен тепловой насос.

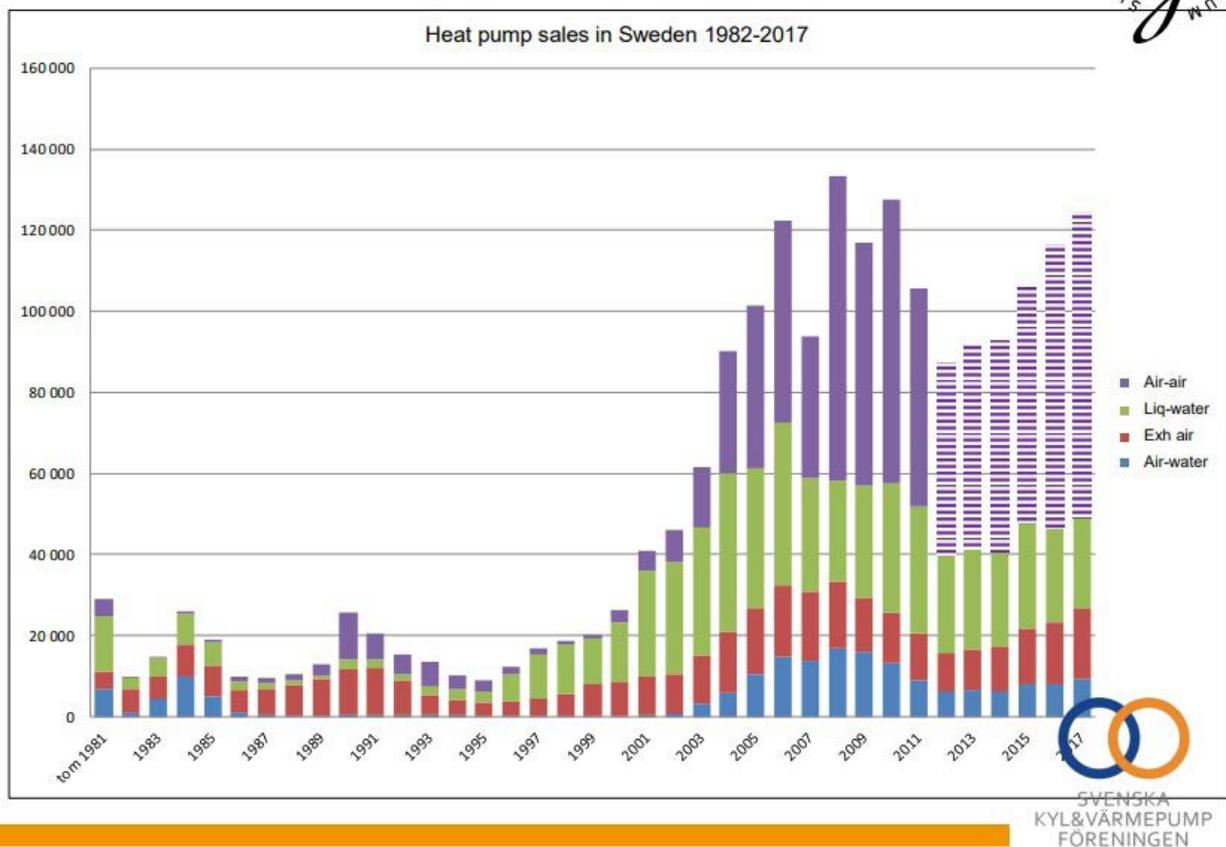
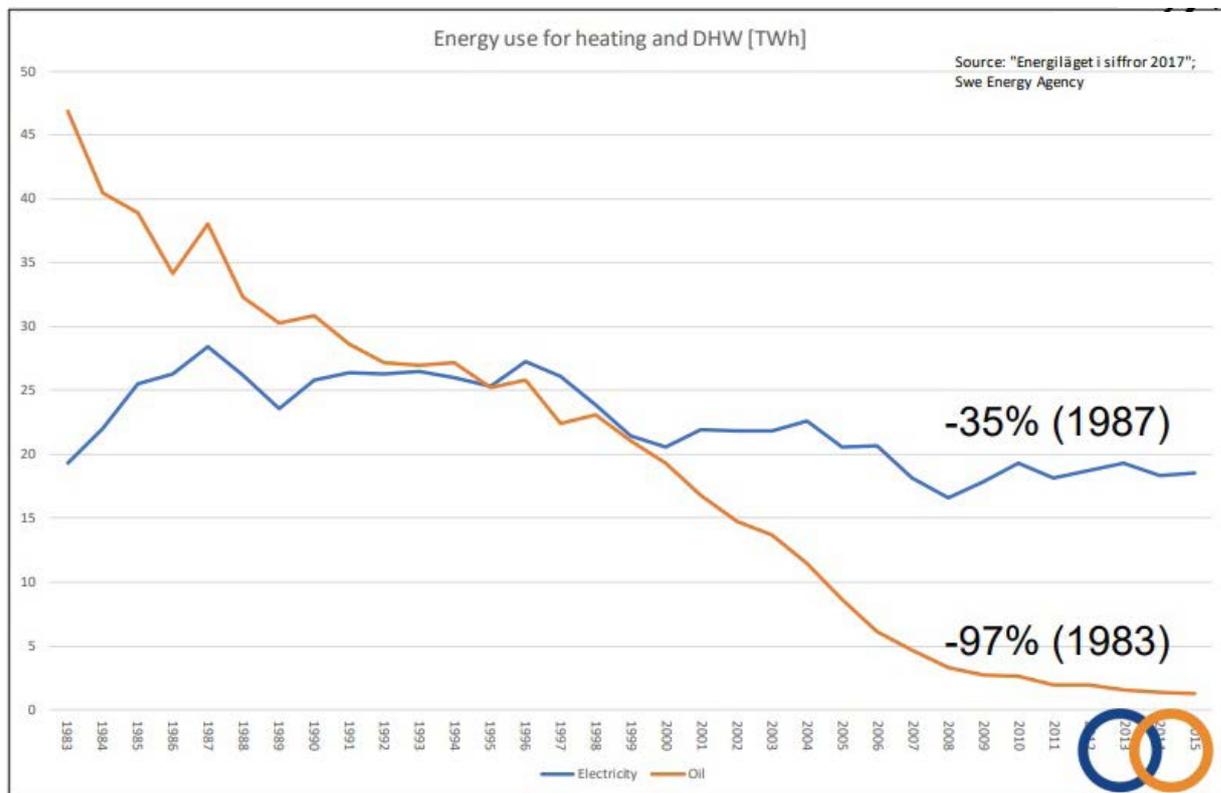


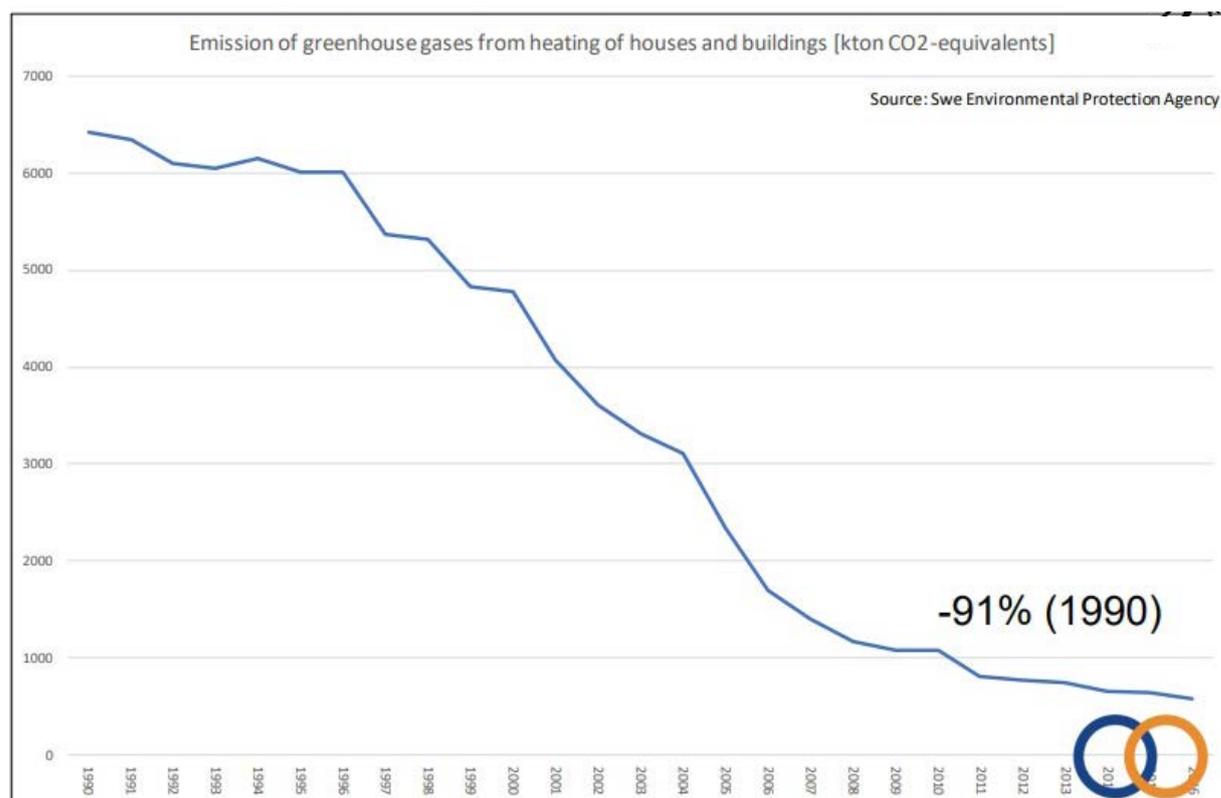
Диаграмма продажи тепловых насосов в Швеции с 1982-2017

25 ТВт-ч - Вклад тепловых насосов для отопления домов.

На графике визуализировано снижение потребления электроэнергии (с 1987 года на 35 %) и мазута (с 1983 года на 97 %) для отопления домов и ГВС.



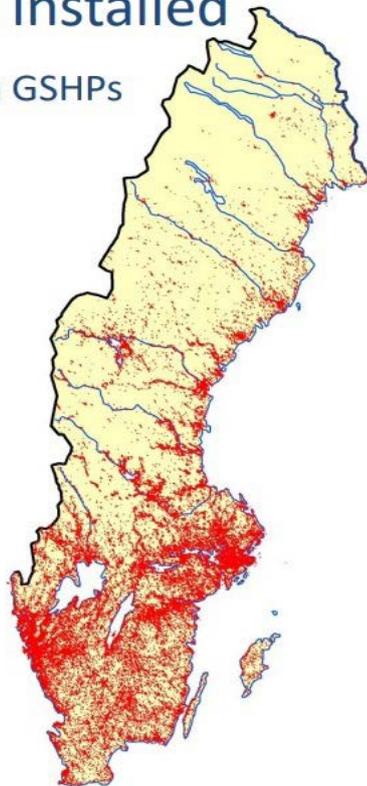
На следующем графике показана динамика снижения выбросов парниковых газов (CO₂) с 1990 года



Следующий рисунок демонстрирует развитие геотермальной отрасли в Швеции

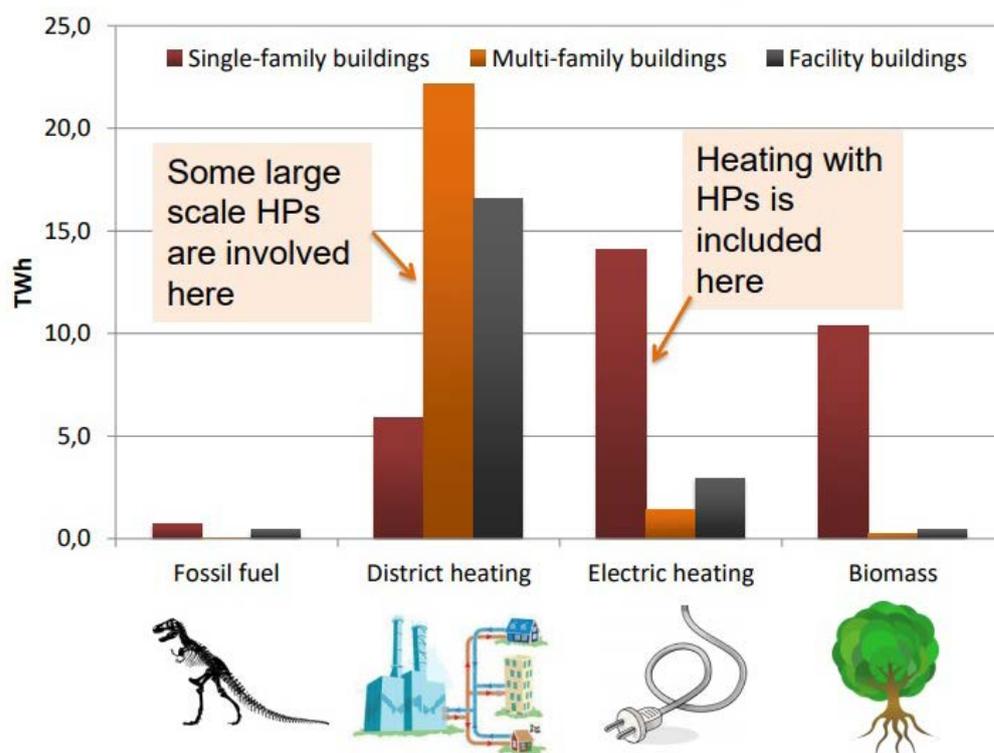
1.7 Million HPs installed

...of which >0.5 Million GSHPs

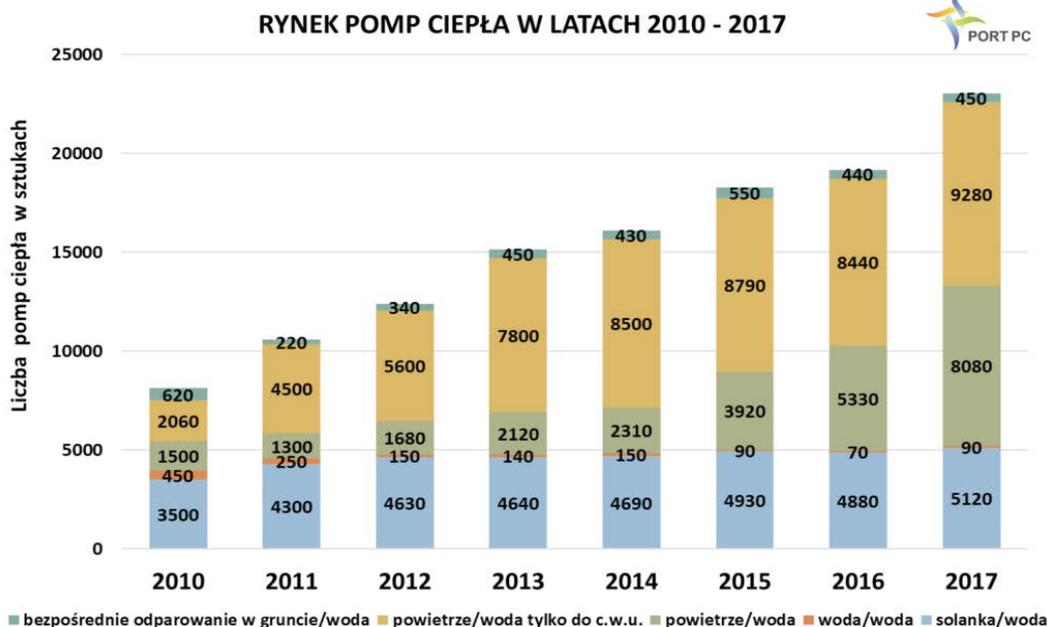


Визуализация распределения источников тепла для разных типов зданий в Швеции приводится ниже. Следует отметить большую роль тепловых насосов большой мощности для отопления многоквартирных домов в системах централизованного теплоснабжения.

How are Swe Buildings heated?



Захватывающий рост рынка тепловых насосов в Польше в 2017 году



Результаты исследования рынка тепловых насосов, проведенного в 2017 году, Польской ассоциацией по разработке технологии тепловых насосов (Polską Organizację Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC)), обеспечивают основу для оптимистических прогнозов дальнейшего развития рынка тепловых насосов в Польше, в ближайшие несколько лет.

Анализ продаж тепловых насосов в 2010-2017 годах показывает гармоничный и непрерывный рост рынка.

Информация о рынке тепловых насосов в 2017 году была основана на результатах мониторинга рынка отопительных приборов, согласованных ассоциациями PORT PC и SPIUG.

Весь рынок тепловых насосов в Польше увеличился примерно на + 22%. По оценкам PORT PC, в 2017 году было продано около 27 000 тепловых насосов.

В односемейных частных домах по данным PORT PC, в 2017 году он составил 12,5% (каждое восьмое новое здание). В 2010 году PORT PC оценил, что доля тепловых насосов в новостройках

была ниже 3%. В оптимистичном прогнозе роста рынка PORT PC в 2020 году доля тепловых насосов в новых односемейных зданиях может достигать 20-25%.

В прошлом году рынок тепловых насосов типа «воздух-вода», используемых для установок центрального отопления, увеличился на 55%, а рынок всех типов тепловых насосов, связанных с центральным отоплением, увеличился на 30%.

Согласно последнему анализу рынка PORT PC, в прошлом году производители и дистрибьюторы тепловых насосов для подготовки горячей воды продали в общей сложности около 9 300 единиц.

Количество проданных в 2017 году тепловых насосов рассол / вода оценивается в 5,200 единиц, по сравнению с предыдущим годом увеличение продаж на 5%.

Грунтовые тепловые насосы также имеют значительную долю на рынке тепловых насосов для отопления или охлаждения помещений.

Источник: <http://portpc.pl/spektakularny-wzrost-rynku-pomp-ciepła-polsce-2017-roku/>

Стратегия перехода к низкоуглеродной экономике Нидерландов

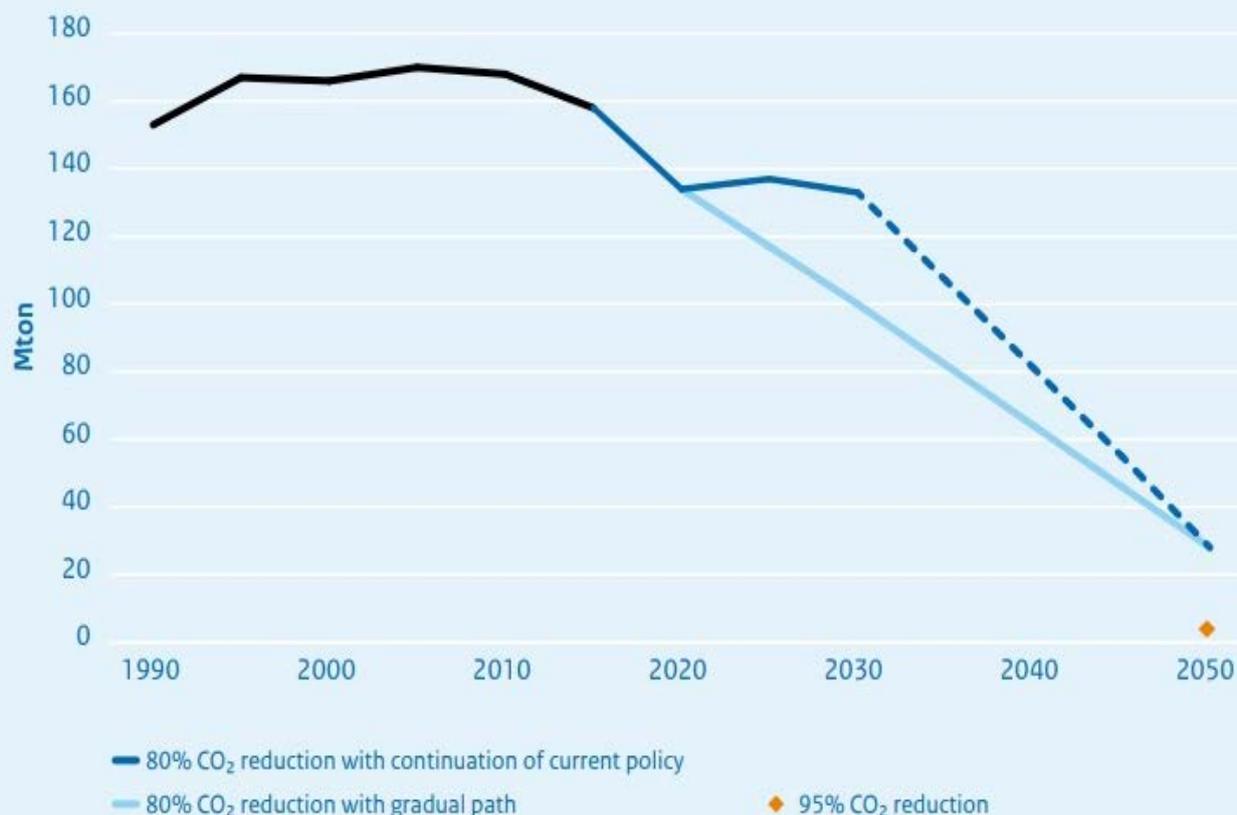
В конце 2016 года правительство Нидерландов представило свою «Энергетическую стратегию», в которой провозглашается политика перехода к низкоуглеродной экономике в 2050 году.

Энергетическая стратегия (на английском): <https://www.government.nl/documents/reports/2017/03/01/energy-agenda-towards-a-low-carbon-energy-supply>

Согласно Энергетической стратегии запланировано снижение выбросов, которое представлено на рисунке ниже

Снижение выбросов запланировано в четырех функциональных сферах: в энергетическом секторе, в секторах высоко и низкотемпературных источниках тепла, транспорте.

Figure 1 Development of energy emissions in the Netherlands



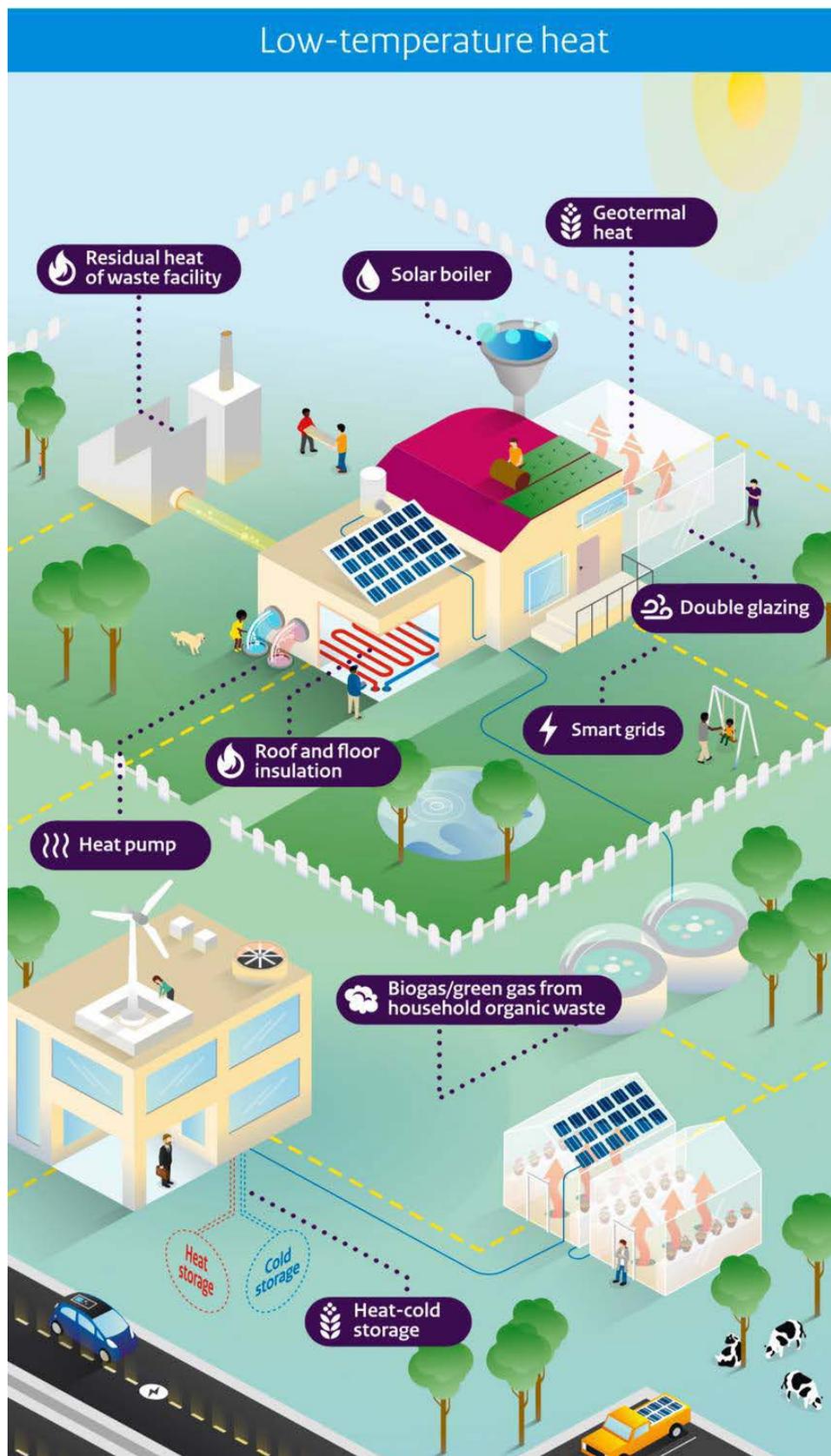
Source: For the period 1990-2030 ECN (2016). An estimate has been made for 2050 on the basis of RLI (2015) and CPB/PBL (2015). The intervening years are based on a linear path.

Источник: Energy Agenda/ Towards a low-carbon energy supply

АНАЛИТИКА

Рассмотрим сектор низкоуглеродных источников тепла, который предусматривает развитие геотермальных источников тепла и применение тепловых насосов.

Визуализация низкотемпературных источников согласно Энергетической стратегии представлена на рисунке ниже.



Источник: Energy Agenda/ Towards a low-carbon energy supply

KVGN vision 2050



- Energy savings
- Condensed boiler
- Electric heat pump
- Hybrid heat pump
- District heating - geothermal
- District heating - waste heat

Источник рисунка: <https://www.treehugger.com/environmental-policy/netherlands-ban-natural-gas-2050.html>

2 ключевых аспекта снижения выбросов в секторе отопления зданий: снижение потребления тепла и замещение природного газа возобновляемыми источниками энергии.

Самая большая задача - обеспечить низкоуглеродистый обогрев для существующих жилищ и зданий.

В настоящее время каждый дом или резиденция имеет юридическое право на подключение к газовой сети. Этот закон будет аннулирован и заменен «правом на тепловое присоединение». Новые дома больше не будут подключены к газовой сети.

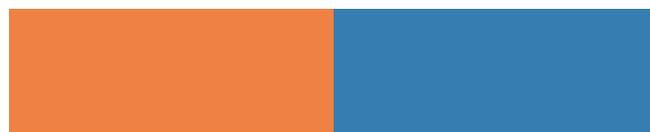
7 миллионов существующих домов будут постепенно отключены от газовой сети.

Согласно Энергетической стратегии 10% спроса на тепловую энергию будет вырабатываться конденсационными котлами, 15% электрическими тепловыми насосами, 15% гибридными тепловыми насосами и 20% сетями централизованно-

го теплоснабжения. Последние будут частично работать на сбросном тепле (70%) и частично на геотермальной энергии (30%).

Для вновь построенных домов Европейская директива по энергетическим характеристикам зданий (EPBD) устанавливает стремление к энергонезависимости зданий. С 2021 года все новые здания должны соответствовать соответствующим требованиям законодательства. Тем не менее, строительство новых жилых помещений будет лишь вносить ограниченный вклад в необходимое улучшение устойчивости построенной окружающей среды.

Источник: <https://www.treehugger.com/environmental-policy/netherlands-ban-natural-gas-2050.html>



Развитие геотермального сектора в Нидерландах



Министерство экономики Нидерландов и политики в области климата опубликовало ежегодный обзор природных ресурсов и геотермальной энергии в 2017 году. (<https://www.nlog.nl/en/annual-reports>) в котором предоставлен подробный отчет о развитии геотермального сектора на начало 2018 года.

Геотермальная тепловая добыча неуклонно возрастала с 2008 года и представлена на рисунке ниже.

На сейчас, выработанное тепло в основном используется для нагрева коммерческих теплиц. Один проект поставляет тепло в коммунальное хозяйство и несколько зданий. Другой проект будет поставляет тепло в тепловую сеть в городской местности.

В отчете также представлена карта выданных лицензий на разработку и эксплуатацию геотермальных источников.

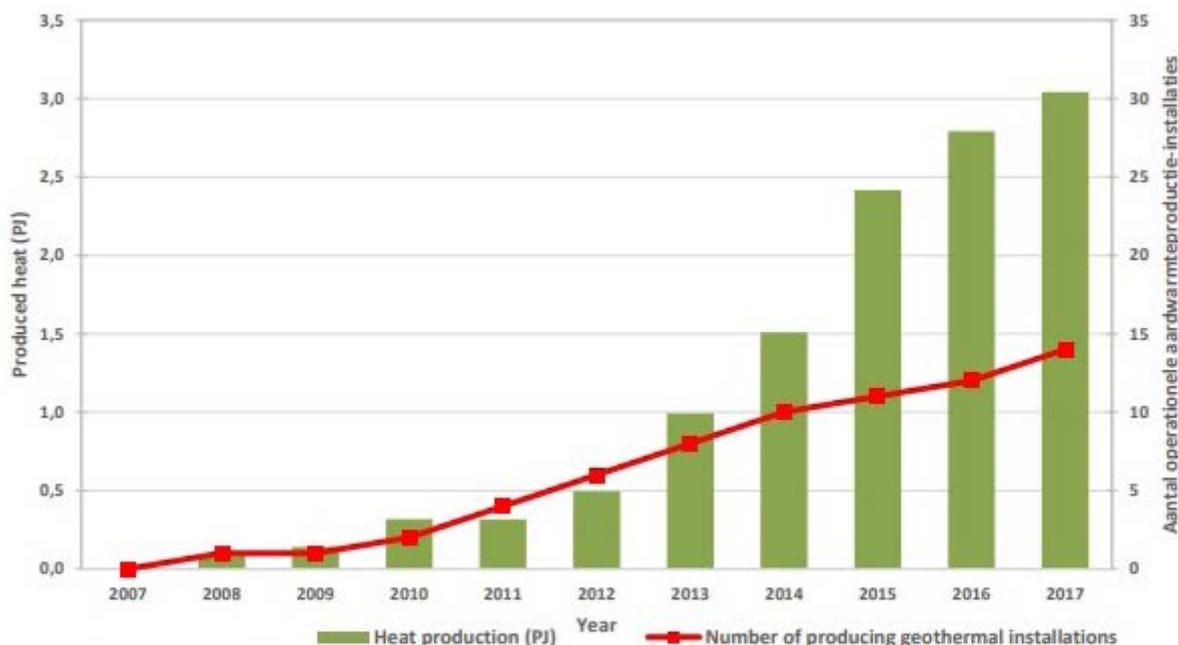
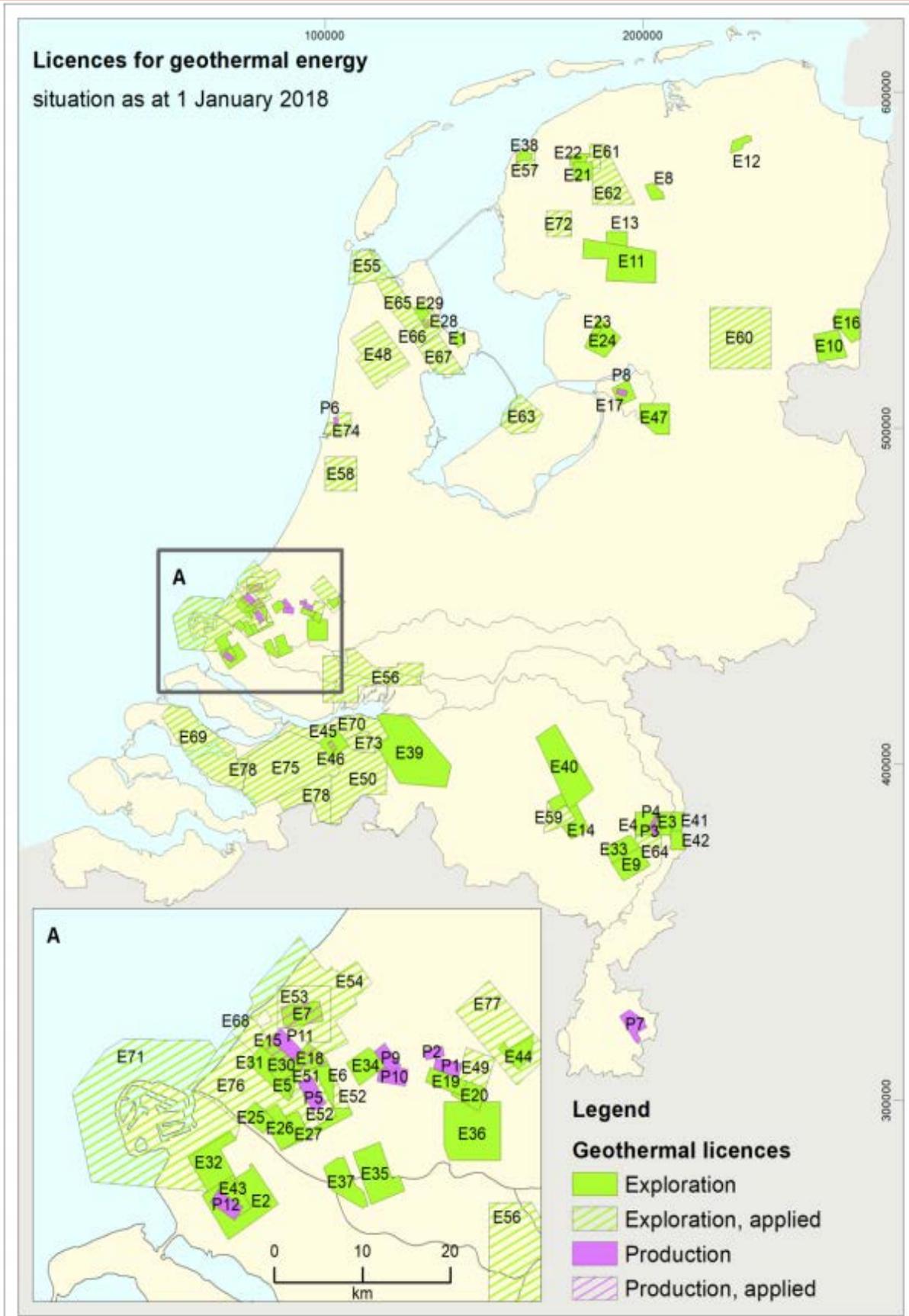


Figure 13.4. Annual production of geothermal energy (PJ/year).

Источник: Annual review 2017 Natural resources and geothermal energy in the Netherlands



Источник:

<http://www.thinkgeoenergy.com/planned-ban-on-natural-gas-providing-opportunities-for-geothermal-sector-in-the-netherlands/>

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В ЗДАНИЯХ

Применение теплового насоса в старом храме в г. Гданьск

Костел Святого Николая в Гданьске - самый старый храм в городе. Это здание, одно из важных свидетелей истории Гданьска, которое не было разрушено во время Второй мировой войны.

Однако доминиканская церковь - это не только история, но и современные решения. Успешно завершился проект, который позволит улучшить тепловой комфорт в храме, в то же время станет экологическим решением для окружающей среды.

Проект реализован при участии Воеводского фонда по охране окружающей среды и управлению водными ресурсами в Гданьске.

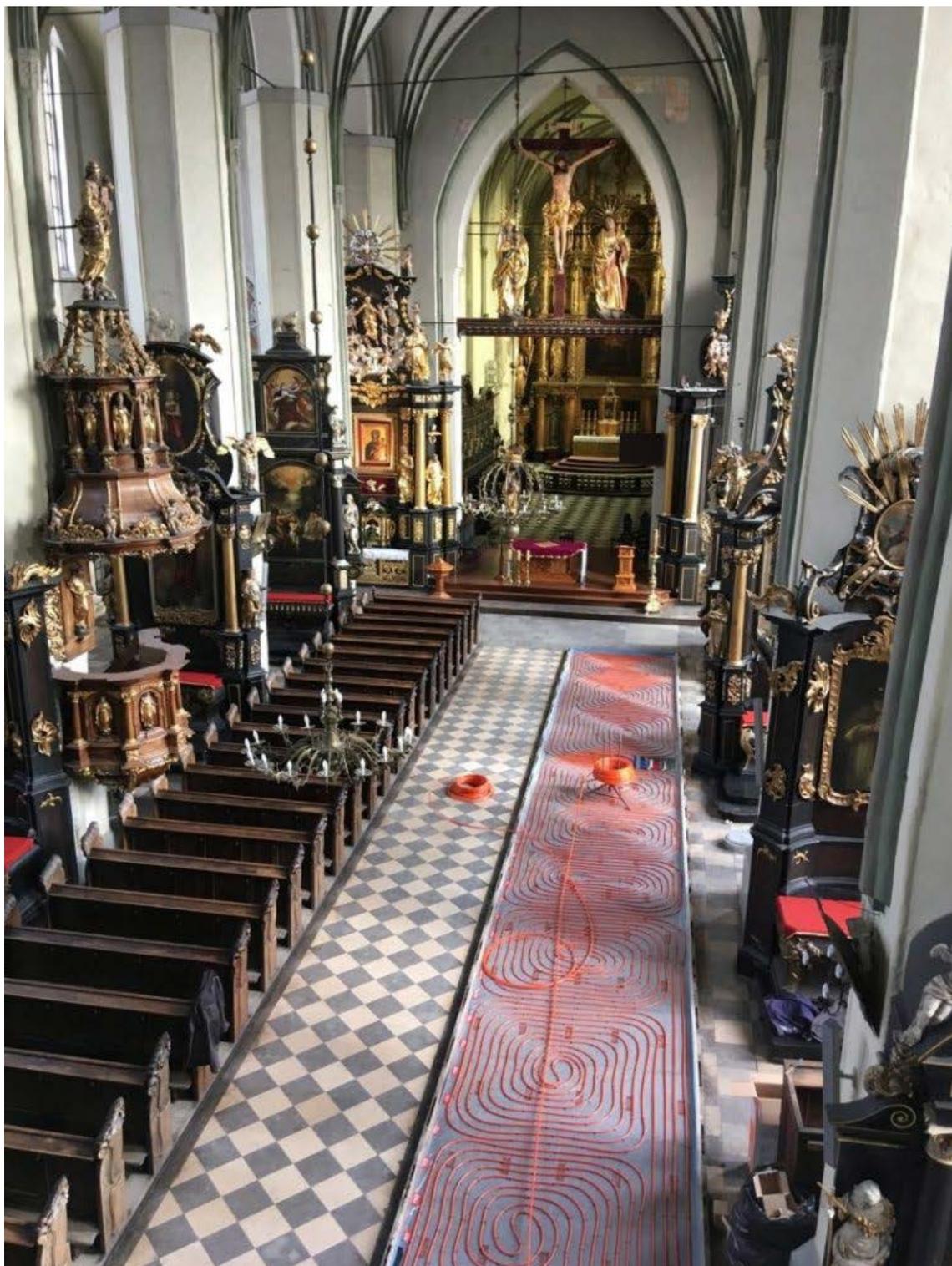
Старая система отопления, с использованием ископаемого топлива была неэффективной и ежегодно требовала все больших затрат. Кроме того, устаревшее отопление церкви оказало очень плохое воздействие на старинные картины и деревянную мебель в церкви.

В церкви установлен грунтовой тепловой насос мощностью 29 кВт. Благодаря этому был снижен выброс вредных веществ в атмосферу, таких как диоксид углерода, пыль, диоксид серы, оксиды азота или окись углерода. В то же время использование теплового насоса этой мощности позволяет извлекать из грунта и ежегодно передавать тепловой установке более 50 000 кВтч энергии из возобновляемых источников энергии.



Костел Святого Николая в Гданьске; источник: www.poznaj-swiat.pl

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В ЗДАНИЯХ



Стоимость всего проекта составила почти 190 000 злотых. Воеводский фонд по охране окружающей среды и управлению водными ресурсами в Гданьске предоставил кредит в размере 120 000 злотых.

В настоящее время экологический эффект в виде сокращения выбросов CO₂ составляет 15,410 т / год.

Система отопления предусматривает обогрев полов с полной автоматизацией.

Источник: <http://portpc.pl/najstarsza-swiatynia-w-gdansku-ogrzewana-gruntowa-pompa-ciepla/>

Центр

МОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Компания оказывает услуги по тепловизионному обследованию зданий собственникам: частных коттеджей, многоэтажных жилых зданий, общественных зданий, коммерческих и других промышленных объектов.



ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ



для жилых
зданий



для общественных
зданий



для промышленности
и городов

НОВАЯ
УСЛУГА

ЭКОНОМИЯ

НА ОТОПЛЕНИИ
И ОХЛАЖДЕНИИ



тел. (+380 61) 226 01 53
г. Запорожье, проспект Маяковского, 11

Теплонасосные системы теплохладоснабжения объектов Московского метрополитена



Статья опубликована в журнале “АВОК” за №1, 2018, №2, 2018
<https://www.abok.ru/>

Г. П. Васильев, доктор техн. наук, научный руководитель ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»,

В. Ф. Горнов, директор проектного отделения ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

П. В. Шапкин, коммерческий директор ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

М. И. Попов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

А. А. Бурмистров, начальник отдела АСУТП ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

Статья содержит результаты исследований, выполненных при финансовом участии Департамента градостроительной политики города Москвы и посвященных повышению энергетической эффективности объектов Московского метрополитена. В статье представлено обоснование возможности и экономической целесообразности создания объектов метрополитена с «нулевым» потреблением тепловой энергии от внешних источников теплоснабжения и оснащенных теплонасосными системами теплохладоснабжения, обеспечиваю-

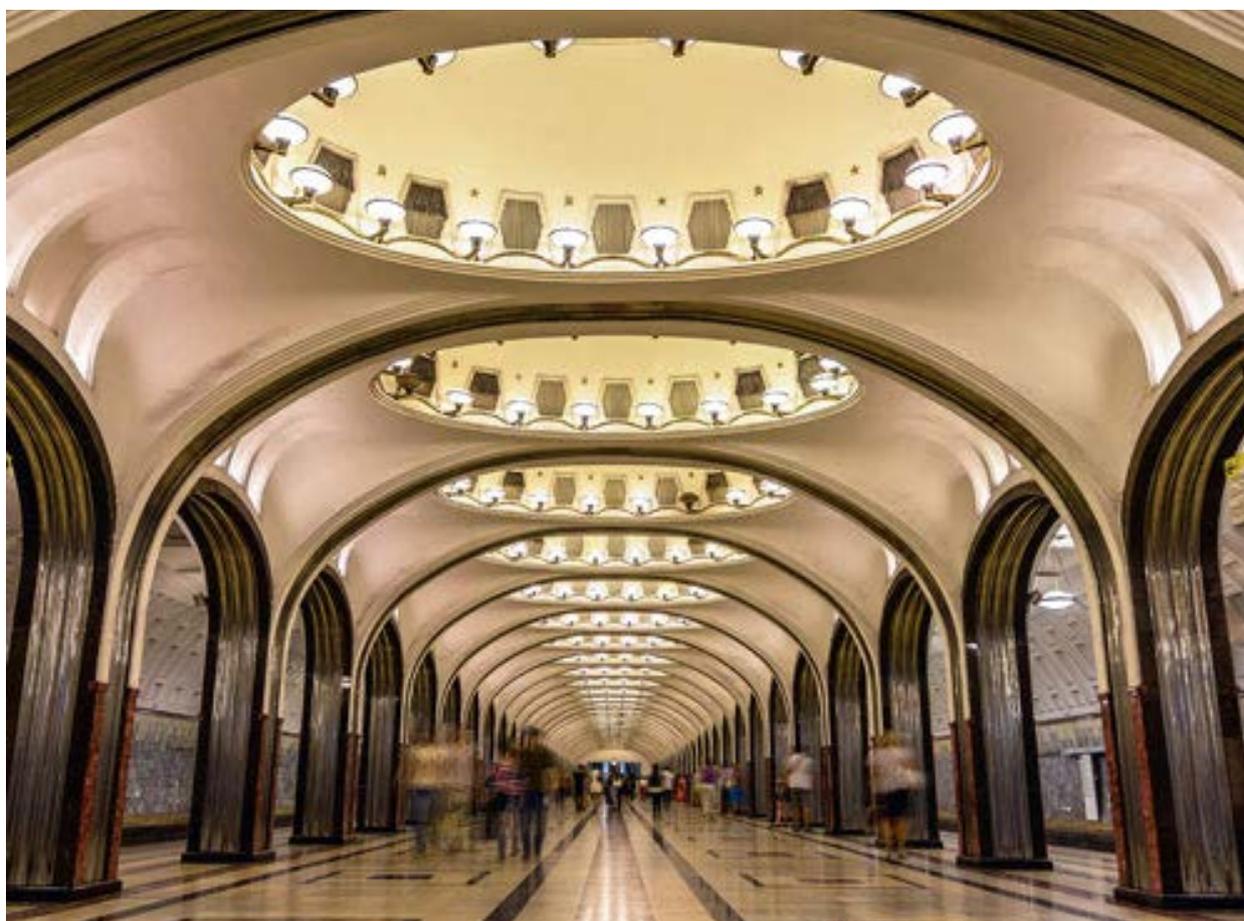
щими термостабилизацию и повышение комфортности внутреннего микроклимата на станциях и в вестибюлях метро. Предлагаемая в статье технология не только обеспечивает до 80 % экономии энергии, но и при существующих ценах на подключение к централизованным сетям теплоснабжения в большинстве случаев окупается уже на стадии строительства. Важным преимуществом технологий жизнеобеспечения, использующих тепловые насосы, является предоставляемая ими возможность стабилизации теплового режима и параметров внутреннего микроклимата на станциях и в вестибюлях метрополитена. Предложенные схемы применения теплонасосного оборудования позволяют его реверсировать в режим холодоснабжения, в котором в полном объеме обеспечиваются кондиционирование и контроль относительной влажности внутреннего воздуха в пассажирских и служебных помещениях станций и вестибюлей.

Часть 1

Введение

Проблема повышения комфортности теплового режима объектов метрополитена становится все более острой практически для всех крупных городов и мегаполисов. С ростом населения в крупных городах, соответственно, увеличиваются пассажиропотоки и нагрузки на инженерные системы метрополитена. Сегодня при эксплуатации подземных сооружений генерируется столько тепловой энергии, что ее достаточно, чтобы поднять температуру воздуха в тоннелях на 8-11 °С выше температуры окружающей среды [1]. Так, например, в Лондоне, где температура окружающей среды летом может достигать 30 °С и более, в поездах метрополитена зарегистрирована температура более 37 °С [2]. Очевидно, что комфорт для пассажиров в таких условиях обеспечить трудно.

Метрополитен сегодня является крупнейшим источником вторичных энерго-ресурсов на территории Москвы. Годовой расход электрической энергии на работу метрополитена составляет около 2 млрд кВт·ч. Кроме этого, с вытяжным воздухом удаляются и тепловыделения от пассажиров, ежегодный объем которых может быть оценен примерно в 0,15-0,17 млрд кВт·ч. Таким образом, Московский метрополитен ежегодно выбрасывает в окружающую среду около 2,2 млрд кВт·ч низкопотенциальной тепловой энергии. Очевидно, что при вторичном использовании этого количества энергии достаточно для покрытия в полном объеме всех собственных потребностей метрополитена в тепловой энергии. Для иллюстрации масштабов рассеиваемого сегодня в атмосфере города «сбросного» тепла метрополитена можно привести тот факт, что при его рациональном вторичном использовании можно практически полностью покрыть затраты на отопление и вентиляцию жилых домов площадью около 40 млн м².



ТЕХНОЛОГИИ

Важным аспектом проблемы повышения энергетической эффективности метрополитена является необходимость снижения «теплового загрязнения» городской среды. Уже сегодня температура воздуха в городе в жаркие дни на 3-5 °С превышает температуру воздуха в области, и заметный вклад в этот процесс вносит тепловое влияние метрополитена. Накапливающееся со временем тепловое «загрязнение» грунтовых массивов, окружающих тоннели метрополитена, не только создает определенные экологические проблемы, но и негативно влияет на тепловой режим тоннелей и станций. Если не предпринимать никаких действий, то в ближайшем будущем мы будем вынуждены удалять теплоизбытки только с помощью систем кондиционирования.

Параметры микроклимата пассажирских помещений Московского метрополитена обеспечиваются системой тоннельной вентиляции, которая спроектирована на основании действующего СП 120.13330.2012 «Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003». На основании положений этого нормативного документа тоннельная вентиляция спроектирована без устройств подогрева или охлаждения и подает в метрополитен воздух с наружными параметрами. При этом для подогрева воздуха в холодный период и охлаждения его в теплый используются теплоаккумулирующие свойства массива грунта в заобделочном пространстве тоннелей. Согласно упомянутому СП расчетная температура наружного воздуха в летний период для проектирования вентиляции Московского



Рисунок 1. Температуры внутреннего воздуха на станциях Московского метрополитена, наблюдавшиеся 28 июля 2010 года

метрополитена составляет 22,6 °С. При температурах наружного воздуха выше этой величины тоннельная вентиляция работает в нерасчетном режиме, поскольку система тоннельной вентиляции не имеет устройств охлаждения воздуха для работы в период высоких температур и температурный режим на станциях метрополитена напрямую зависит от температуры наружного воздуха, подаваемого с поверхности тоннельной вентиляцией.

В период высоких температур приходится прибегать к снижению объемов подачи наружного воздуха в дневное время во избежание перегрева станций и интенсивно вентилировать в ночное время, когда на поверхности относительно прохладно. Но как показывает практика, этих мероприятий недостаточно [3, 4]. Ситуация к тому же усугубляется наблюдающимся «потеплением климата» и увеличивающимся из года в год пассажиропотоком, которые вносят свой негативный вклад в дисбаланс теплового режима метрополитена. Как уже отмечалось, сегодня Московский метрополитен ежегодно расходует около 2 млрд кВт·ч. Кроме этого, важной составляющей теплового баланса метрополитена являются тепловые выделения от пассажиров. Вся эта энергия в конечном счете преобразуется в тепловую и рассеивается в окружающей среде: нагревает грунт, окружающий тоннели и станции метрополитена, и выбрасывается в атмосферу с вытяжным воздухом системы вентиляции. При этом нарушение теплового баланса метрополитена приводит к негативному влиянию на тепловой режим тоннелей и станций и к накапливаемому со временем «тепловому загрязнению» грунтовых массивов, окружающих тоннели и объекты метрополитена, которое, в свою очередь, приводит к снижению теплопотерь в грунт и «перегреву» внутреннего воздуха на станциях. Для иллюстрации этой ситуации на рис. 1 приведены температуры внутреннего воздуха на станциях Московского метрополитена, наблюдавшиеся 28 июля 2010 года при температуре наружного воздуха +36 °С.

Тепловой комфорт пассажиров

Среди публикаций, посвященных тепловому комфорту пассажиров в метрополитене, можно выделить четыре главные: публикации Паркера [5], Белла и Уотса [6], отчет 70180/1 [7] BSRIA и публикацию Окленда [8].

Паркер [5] представил результаты исследований, выполненных для американских условий. По Паркеру комфортному тепловому режиму соответствует эффективная температура 21,8 °С, обеспечивающая равные чувства теплового комфорта при температуре сухого термометра 23,3 °С и относительной влажности воздуха 70 %, а также при температуре сухого термометра 26,2 °С и 30 %-ной относительной влажности. Необходимо отметить, что результаты этого исследования справедливы для американских условий, для других стран оптимальные параметры комфортного режима могут меняться.

Исследования Белла и Уотса [6] дополнили исследования Паркера и уточнили пределы комфортного изменения подвижности воздуха, которые, по их мнению, должны находиться в диапазоне 0,05-0,15 м/с.

Отчет [7] BSRIA - результат проекта, начатого Департаментом по проблемам окружающей среды, транспорта и регионов (DETR) Великобритании, направленного на изучение качества окружающей среды в зданиях общественного транспорта. Отчет касается шести отдельных зданий общественного транспорта Великобритании. Они включают: две станции железнодорожных магистралей (одна из которых была защищенной станцией), один аэропорт, одна гавань и две станции метро Лондонского метрополитена. Только часть отчета [7] BSRIA касается двух станций метро Лондонского метрополитена: одна из них современная подземная станция метро (MUTS), а вторая - старая станция глубокого заложения (OUTS). Тепловой режим станций изучался в течение летних месяцев 2000-г. Для обеих

станций исследование теплового режима проводилось возле касс и на платформе. Основной вид деятельности, вовлеченный в методологию исследования, состоял в том, что в целевой области подземной станции метро интервьюер задавал представителю общественности серию вопросов относительно окружающей среды, а инженер BSRIA одновременно проводил физические измерения с тепловым оборудованием - анализатором комфорта.

Проведенные измерения показывали, что для MUTS было некоторое изменение скорости движения воздуха в течение периода исследований. Наблюдались некоторые пики скорости воздуха, и диапазон ее изменения находился между 0,1 и 0,5 м/с. Приблизительно 40 % времени скорость воздуха была ниже 0,2 м/с, в 98 % - ниже 0,35 м/с и приблизительно в 5 % - ниже 0,1 м/с. Для OUTS было также некоторое изменение воздушной скорости, измеренной во время контроля. Наблюдались пики в течение этого времени в диапазоне от 0,1 до 0,5 м/с. Скорость воздуха была ниже 0,2 м/с в течение эксперимента приблизительно в 10 % времени, но ниже 0,35 м/с в течение приблизительно 98 % времени.

Для MUTS 96 % пассажиров нашли, что температура была подходящей, а для остальных 4 % было слишком тепло. Для 63 % пассажиров OUTS было слишком тепло, а 36 % отметили условия приемлемыми. Для MUTS 91 % пользователей воспринимал уровни влажности приемлемыми, для 5 % пассажиров было очень сухо, а для 4 % было слишком влажно. При сравнении всего 40 % пользователей OUTS нашли, что уровни влажности были подходящими, 51 % назвали слишком влажными, остальные 9 % - слишком сухими.

В целом ожидаемые значения теплового самочувствия пассажиров соответствовали их реальным ощущениям. В случаях, когда окружающая среда для пассажиров была слишком теплой, PMV* предсказал, что люди будут чувствовать себя теплее, а в случаях, когда окружающая среда

была слишком прохладна, предсказание соответствовало этому вполне удачно.

В дополнение Лондонский метрополитен выполнил исследование теплового комфорта в поездах [8]. Исследования показали, что, кроме очевидного фактора - температуры, есть несколько дополнительных факторов, которые определяют тепловой комфорт пассажиров поезда. Прежде всего это относительная влажность воздуха. Низкая влажность воздуха (ниже приблизительно 30 %-й относительной влажности) будет сушить слизистую оболочку носа, глаза и горло, а также позволять пыли циркулировать. Пыль в воздухе может привести к проблемам с горлом/грудной клеткой, к воспалению глаз, носа и т. д. Высокая влажность ощущается как более теплый воздух и заставляет людей потеть.

Также очень важно качество воздуха в вагонах. Желательно не иметь в вагоне открытых окон, а оснащать их системой вентиляции: в открытые окна попадают пыль, твердые примеси, теплый воздух из тоннелей.

Плотность числа пассажиров в вагоне поезда может изменяться значительно. Средства управления тепловыми условиями и условиями качества воздуха вагона должны быть в состоянии приспособиться к этим изменениям. Исследование показало, что самыми чувствительными для пассажиров являются теплые потолки. Поезда имеют низкие металлические крыши, и пассажиры должны стоять в течение значительных отрезков времени, ощущая неудобство от теплых потолков.

В работах Чоу [9, 10] были исследованы критерии вентиляции, обеспечивающей низкое содержание в воздухе диоксида углерода в поездах метрополитена Гонконга. Для приемлемого качества воздуха в вагоне поезда, по мнению исследователей, концентрация углекислого газа должна быть не выше 0,1 %. Согласно стандартам ASHRAE 62-1989 на венти-

ляцию по приемлемому качеству воздуха в помещении [11, 12] интенсивность подачи приточного воздуха должна составлять 8,0 л/с (28,8 м³/ч) на человека. Эти объемы воздуха рекомендуются для вагонов, платформ и станционных пространств. Необходимый объем приточной вентиляции на человека V_p может быть определен исходя из отношения уровня углекислого газа в вагоне к внешнему атмосферному уровню концентрации.

Выполненный авторами данной статьи анализ опубликованных результатов исследований, посвященных тепловому комфорту микроклимата объектов Московского метрополитена, показал, что в качестве приемлемых предельных параметров теплового комфорта микроклимата в летнее время в метро можно ориентироваться на температуру сухого термометра 28 °С, относительную влажность воздуха 70 % и скорость движения воздуха 0,15 м/с.

В летний период (с 20 июня по 20 июля 2017 г.) авторами настоящей статьи были проведены натурные исследования параметров внутреннего микроклимата на 27 станциях Московского метрополитена.

Замеры параметров микроклимата - температуры и влажности - производились при температуре наружного воздуха от 20 до 30 °С. На каждой станции были произведены замеры как минимум за три дня в течение двух летних месяцев с разным температурным режимом наружного воздуха: I - до 23 °С, II - от 23 до 26 °С, III - выше 26 °С, в разное время суток: утром (с 8 до 12 ч), днем (с 12 до 18 ч), вечером (с 18 до 22 ч).

Измерения проводились с помощью гигрохроноров iButton DS1923-F5, фиксирующих температуру и влажность с частотой две минуты. Гигрохроны закреплялись на сумке участника эксперимента, исключая контакт с телом человека. Участник эксперимента находился на каждой станции не менее 15 минут, осуществляя круговой обход станции

вдоль левой и правой платформ и по всей длине зала станции (левая и правая платформы определяются произвольно).

Обследуемые станции были подобраны по следующим критериям:

- повышенный температурный режим в предыдущие годы,
- ранжирование по глубине залегания (не менее двух станций в каждом ранге),
- присутствие в списке кольцевых, радиальных и пересадочных станций.

Список станций с указанием года постройки и глубины заложения, на которых проводились измерения, и результаты измерений приведены в табл.1. На платформе станций измерялись следующие параметры микроклимата:

- температура воздуха,
- относительная влажность воздуха,
- уровень содержания CO₂.

На каждой станции проводилось около 10 измерений.

- средняя и максимальная температура наружного воздуха за период измерения;
- средняя температура воздуха на станции для периодов: утро, день, вечер и сутки;
- максимальная температура воздуха на станции;
- температура на станции, приведенная к базовым значениям наружной температуры;
- среднее и максимальное значения относительной влажности воздуха на станции;
- среднее значение содержания CO₂ в воздухе станции.

Таблица 1
Результаты измерений параметров микроклимата на станциях метрополитена в период с 20.06 по 20.07 2017 г.

№ п/п	Название станции	Год постройки	Глубина заложения, м	Температура на улице, °С,	Температура на станции, °С,	Относительная влажность воздуха, %,	CO ₂ , ppm
				max	max	max	
1	2	4	5	7	12	15	16
1	«Кропоткинская»	1935	13	26,9	28,3	55	580
2	«Охотный ряд»	1935	15	26,9	28,5	60	750
3	«Тверская»	1979	42	26,9	29,6	56	710
4	«Сокол»	1938	9,6	27,5	28,8	63	790
5	«Новокузнецкая»	1943	37,5	26,9	28,0	62	660
6	«Аэропорт»	1938	10	27,5	28,5	63	600
7	«Коломенская»	1969	9	26,9	29,3	74	600
8	«Пушкинская»	1975	51	26,9	29,4	58	680
9	«Кузьминки»	1966	8	26,9	29,8	64	660
10	«Белорусская»	1952	42,5	26,9	26,3	66	Н/д
11	«Новослободская»	1952	40	26,9	27,3	65	Н/д
12	«Таганская»	1966	36	26,9	25,4	67	Н/д
13	«Киевская» (кольцевая)	1954	48	24,9	26,6	65	Н/д
14	«Добрынинская»	1950	35,5	26,9	26,5	63	Н/д
15	«Ленинский проспект»	1962	16	24,9	28,5	59	560
16	«Чеховская»	1987	62	27,8	29,5	62	Н/д
17	«Выставочная»	2005	25	26,0	24,0	69	Н/д
18	«Киевская» (Филевская линия)	1937	8,7	27,8	28,4	60	Н/д
19	«Киевская» (Арбатско-Покровская линия)	1953	38	26,9	24,9	65	Н/д
20	«Площадь Революции»	1938	33,6	26,9	27,0	69	Н/д
21	«Парк Победы»	2003	73,6	27,5	25,3	72	590
22	«Октябрьская»	1950	40	24,5	25,7	54	Н/д
23	«Арбатская»	1953	41	24,7	27,6	54	Н/д
24	«Проспект мира»	1952	40	22,9	24,8	54	Н/д
25	«ВДНХ»	1958	53,5	22,9	26,8	56	Н/д
26	«Преображенская Площадь»	1965	8	24,7	27,0	46	Н/д
27	«Пионерская»	1961	0	24,5	29,0	49	Н/д

Список станций с указанием года постройки и глубины заложения, на которых проводились измерения, и результаты измерений приведены в табл. 1. На платформе станций измерялись следующие параметры микроклимата:

- температура воздуха,
- относительная влажность воздуха,
- уровень содержания CO₂.

На каждой станции проводилось около 10 измерений.

- средняя и максимальная температура наружного воздуха за период измерения;
- средняя температура воздуха на станции для периодов: утро, день, вечер и сутки;
- максимальная температура воздуха на станции;
- температура на станции, приведенная к базовым значениям наружной температуры;
- среднее и максимальное значения относительной влажности воздуха на станции;
- среднее значение содержания CO₂ в воздухе станции.

Анализ данных из табл. 1 позволяет сделать следующие выводы:

1. Изменение температуры на станции по времени суток имеет в среднем тенденцию к росту от утра к вечеру, хотя можно выделить три типовых графика суточного изменения температуры на станции, которые будут рассмотрены ниже.

2. Средняя температура на станциях метро (из выборки) составила 26,3 °С при средней дневной температуре 24,2 °С, т. е. превышает наружную температуру воздуха примерно на 9 %.

3. Превышение максимально допустимой температуры отмечено примерно на 45 % станций (из выборки).

4. Относительная влажность воздуха превышает комфортные условия (40-60 %), но находится в допустимых пределах и не превышает 74 % (предельное допустимое значение 75 %).

5. Содержание CO₂ превышает комфортные значения.

Аналогичные исследования параметров микроклимата в вагонах поездов метрополитена, проведенные в тот же период, показали:

- средняя температура в вагонах метро (из выборки) составила 27,5 °С при средней дневной температуре 24,5 °С, т. е. превышает наружную температуру воздуха примерно на 12 % и выше средней температуры на станциях примерно на 5 %;
- среднее содержание CO₂ в вагонах метро выше, чем на станциях, примерно на 30 % и составляет около 840 ppm. Максимальное зарегистрированное значение составило 1100 ppm.

При этом необходимо отметить, что внешние климатические условия во время проведения измерений были далеки от экстремальных.

Особенности теплового режима грунта, окружающего подземные сооружения метрополитена

Рассмотрим основные физические процессы, протекающие в грунтовом массиве, окружающем тоннели и станции метрополитена в период их эксплуатации, и оказывающие существенное влияние на формирование их теплового режима.

Грунтовый массив, окружающий подземное сооружение, независимо от того, в каком состоянии он находится (в мерзлом

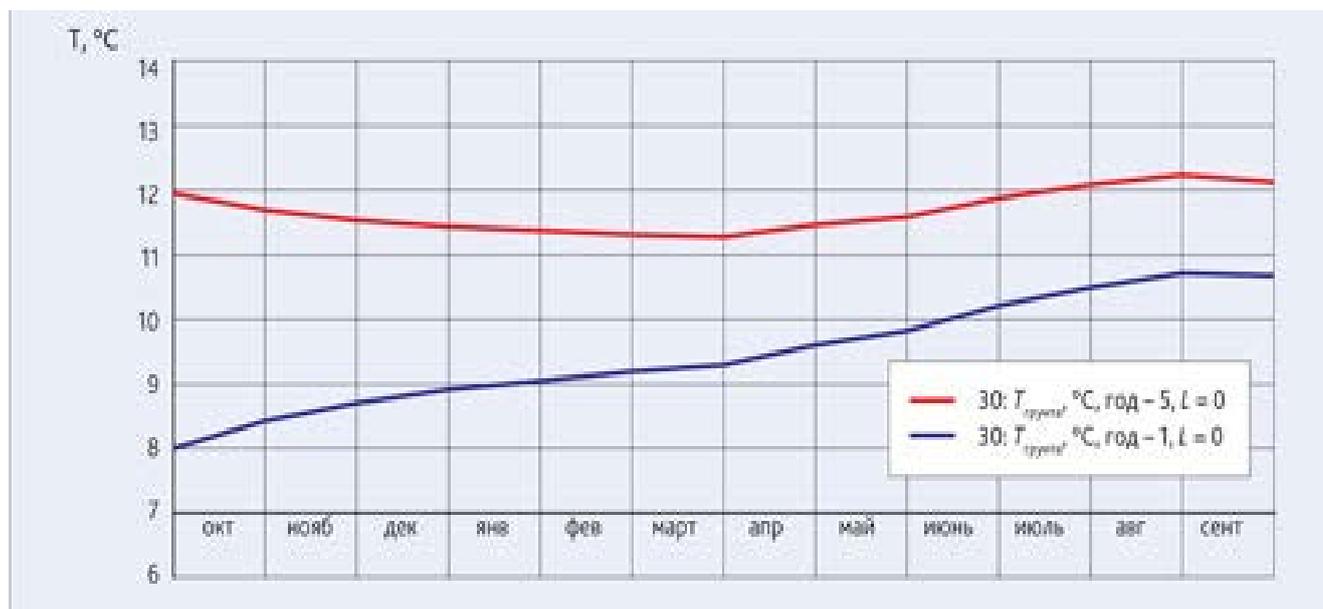


Рисунок 2.

Температура грунта на контакте с тоннелем в первый (синий график) и пятый (красный график) годы эксплуатации

или талом), представляет собой сложную трехфазную полидисперсную гетерогенную систему, скелет которой образован огромным количеством твердых частиц разнообразных формы и величины и может быть как жестким, так и подвижным в зависимости от того, прочно ли связаны между собой частицы или же они отделены друг от друга веществом в подвижной фазе. Промежутки между твердыми частицами могут быть заполнены минерализованной влагой, газом, паром и льдом или тем и другим одновременно. Моделирование процессов теплопереноса, формирующих тепловой режим такой многокомпонентной системы, представляет собой чрезвычайно сложную задачу, поскольку требует учета и математического описания разнообразных механизмов их осуществления: теплопроводности в отдельной частице, теплопередачи от одной частицы к другой при их контакте, молекулярной теплопроводности в среде, заполняющей промежутки между частицами, конвекции пара и влаги, содержащихся в поровом пространстве, и многих других.

Среди факторов, существенно влияющих на формирование теплового режима грунтового массива и обуславливающих его особенности как объекта моделирования, следует особо выделить тепловое воздействие подземного сооружения, вызываемое эксплуатационными нагрузками объекта метрополитена. В процессе эксплуатации «сброс» тепловой энергии в грунтовой массив может вызвать значительные изменения хода его (грунта) температур в годовом цикле по сравнению с аналогичным массивом ненарушенного грунта в естественном состоянии и приводит, как правило, к сложной конфигурации изотермических поверхностей в грунте. Этот момент осложняется еще и тем обстоятельством, что градиенты температуры в толще массива хотя и невелики, но соизмеримы во всех направлениях, что, в свою очередь, заставляет отказаться от использования линейных или плоских моделей теплового режима и приводит к необходимости построения сложной пространственной математической модели, учитывающей процессы изменения температурных полей по всем трем координатным осям.

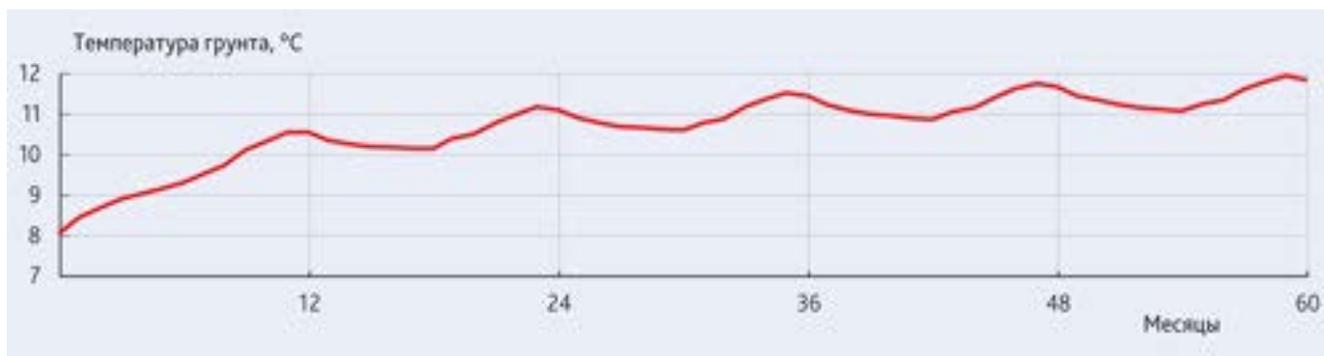


Рисунок 3.

Температура грунта, контактирующего с тоннелем, в первые пять лет эксплуатации

К характерным особенностям теплового режима систем теплосбора как объекта моделирования также следует отнести и так называемую «информативную неопределенность» математических моделей [11], описывающих подобные процессы, или, иначе говоря, отсутствие достоверной информации о воздействиях на систему окружающей среды (атмосферы и массива грунта, находящихся вне зоны теплового влияния изучаемого объекта), и чрезвычайную сложность их аппроксимации. Действительно, если аппроксимация воздействий на систему наружного климата хотя и сложна, но все же при определенных затратах «машинного времени» и использовании существующих моделей (например, «типового климатического года») может быть реализована, то проблема учета в модели влияния на систему атмосферных воздействий (роса, туман, дождь, снег и т. д.), а также аппроксимация теплового влияния на грунтовый массив подстилающих и окружающих его слоев грунта на сегодняшний день практически неразрешима и могла бы составить предмет отдельных исследований. Так, например, малая изученность процессов формирования фильтрационных потоков грунтовых вод, их скоростного режима, а также невозможность получения достоверной информации о тепловлажностном режиме слоев грунта, находящихся ниже зоны теплового влияния изучаемого объекта, значительно усложняют задачу построения корректной математической модели теплового режима грунтового массива, окружающего подземное сооружение.

Перечисленные выше характерные особенности теплового режима грунтовых массивов, окружающих подземные объекты метрополитена, значительно усложняют задачу построения его математических моделей. В связи с этим для достижения возможности построения подобных математических моделей, адекватных реальным физическим процессам, в ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» был разработан метод математического моделирования теплового режима грунта с источниками/стоками тепла [12-14], позволяющий в определенной мере преодолеть трудности на пути создания корректных моделей теплового режима подземных сооружений метрополитена и использование которого при построении математических моделей теплового режима подземных сооружений позволяет обойти трудности, связанные с аппроксимацией внешних воздействий на систему. Определенным преимуществом метода по сравнению с традиционным подходом к моделированию тепловых процессов, протекающих в подобных системах, является использование в модели экспериментально полученной информации о естественном тепловом режиме грунта, позволяющее частично учесть весь комплекс факторов (таких как наличие грунтовых вод, их скоростной и тепловой режимы, структура и расположение слоев грунта, «тепловой» фон Земли, атмосферные осадки, фазовые превращения влаги в поровом пространстве и многих других), существеннейшим образом влияющих на формирование теплового режима подземного сооружения, совместный учет кото-

рых в строгой постановке задачи на сегодняшний день практически невозможен.

На рис. 2, 3 представлены результаты моделирования теплового режима тоннеля метрополитена при его многолетней эксплуатации в песчаном грунте. Из зависимостей, представленных на рис. 2, 3, видно, что в течение первых лет эксплуатации тепловое влияние тоннеля вызывает активное изменение естественного теплового режима грунта (естественная температура грунта 8°C), а начиная с пятого года эксплуатации, грунт выходит на «квази-становившийся» периодический режим, и дальнейшая эксплуатация тоннеля не вызывает существенных его изменений. Это обстоятельство обязательно должно учитываться при проектировании подземных объектов метрополитена [15, 16].

Литература

1. An air conditioning study of the New York City transit system. New York: New York City Transit Authority, 1968. Part I.
2. Evening Standard. West End Final. Tuesday 15 July 2003. London, 2003.
3. Annual Report. TMB, Metro de Barcelona. Barcelona, 2010.
4. Ballesteros-Tajadura R., Santolaria-Morros C., Blanco-Marigorta E. Influence of the slope in the ventilation semi-transversal system of an urban tunnel // Tunnel. Underground Sp. Technol. - 2006. - V. 21 (1). - P. 21-28.
5. Parker J. C. Air-conditioning related to passenger environment, C32/72. Railway Division Conference on Passenger Environment. IMechE, 1972. P. 58-63.
6. Bell C R., Watts A. J. Thermal limits for industrial workers // Br. J. Ind. Med. - 1971. - V. 28. - P. 259-264.
7. Booth W. B., Galliers S. D. Quality environments for public transport buildings, BSRIA report, DETR ref. no. CI 38/6/160, ref. no. SS70180, 2001.
8. Oakland Innovation and Information Services Ltd., 18 Cambridge Science Park, Milton Road, Cambridge, CB4 0FH, Thermal comfort on trains. Cambridge, 2002.
9. Chow W. K. Ventilation of enclosed train compartments in Hong Kong // Appl. Energy. - 2002. - V. 71. - P. 161-170.
10. Chow W. K., Yu P. C. H. Simulation on energy use for mechanical ventilation and air conditioning (MVAC) systems in train compartments // Energy. - 2000. - V. 25. - P. 1-13.
11. Ampofo F., Maidment G., Missenden J. Underground railway environment in the UK. Part 2. Investigation of heat load // Appl. Therm. Engineering. - 2004. - V. 24. - P. 633-645.
12. Васильев Г. П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения // Теплоэнергетика. - 2004. - № 6. - С. 33-41.
13. Васильев Г. П., Тимофеев Н. А. Энергетический потенциал вентиляционных выбросов жилых зданий в Москве // АВОК. - 2010. - № 1. - С. 24-32.
14. Vasilyev G. P., Peskov N. V., Gornov V. F. et al. Specifics of Mathematical Simulation and the Method of Modeling for Subway Tunnels Thermal Conditions // Appl. Mechan. Mat. - 2015. - V. 704. - P. 85-92.
15. Васильев Г. П. Результаты натуральных исследований теплового режима экспериментального энергоэффективного дома // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2002. - № 6. - С. 3.
16. Васильев Г. П., Горнов В. Ф., Колесова М. В. И др. Теплонасосы в московском метро // Энергия: экономика, техника, экология. - 2016. - № 2. - С. 54-59.

Источник : <https://www.abok.ru/forum/spec/articles.php?nid=6836>

Часть 2

Предпосылки для использования теплонасосных систем на объектах Московского метрополитена

Численные эксперименты по прогнозу теплового поведения подземных объектов Московского метрополитена показывают, что при многолетней эксплуатации, имеющих сегодня место пассажиропотоках и применяемых технологиях вентиляции метрополитена обеспечение в тоннелях и на станциях нормативных параметров микроклимата физически невозможно (рис. 4). Как показывают расчеты, многолетняя эксплуатация Московского метрополитена при сохранении неизменными существующие технологии вентиляции на временном горизонте 30 лет в жаркое время года приведет к ненормативному увеличению температур внутреннего воздуха в тоннелях до 42 °С к 10-му году эксплуатации и до 47 °С к 30-му году эксплуатации, а на станциях - до 34 и 42 °С соответственно.

Важно отметить, что при проведении численных экспериментов все имеющиеся информативные неопределенности в исходных данных трактовались «в пользу» применения существующих технологий. Так, например, в расчетах допускались отрицательные температуры внутреннего воздуха в тоннеле и окружающих слоях грунта без снижения объемов подачи приточного воздуха, чего в действительности не допускается, вследствие чего снижается возможность аккумуляции холода в грунте в зимнее время года [17].

Результаты численных экспериментов показывают, что дальнейшая многолетняя эксплуатация Московского метрополитена без подогрева приточного воздуха системы вентиляции в зимнее время года и охлаждения в жаркое время года недопустима. Физически невозможно обеспечить нормируемые и безопасные для пассажиров параметры микроклимата в пассажирском пространстве без модернизации применяемых технологий вентилирования



Рисунок 4.

Прогноз изменения температуры внутреннего воздуха на станциях метрополитена при сохранении применяемых технологий вентиляции и условия обеспечения нормативного воздухообмена

подземных сооружений. Важно отметить, что с увеличением пассажиропотоков в Московском метрополитене эта ситуация будет только усугубляться. Кроме того, негативное влияние на ситуацию оказывают наблюдающиеся в Москве тренды повышения температур наружного воздуха и температур грунта, окружающего подземные объекты метрополитена. Неучет этих обстоятельств может в ближайшем будущем при наступлении жаркого лета (близкого к 2010 году) привести к тепловому коллапсу в Московском метрополитене.

Применяемые сегодня устаревшие технологии обеспечения микроклимата на подземных объектах Московского метрополитена не могут поддерживать значения параметров микроклимата на нормативном и безопасном для пассажиров уровне. Эта ситуация негативно отражается на конкурентоспособности общественного транспорта Москвы в целом и метрополитена в частности, что, в свою очередь, может нанести серьезный ущерб политике Правительства Москвы по существенному увеличению доли общественного городского транспорта в пассажиропотоке города.

Эксплуатация подземных объектов метрополитена и связанные с ним сброс/потребление тепловой энергии из грунтового массива к концу отопительного сезона вызывают понижение температуры окружающего массива грунта, а к концу жаркого периода года его повышение. При этом, как показывают численные эксперименты, в геоклиматических условиях города Москвы его нагрев в летний период года не успевает компенсироваться в течение отопительного сезона, и к началу следующего отопительного сезона грунт выходит с повышенным температурным потенциалом. Потребление и сброс тепловой энергии в грунт в течение следующего года вызывают дальнейшее повышение температуры грунта, и к началу третьего отопительного сезона его температурный потенциал под воздействием эксплуатационных тепловыделений от поездов и пассажиропотоков еще увеличивается и

все больше отличается от естественного. И так далее. Отметим, что огибающие теплового влияния многолетней эксплуатации метрополитена на естественный температурный режим грунта имеют ярко выраженный экспоненциальный характер, и к пятому году эксплуатации грунт выходит на новый режим, близкий к периодическому. То есть, начиная с пятого года, многолетнее эксплуатационное влияние метрополитена на окружающий грунтовой массив сопровождается периодическими изменениями его (грунтового массива) температуры. Поэтому при проектировании подземных объектов метрополитена и определении энергетических нагрузок на его климатические системы необходимо учитывать изменение (увеличение) температур окружающего грунтового массива, вызванное многолетней эксплуатацией метрополитена, и использовать в качестве расчетных параметров и температур грунтового массива параметры и температуры грунта, ожидаемые не менее чем на пятый год эксплуатации проектируемого подземного объекта метрополитена [18-19].

За отопительный период года с вытяжным воздухом системы вентиляции Московского метрополитена в атмосферу города с 1 км двухпутной линии «выбрасывается» около 6900 МВт·ч тепловой энергии. При вторичном использовании этой энергии с помощью теплонасосных систем теплоснабжения возможно обеспечить отопление 125 тыс. м² жилых домов. Если пересчитать на общую длину линий Московского метрополитена, то за счет вторичного использования «сброшенного тепла» его вентиляционных выбросов можно отопить 37,5 млн м² жилья.

Предпочтительной технологией повышения энергоэффективности и улучшения микроклимата на подземных объектах Московского метрополитена является рекуперация «сброшенного» тепла/холода вытяжного воздуха в вытяжных вентиляционных шахтах и подогрев/охлаждение приточного воздуха в приточных вентиляционных шахтах с включением в незамерзающий

ТЕХНОЛОГИИ

гидравлический контур рекуперации теплонасосного оборудования (рис. 5).

Схема предусматривает 30 %-ную рекуперацию теплоты вытяжного воздуха в зимнее время года и 15 %-ную рекуперацию «холода», удаляемого с вытяжным воздухом, в жаркое время года. Более предпочтительным является одноступенчатый вариант реализации схемы. В этом варианте конденсатор теплового насоса непосредственно встроен в гидравлический контур по ходу теплоносителя перед теплообменником, нагревающим приточный воздух, а испаритель - после него, перед теплообменником, охлаждающим

вытяжной воздух. В жаркое время года теплонасосное оборудование реверсируется и охлаждает приточный воздух, а «сброс» избыточного тепла осуществляется через теплообменник, встроенный в вытяжную вентиляционную шахту. Схема рекуперации позволяет обеспечивать норму концентрации CO₂ в воздухе тоннеля и круглогодично подавать расчетное количество свежего приточного воздуха в тоннель, не опасаясь отрицательных или чрезмерно высоких температур.

Результаты численных экспериментов показывают, что применение теплонасосных систем теплоснабжения по

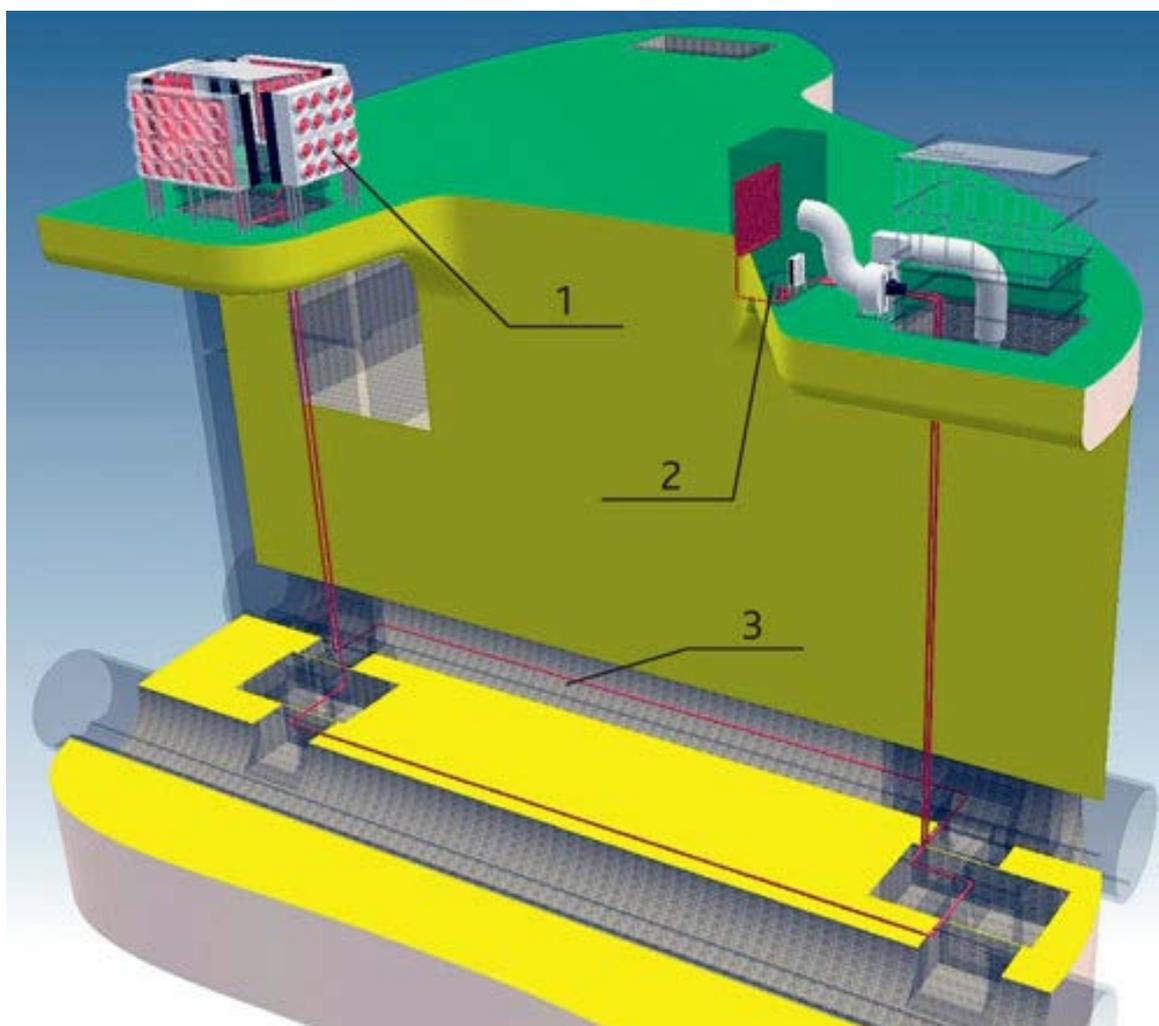


Рисунок 5.

Иллюстрация предлагаемого схемного решения теплонасосной системы рекуперации и утилизации теплоты вытяжного воздуха системы вентиляции метрополитена: 1 - блок утилизации вытяжного воздуха в наружном исполнении; 2 - блок подогрева приточного воздуха; 3 - тоннели метрополитена и трубопроводы, соединяющие блоки

Рисунок 6. ТНП станции «Саларьево»



рассмотренной схеме обеспечивает термостабилизацию параметров микроклимата на уровне, практически исключая изменение теплового режима окружающего подземные сооружения грунтового массива под действием многолетней эксплуатации метрополитена. При этом по сравнению с традиционными технологиями нагрева и охлаждения приточного воздуха обеспечиваются 72 %-ная экономия энергии в отопительный период и 15 %-ная экономия энергии в период охлаждения (кондиционирования). Сроки окупаемости дополнительных капитальных вложений, в зависимости от темпов ежегодного роста тарифов, составляют от 5 до 14 лет. Здесь важно отметить, что удельный вес удорожания строительства в общем объеме инвестиций составляет менее 0,4 %.

Натурная апробация теплонасосной системы теплоснабжения экспериментального станционного комплекса «Саларьево»

В 2017 году была введена в опытную эксплуатацию первая в России экспериментальная теплонасосная система теплоснабжения (ТСТ) станционного комплекса метрополитена, использующая низкопотенциальное тепло вентиляционных выбросов. ТСТ была смонтирована АО «МОСИНЖПРОЕКТ» по

Таблица 2

Основные проектные характеристики теплогенерирующего оборудования ТНП-1 и ТНП-2 станции «Саларьево»

№	Наименование параметра	Величина
1	Теплонасосная установка INSOLARH-H-Rsj-45T3N, единиц	2
2	Теплопроизводительность теплонасосных установок (ТНУ) на расчетном режиме, кВт	85
3	Холодопроизводительность теплонасосных установок (ТНУ) на расчетном режиме, кВт	32,6
4	Температура подачи в систему отопления, °С	60
5	Источник низкопотенциальной энергии	Воздух в тоннеле
6	Резервный источник теплоснабжения – электродкотел, кВт	99
7	Суммарная электрическая установленная мощность теплового узла (без учета мощности электродкотла), кВт	55

технологии ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ». Фотография одного из теплонасосных пунктов (ТНП) станции представлена на рис. 6.

Основные проектные характеристики теплонасосных тепловых пунктов ТНП 1 и ТНП 2 станции «Саларьево» приведены в табл. 2.

При проведении пусконаладочных испытаний ТНП-1 и ТНП-2 были оснащены контрольно-измерительным оборудованием, обеспечивающим проведение полностью автоматизированного круглосуточного мониторинга основных пока-

ТЕХНОЛОГИИ

зателей и режимных параметров ТНП в целом и теплонасосного оборудования в частности. Мнемосхема удаленного мониторинга эксплуатационных параметров ТНП-2 станции метро «Саларьево» представлена на рис. 7, а результаты мониторинга в графическом виде - на рис. 8, 9.

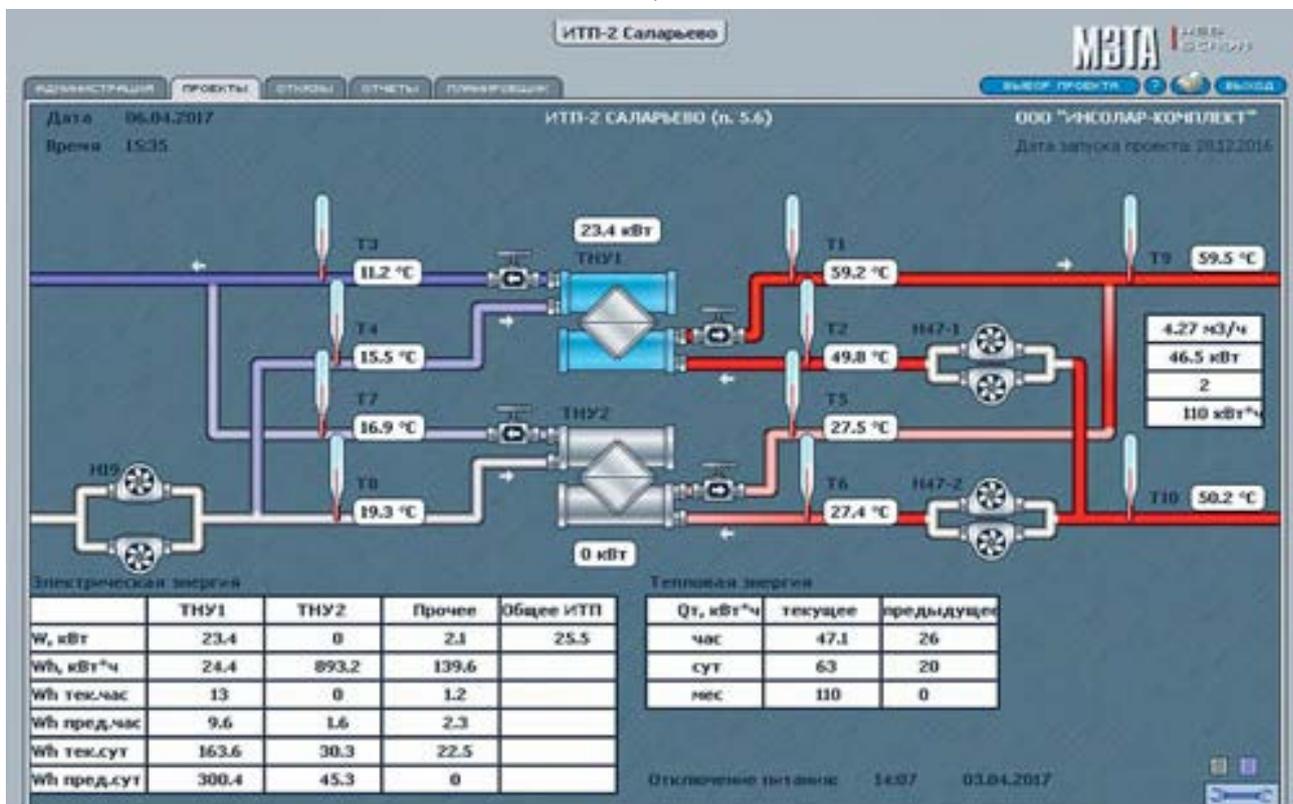


Рисунок 7.

Мнемосхема удаленного мониторинга ТНП-2 станции метро «Саларьево»

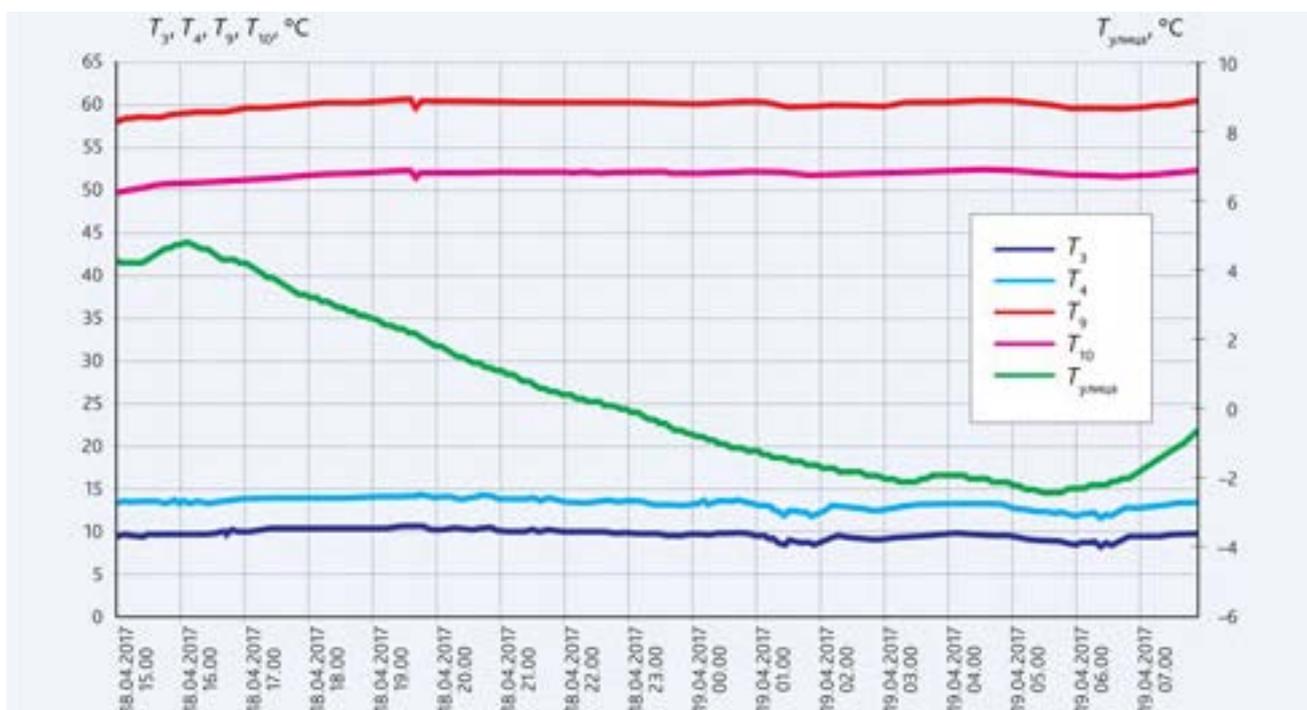


Рисунок 8.

Эксплуатационные показатели теплонасосной установки (температуры): T_9 - температура теплоносителя на подаче в систему отопления, T_{10} - температура теплоносителя из системы отопления, T_4 - температура антифриза из градирни, T_3 - температура антифриза на подаче в градирню

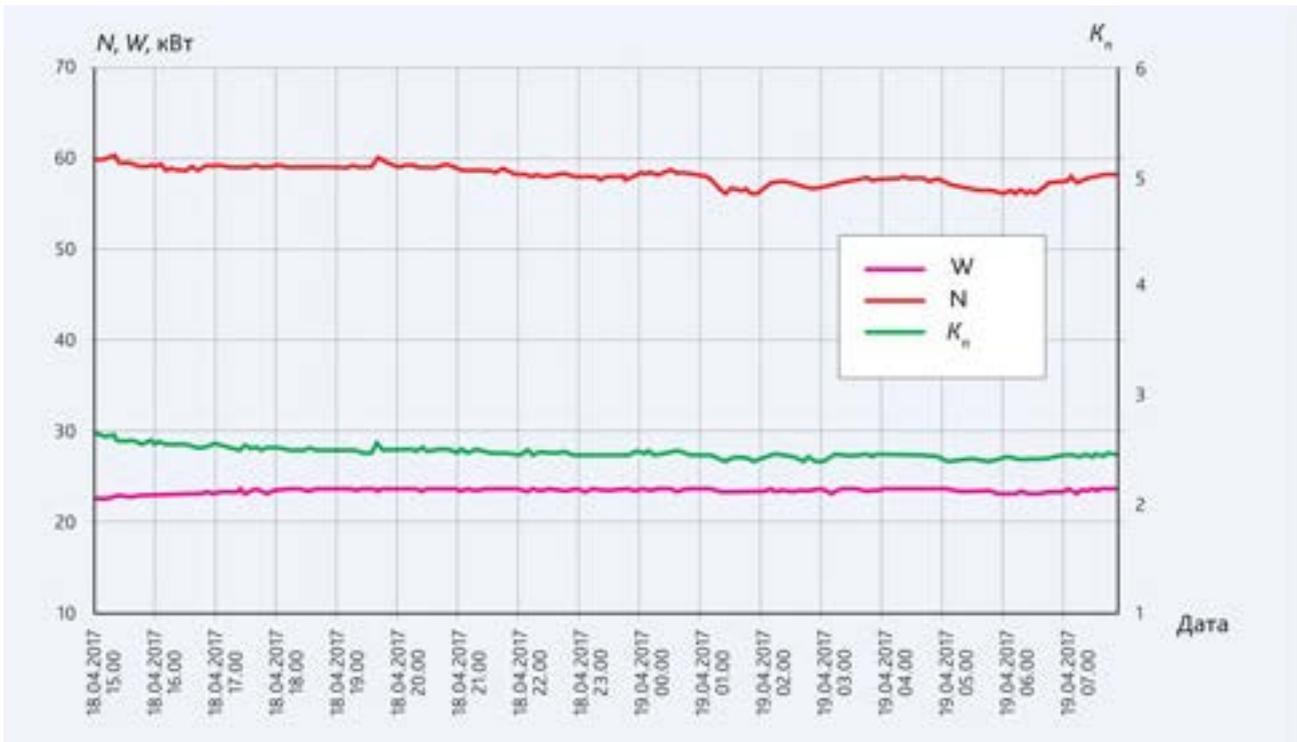


Рисунок 9.

Эксплуатационные показатели теплонасосной установки:

W - потребляемая электрическая мощность,

N - теплопроизводительность, K_п - коэффициент преобразования энергии

Эксплуатационные показатели теплонасосного оборудования при испытаниях, проведенных в апреле 2017 года, представлены в табл. 3. Приведенные натурные данные показывают, что установленная на экспериментальной станции «Саларьево» Московского метрополитена теплонасосная система, утилизирующая теплоту воздуха в тоннеле, на расчетном режиме полностью покрывает тепловую нагрузку системы отопления вестибюлей при обеспечении расчетного уровня температуры подачи теплоносителя в систему отопления на уровне 60 °С. Измеренный коэффициент преобразования энергии в теплонасосном оборудовании составил 2,6. Экономия энергии по сравнению с электрическим нагревом составила 55 %. Полезное использование холода, вырабатываемого ТНУ, позволит увеличить коэффициент преобразования энергии в теплонасосном оборудовании до 4,2 и довести экономию энергии до 80 %.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили актуальность проблемы повышения энергетической эффективности для Московского метрополитена, для которого сегодня с особой остротой встает вопрос снижения «перегрева» тоннелей и пассажирских пространств в летнее время года. Дисбаланс теплового режима метрополитена приводит к негативному влиянию на тепловой режим тоннелей и станций и накапливающемуся со временем «тепловому загрязнению» грунтовых массивов, окружающих тоннели и объекты метрополитена, которое, в свою очередь, приводит к снижению теплопотерь в грунт и «перегреву» внутреннего воздуха на станциях. Как показали аналитические исследования мирового опыта повышения энергетической эффективности, проблема термостабилизации температурного режима объектов метрополитена сегодня стоит на повестке дня практически всех крупных мегаполисов мира, в том числе Лондона, Парижа, Нью-Йорка и других.

Московский метрополитен сегодня рассеивает в окружающей среде города более 2,2 млрд кВт·ч тепловой энергии в год, которые с успехом могут быть вторично использованы как для покрытия тепловых нагрузок самого метрополитена, так и для теплоснабжения близлежащей застройки.

Анализ публикаций и мирового опыта повышения энергоэффективности метрополитена показывает, что наиболее эффективным решением этих проблем является применение в метро систем теплоснабжения на базе тепловых насосов, утилизирующих в зимнее время избыточное, поступающее сегодня на улицу, тепло вентиляционных выбросов, а в летнее время года реверсируемых в режим охлаждения тоннелей и станционных пространств. Применение тепловых насосов позволит фактически в климатических условиях Москвы создать станции с «нулевым» потреблением тепловой энергии от внешних источников теплоснабжения и полностью отказаться от подключения станций метро к сетям централизованного теплоснабжения и связанных с этим затрат и проблем. Учитывая, что строительство

новых линий и объектов метрополитена выходит за МКАД, проблема автономности объектов метро от сетей централизованного теплоснабжения становится чрезвычайно актуальной для города Москвы [20].

Весьма дискуссионным является вопрос о комфортных параметрах микроклимата в метрополитене. Большинство исследователей сходятся во мнении, что комфортному тепловому режиму на объектах метрополитена в летнее время года соответствует эффективная температура 21,8 °С, обеспечивающая равные ощущения теплового комфорта при температуре сухого термометра 23,3 °С и относительной влажности воздуха 70 %, а также при температуре сухого термометра 26,2 °С и относительной влажности воздуха 30 %. Необходимо отметить, что эти цифры получены для американских условий, но, по мнению авторов настоящей статьи, могут быть применимы и для Московского метрополитена. Важным дополнением к комфортным условиям является подвижность внутреннего воздуха на станциях и в поездах, которая должна находиться в диапазоне 0,05-0,15 м/с.

Таблица 3

Эксплуатационные показатели теплонасосного оборудования ТНП станции «Саларьево» при температуре теплоносителя на входе в систему отопления 60 °С

№	Наименование параметра	Величина
1	Измеренная теплопроизводительность теплонасосных установок, кВт	122
2	Измеренная потребляемая электрическая мощность теплонасосных установок, кВт	47,9
3	Холодопроизводительность теплонасосных установок, кВт	74,1
4	Коэффициент преобразования энергии теплонасосных установок, единиц	2,6
5	Интегральный коэффициент преобразования энергии теплонасосных установок с учетом выработки тепла и холода, единиц	4,2

Для приемлемого качества воздуха в вагоне поезда, по мнению большинства исследователей, концентрация углекислого газа должна быть не выше 0,1 %. Согласно стандартам ASHRAE 62-1989 интенсивность подачи приточного воздуха должна составлять 8,0 л/с (28,8 м³/ч) на человека. Эти объемы воздуха рекомендуются для вагонов, платформ и станционных пространств.

Исследования микроклимата на станциях Московского метрополитена выявили следующее:

- температурный режим в значительной мере зависит от температуры наружного атмосферного воздуха. На этом принципе построены современные графики и режимы работы тоннельной и станционной вентиляции. Станции мелкого заложения более подвержены воздействию атмосферного воздуха, чем станции глубокого заложения, причем сезонные колебания метеофакторов на последних станциях имеют меньшую амплитуду. Относительная влажность воздуха станций также зависит от влажности атмосферного воздуха. Ее наивысшие показатели отмечены на протяжении всех сезонов года на станциях с неблагоприятной гидрогеологической обстановкой (64,4 + 1,6 %);
- температура воздуха выше на станциях с большим сроком эксплуатации (50 лет) по сравнению со станциями, построенными 10 лет назад, что свидетельствует о постепенном накоплении тепла стенами тоннеля и притоннельным грунтом, а также недостаточным их охлаждением в холодный период года. Относительная влажность имеет обратную тенденцию;
- исследования станций с различным пассажиропотоком показали, что на наиболее напряженных станциях (более 200 тыс. человек в сутки)

температура во все сезоны была выше, чем на остальных станциях;

- скорость движения воздуха имеет пульсирующий характер и зависит от скорости движения поездов на подходе и уходе со станции. При снижении скорости поезда до 20-25 км/ч за 60-70 м до станции практически отсутствовали резкие колебания скорости движения воздуха.

Анализ опубликованных результатов измерений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в московском метро показал, что в 2008-2009 годах они в 14-15 % случаев не отвечали требованиям санитарных правил, а в 2010 г. доля подобных случаев выросла почти в два раза. По-видимому, этот рост связан с неблагоприятными климатическими условиями в Москве (лето 2010 года).

Исследования подтверждают существенную зависимость параметров внутреннего микроклимата объектов Московского метрополитена от изменения параметров наружного атмосферного воздуха. Особенно это проявляется на станциях и в тоннелях мелкого заложения. При снижении температуры наружного (атмосферного) воздуха на 9-10 °С температура на станциях мелкого заложения снижается на 5-6 °С, а на станциях глубокого заложения всего на 0,5-1 °С. При повышении температуры наружного (атмосферного) воздуха на 9-10 °С температура на станциях мелкого заложения повышается на 5-6 °С, а на станциях глубокого заложения - на 1-2 °С. На протяжении всего года на станциях и в тоннелях Московского метрополитена температура воздуха выше температуры атмосферного воздуха (кроме жаркого периода года) и составляет 24-25 °С - для мелкого и 26-27 °С - для станций глубокого заложения. На станциях мелкого заложения температурный перепад в течение года составляет до 15 °С, а для глубокого заложения - до 5 °С. Существует еще одна особенность: на станциях с более длительным сроком

эксплуатации температура снижается по отношению к атмосферному воздуху меньше и медленнее, а влажность - наоборот.

В меньшей мере перепады температуры и влажности воздуха зависят от типа используемой вентиляции (подавляющее количество станций оборудовано реверсивной схемой вентиляции). Значительное влияние на температурный режим оказывают подвижной состав (до 2/3 внутреннего тепла), пассажиропоток (до 1/3 внутреннего тепла), осветительные приборы и техническое оборудование (эскалаторы).

Влажность на станциях обуславливается: влажностью наружного воздуха, состоянием грунтовых вод, проникающих в тоннели, влагой от мытья станций и тоннелей, испарениями от пассажиров, работой систем водоотведения и канализации.

Скорость движения воздуха на рабочих местах подземных сооружений метрополитена определяется прежде всего мощностью вентиляции, а на станциях - поршневым эффектом при движении поездов. Неблагоприятным с гигиенической точки зрения является эффект «поршня», возникающий при значительном воздухообмене во время движения поездов, который сопровождается резким изменением воздушных потоков. Исследования показывают, что наиболее высокие скорости движения воздуха возникают на рабочих местах дежурных по станции, расположенных на платформах (до 2-6 м/с). Поршневой эффект повышает давление перед поездом, выталкивающим воздух перед собой, в то время как позади поезда образуется зона низкого давления. Когда поезд въезжает в тоннель, он вызывает ускорение воздуха в тоннеле до скорости 3-8 м/с. Как следствие, шахта вентиляции в центральной части тоннеля выбрасывает воздух по мере приближения к ней поезда и всасывает воздух по мере его удаления.

Мгновенное увеличение потока воздуха, вызванное поршневым эффектом, может достигать 50 %. Чтобы извлечь

выгоду из давления, вызванного поршневым эффектом, вентиляция должна управляться так, чтобы вызванный поездом поток воздуха был поддержан механической вентиляцией. Это потребует учета в алгоритме работы вентиляции положения поезда и направления его движения. Пассивные шахты посреди тоннелей являются самыми эффективными для использования поршневого эффекта при воздухообмене тоннеля с внешней средой.

Результаты проанализированных исследований показывают, что снижение скорости поезда ведет к уменьшению его кинетической энергии и энергии, выделяющейся при торможении, что, в свою очередь, способствует снижению температуры в тоннеле и вагонах поезда. Снижение скорости поезда с 17,5 до 12 м/с (приблизительно 31 %-ное сокращение) уменьшает температуру в тоннеле и вагонах приблизительно на 2 °С. В часы пик для высокой плотности движения поездов снижение скорости представляется проблематичным, тогда как во внепиковое время этот прием можно было бы использовать. Кроме того, к положительным результатам приводит снижение веса вагона поезда, которое влечет уменьшение его кинетической энергии и энергии, выделяемой при торможении. В то же время влияние снижения веса вагона на температуру воздуха в тоннеле и вагоне не столь существенно, как влияние уменьшения скорости движения поезда.

Регенеративное торможение позволяет полезно использовать (регенерировать) часть энергии, выделяющейся при торможении поезда, для генерации электрической энергии, предотвращая ее преобразование в тепловую энергию.

Важным направлением исследований во всем мире является поиск эффективных способов охлаждения тоннелей и станций метрополитена, среди которых наиболее эффективным является применение тепловых насосов. Частным случаем подобной системы ох-

лаждения является ее дополнение охлаждением воздуха в тоннеле с помощью «пассивного» холода грунтовых вод.

Грунтовая вода в Москве имеет температуру около 8 °С. Она может быть получена от водоотливных установок метрополитена или из устроенных рядом с метрополитеном буровых скважин. Важным преимуществом этой схемы является возможность снижения уровня грунтовых вод в городе, который в последние годы повышается. После охлаждения метрополитена грунтовая вода может быть направлена в испарители тепловых насосов, охлаждена до температуры 6 °С и безопасно сброшена в реку Москву, уменьшив ее тепловое загрязнение.

Важно отметить еще одно направление применения теплонасосных технологий на объектах Московского метрополитена: это направление связано с утилизацией «сбросного» низкопотенциального тепла эксплуатируемых тоннельных и станционных систем вентиляции. Как уже отмечалось, Московский метрополитен выбрасывает в окружающую среду около 2,2 млрд кВт·ч низкопотенциальной тепловой энергии в год. Технологии, использующие тепловые насосы, позволяют уже сегодня утилизировать это вторичное тепло и использовать его для энергетически эффективного отопления близлежащих зданий и сооружений, торговых павильонов, жилых домов, обогрева тротуаров и площадей перед станциями и пр. Ориентировочные расчеты показывают, что только за счет подключения сторонних потребителей

тепла к таким системам теплоснабжения Московский метрополитен (по тарифам ПАО «МОЭК» на подключение тепловой нагрузки) мог бы получить доход, превышающий 4 млрд рублей, не считая ежегодного дохода от продажи тепловой энергии.

Литература

1. Васильев Г. П., Горнов В. Ф., Колесова М. В. и др. Техничко-экономические аспекты применения теплонасосного оборудования на объектах метрополитена // Энергобезопасность и энергосбережение. - 2015. - № 6. - С. 16-20.
2. Vasilyev G. P., Peskov N. V., Gornov V. F. et al. The influence of subway's underground facilities operation on the natural thermal conditions of adjacent soil // Appl. Mech. Mat. - 2014. - Т. 664. - С. 250-253.
3. Васильев Г. П., Тимофеев Н. А. Энергетический потенциал вентиляционных выбросов жилых зданий в Москве // АВОК. - 2010. - № 1. - С. 24-32.
4. Васильев Г. П. Градостроительная политика Москвы в области энергосбережения Инженерные системы // АВОК Северо-Запад. - 2014. - № 2. - С. 32-33.

Источник: <https://www.abok.ru/forum/spec/articles.php?nid=6859>

Реклама в журнале «Тепловые насосы»

тел. (+38 061) 224 68 12

e-mail: info@esco.agency



КАТАЛОГИ КОМПАНИЙ

VAILLANT GROUP

Коммерческое предложение №5.2 по
обустройству системы теплоснабжения
на основе теплового насоса flexoTHERM



Информация о компании

На украинском рынке продукция Vaillant представлена с 2000 года. С тех пор, благодаря своей надёжности, экономичности и долгому сроку службы, она пользуется успехом и у украинских потребителей. Техника отвечает самым высоким стандартам качества и идеально приспособлена к эксплуатации в украинских условиях.

Широкий ассортимент продукции – настенные и напольные газовые отопительные котлы, отопительные котлы на жидком топливе, проточные и ёмкостные водонагреватели, электроприборы и устройства регулирования – удовлетворяют любым пожеланиям клиентов. Аппараты Vaillant пригодны как для нового строительства, так и для модернизации отопительных систем: для квартир, коттеджей, небольших зданий служебного назначения, а также для организации систем поквартирного отопления жилых зданий.

На протяжении всего срока эксплуатации приборов фирмы-партнёры Vaillant по сбыту и сервису предлагают покупателям профессиональную поддержку на всех уровнях до и после продажи, включая консультацию по выбору отопительного аппарата, его установку, гарантийное и сервисное обслуживание. В настоящее время на территории Украины действует собственная сервисная служба Vaillant (Киев, Днепр и Львов), а также более 200 авторизованных сервисных центров Vaillant, которые предлагают услуги сервиса.

Также Vaillant не обошёл вниманием и специалистов. Представительство Vaillant в Украине постоянно организует семинары для торгового персонала, сотрудников монтажных и проектных организаций, в ходе которых участники получают знания из теории и практики обо всех актуальных моделях аппаратов Vaillant, представленных на украинском рынке, а также общие сведения по современной теплотехнике. Программа семинаров состоит из разных блоков, и участникам предоставляется возможность выбирать и посещать семинары по интересующих их темам.

Также мы предлагаем круглосуточную техническую поддержку по горячей линии Vaillant, по которой Вы в любое время сможете получить квалифицированную консультацию по нашей продукции. Кроме того, Вашему вниманию представлен раздел сайта «Для специалистов», где размещена актуальная техническая информация о Vaillant.

Заказчик:

Задача

Дом площадью 160 м² современной постройки. В доме проживает семья из трёх человек. Предложено установить тепловой насос для теплоснабжения и нагрева горячей воды.

Спецификация

№	Артикул	Наименование	К-во	Цена	Сумма	
1	0010016686	flexoTHERM exclusive VWF 87 /4 VAILLANT Модульный тепловой насос. Тепловая мощностью 8,9 кВт. Холодильная мощность 8,6 кВт. Напряжение 400 В	1	7 324,80	7 324,80	
2	0010021457	Буферная емкость для тепловых насосов VPS R 200/1 В (стационарный монтаж) VAILLANT	1	722,93	722,93	
3	0010020645	uniSTOR VIH plus RW 300/3 BR VAILLANT Емкостной водонагреватель непрямого нагрева для тепловых насосов, объем 281 л	1	1 793,50	1 793,50	
4	0020212716	Гидравлические подключения к flexoTHERM, 90° VAILLANT	1	231,75	231,75	
5	0020191817	VDM 10 Насосная группа для нерегулируемого контура отопления (насос с электронным регулированием скорости вращения с напором до 6-ти м) VAILLANT	1	358,37	358,37	
6	0020191813	VDM 20 М Насосная группа для регулируемого контура отопления (насос с электронным регулированием скорости вращения с напором до 6-ти м), смеситель 3/4 " VAILLANT	1	482,35	482,35	
7	307556	Распределительный коллектор для подключения 2-х контуров отопления VAILLANT	1	251,40	251,40	
8	305827	Группа безопасности для водонагревателей до 1000 л с давлением до 10 бар VAILLANT	1	135,96	135,96	
9	302076	Насосная группа для защиты от легионеллы VAILLANT	1	437,27	437,27	
10	0020171319	multiMATIC VRC700/5 VAILLANT Погодозависимый регулятор для отопительного оборудования с шиной eBus. С функцией управления каскадом отопительного оборудования	1	226,81	226,81	
11	0020184845	VR 70 VAILLANT Модуль расширения для VRC 700/4 (управление отопительным контуром и солнечным коллектором)	1	206,48	206,48	

Заказчик:

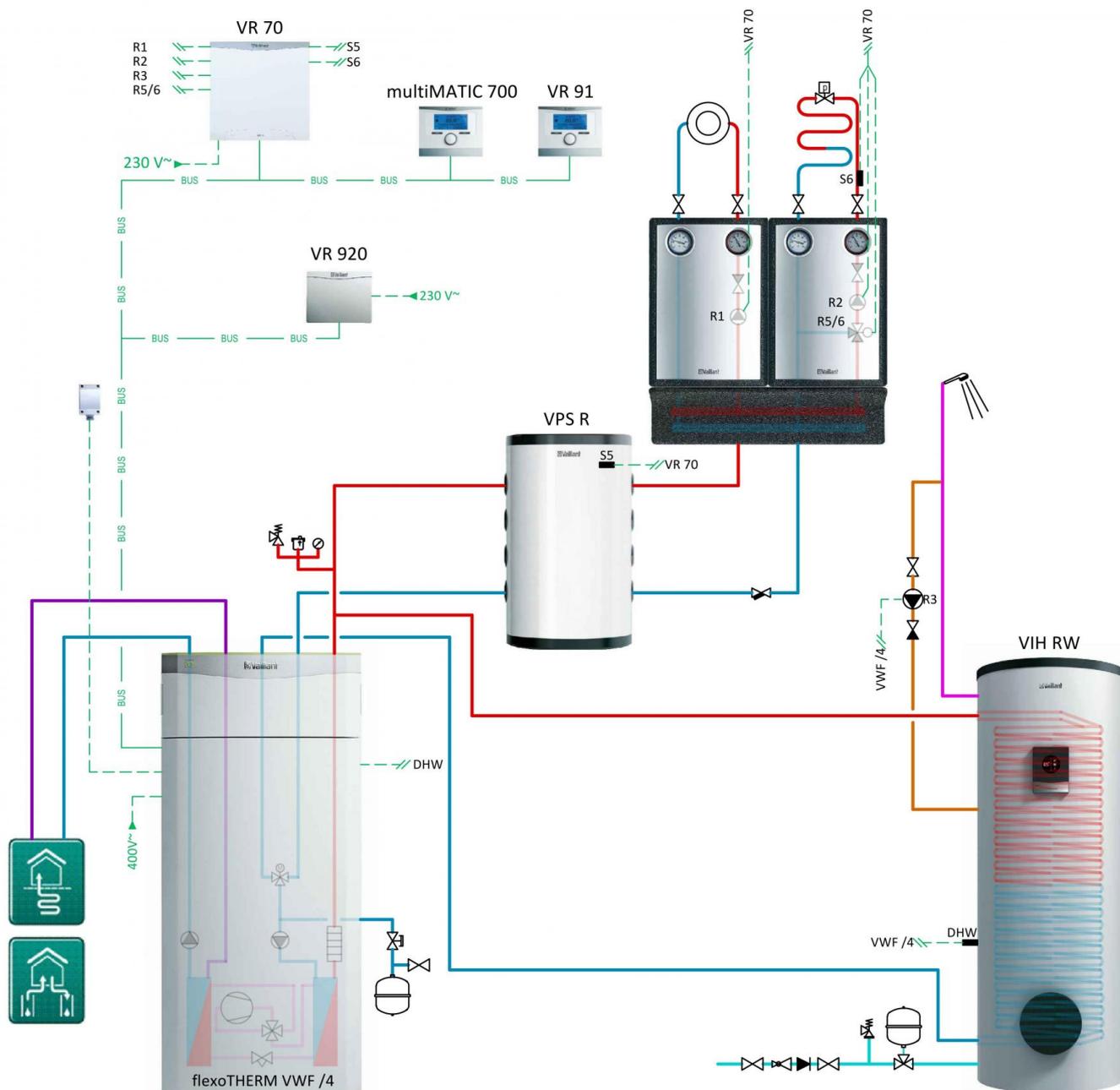
№	Артикул	Наименование	К-во	Цена	Сумма	
12	0020252924	VR 920 VAILLANT VR 920 Блок передачи данных с LAN / WLAN соединением	1	264,45	264,45	
13	306257	Датчик температуры водонагревателя VAILLANT	1	11,45	11,45	
14	0020171336	VR91 VAILLANT Прибор для дистанционного регулирования отдельного контура отопления	1	130,08	130,08	

Итого: **12 577,60 EUR**

Примечания:

1. Указана розничная цена, в евро, с учетом НДС 20%;
2. Предложение является предварительным и не освобождает от проектирования системы;
3. Позиции, не вошедшие в настоящее предложение, должны быть дополнены за счет оборудования сторонних производителей. В данное предложение не входят: трубопроводы, запорно-регулирующая арматура (шаровые краны, фильтры, обратные и трехходовые клапаны), кабельно-проводниковая продукция, монтажные работы.

Принципиальная схема



Примечания:

1. Схемы являются принципиальными и не могут быть использованы в качестве руководства по монтажу;
2. Схемы могут содержать элементы, не входящие в настоящее предложение.

Заказчик:

Технический расчет

Перечень оборудования, которое содержится в данном коммерческом предложении, определялся по результатам технического расчета. Исходные данные для расчета, а также общие результаты приведены ниже.

Общая информация

Данные по объекту	
Область	Ровенская
Назначение системы	Отопление Горячее водоснабжение
Этап строительства	
Тип здания	Многоквартирный дом
Запланированное оборудование	Тепловой насос

Потребители тепла

Теплопотери	
Ближайший населенный пункт	Ровно
Расчетная температура наружного воздуха, [°C]	-21
Отапливаемая площадь, [м ²]	160
Удельные теплопотери, [Вт/м ²]	60
Полные теплопотери, [кВт]	9,6

Статус:

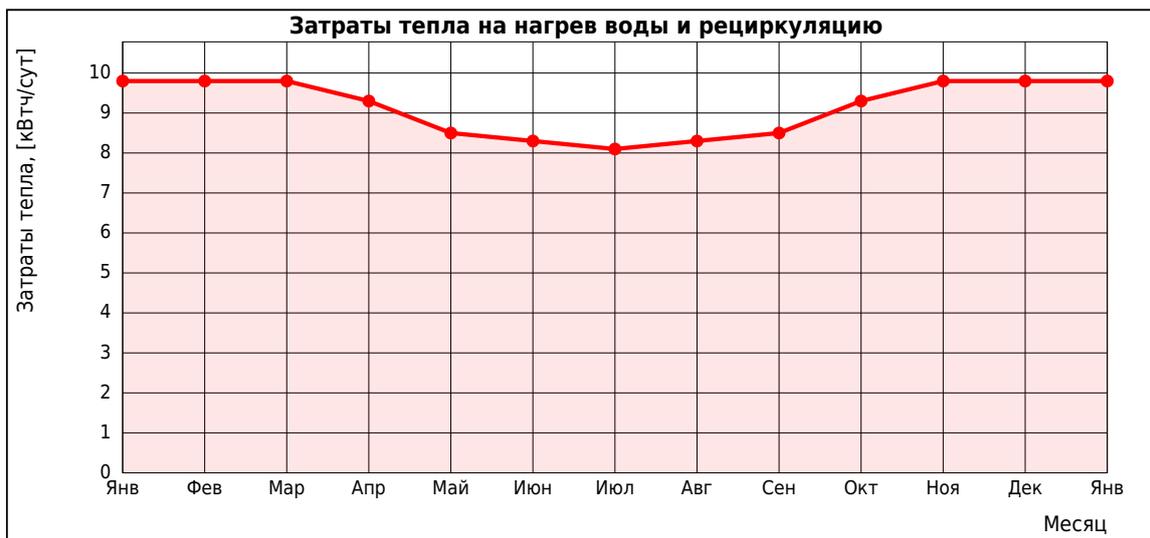


Годовое теплопотребление системы отопления: **22 750,6 кВтч/год**
Требуемая мощность для системы отопления: **9,6 кВт**

Заказчик:

Горячее водоснабжение	
Количество жильцов	3
Суточный расход горячей воды на одного человека, [л/сут]	70
Температура холодной воды, [°C]	5 - 12
Температура горячей воды, [°C]	45
Рециркуляция	Нет

Статус:



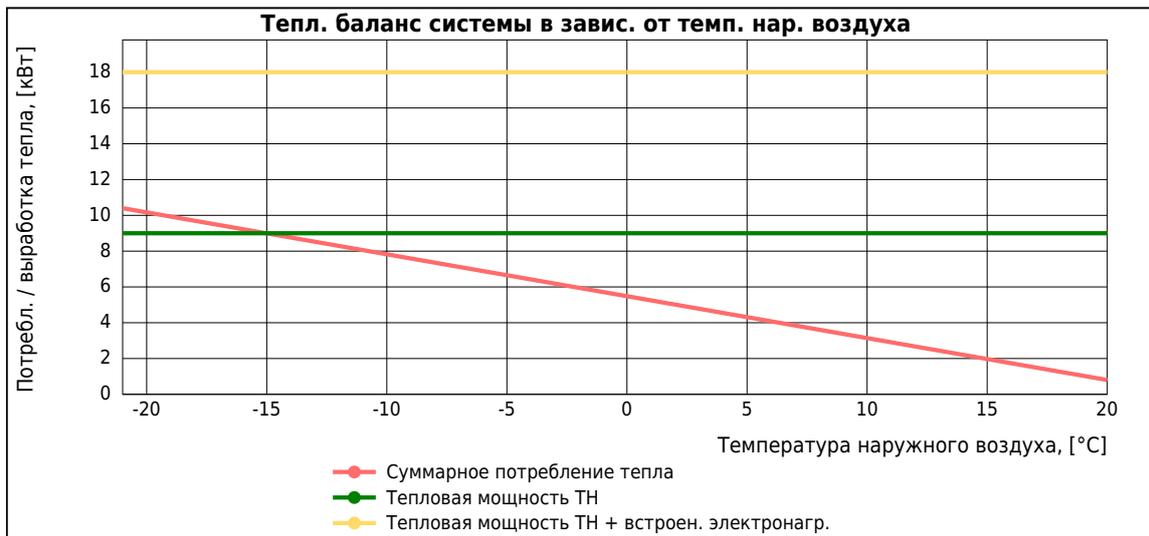
- Затраты теплоты на нагрев горячей воды: **3 323** кВтч/год
- Затраты теплоты на линию рециркуляции: **0** кВтч/год
- Затраты теплоты на систему ГВС (суммарные): **3 323** кВтч/год
- Требуемая мощность для системы ГВС: **0,8** кВт

Заказчик:

Система

Тепловой насос	
Назначение	Отопление Горячее водоснабжение
Температура подающей магистрали, [°C]	55
Тепловой насос	0010016686 - flexoTHERM exclusive VWF 87 /4

Статус:



Расчетное теплотребление: **10,4** кВт

Тепловая мощность ТН / ТН + встр. эл.нагр.: **9 / 18** кВт (при $t_{нар} = -21^{\circ}\text{C}$)

Покрытие расч. теплототр. ТН / ТН + встр. эл.нагр.: **87% / 173%**

Температура бивалентности: **-15°C**

Модульные тепловые насосы flexoTHERM 57/4 - 197/4

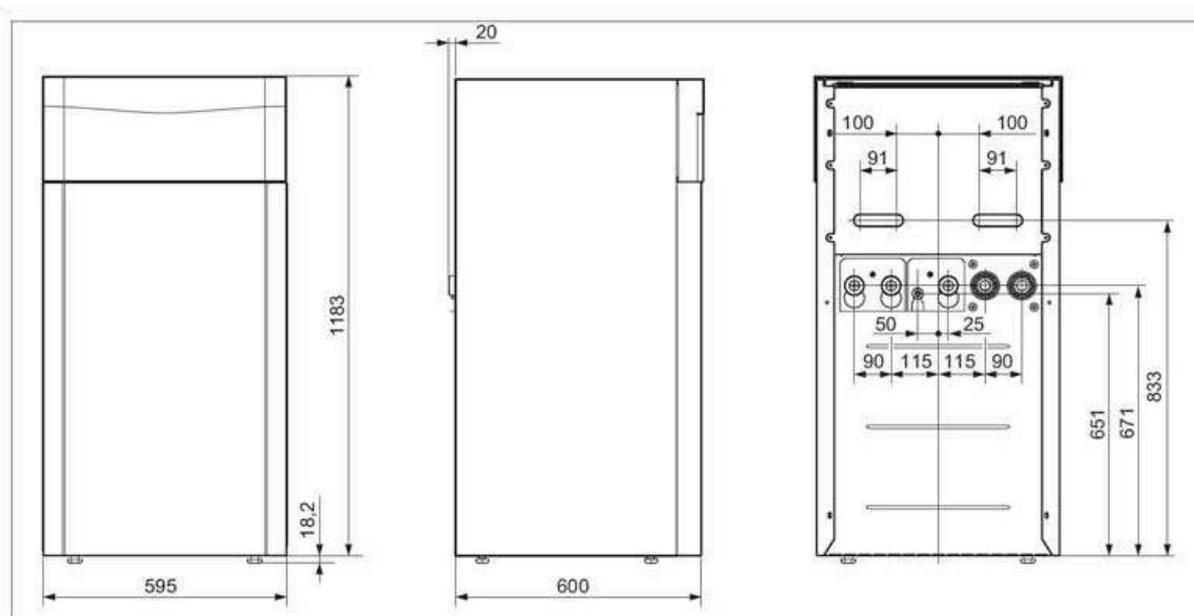


Особенности

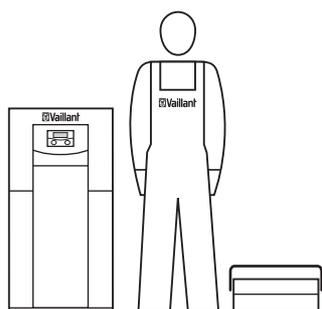
- Один тепловой насос для использования разных источников тепла (грунт, или вода, или воздух)
- Мониторинг и учет потребленной и произведенной энергии
- Низкий уровень шума. Система звукоизоляции «Piharmonic»
- Возможность работы в системах отопления с газовыми котлами, солнечными коллекторами
- Компактные размеры и эргономичный дизайн
- Панель управления с интуитивно понятным интерфейсом
- Простое проектирование, быстрый монтаж и пуск. Нет необходимости работать с фреоновыми контурами

Оснащение

- Функция отопления, нагрева горячей воды (с дополнительным водонагревателем), активного и пассивного охлаждения в одном агрегате
- Возможность подключения к однофазной и трехфазной сети
- Панель управления с интуитивно понятным интерфейсом
- Возможность удаленного мониторинга и управления системой через блок дистанционного управления VR900
- Надежный спиральный компрессор.
- Встроенный ограничитель пусковых токов



Ввод в эксплуатацию тепловых насосов flexoTHERM



При проектировании установок с тепловым насосом руководствуйтесь технической документацией Vaillant.

Пожалуйста, проконсультируйтесь с представителем Vaillant перед началом работы с оборудованием.

Ввод в эксплуатацию оборудования Vaillant имеют право проводить только авторизованные представители фирмы Vaillant

Модульные тепловые насосы flexoTHERM 57/4 - 197/4

Обозначение		VWF 57/4 400V VWF 57/4 230V	VWF 87/4 400V VWF 87/4 230V	VWF 117/4 400V VWF 117/4 230V	VWF 157/4 400V	VWF 197/4 400V
Заказной номер		0010016685 0010016709	0010016686 0010016710	0010016687 0010016711	0010016688	0010016689
Технические характеристики						
Тепловая мощность в режиме рассол / вода (B0/W35 согл. EN 14511)	кВт	5,3	8,9	11,2	14,5	19,7
Потребление электроэнергии	кВт/год	1,3	2,0	2,5	3,4	4,7
Кэффициент преобразования COP	кВт кВт	4,7	5,1	5,0	4,9	4,7
Тепловая мощность в режиме вода / вода (W10/W35 согл. EN 14511)	кВт	6,6	10,5	13,7	17,7	24,2
Потребление электроэнергии	кВт/год	1,3	2,0	2,5	3,3	4,7
Кэффициент преобразования COP	кВт кВт	5,8	5,9	6,2	6,3	5,8
Тепловая мощность в режиме воздух / вода (A2/W35 согл. EN 14511)	кВт	5,7	7,8	10,3	13,9	17,4
Потребление электроэнергии	кВт/год	1,4	2,1	2,7	3,5	4,8
Кэффициент преобразования COP	кВт кВт	4,2	4,0	3,9	4,1	3,7
Подключение к электросети	В / Гц	400/50 230/50	400/50 230/50	400/50 230/50	400/50	400/50
Максимальный ток (компрессор и электронагрев)	А	20,2	21,2	24,4	26,1	31,2
Максимальный пусковой ток с ограничителем пускового тока	А	<15	<19	<22	<26	<30
Максимальное потребление электрической мощности доп. нагрева Макс. температура подачи контура отопления (с доп. догревом)	кВт °C	9 75	9 75	9 75	9 75	9 75
Мин. температура подачи контура охлаждения	°C	5	5	5	5	5
Допустимая температура рассола (мин./макс)	°C	-10..25	-10..25	-10..25	-10..25	-10..25
Объемный расход в контуре рассола номинальный при dT=3K	л/час	1290	2320	3000	3590	4780
Объемный расход в контуре отопления номинальный при dT=5K	л/час	1100	1720	2170	2920	3990
Уровень шума	дБ(А)	41/48	50/55	46/49	49/47	46/47
Размеры соединений контура теплоносителя	дюйм	1 1/2"				
Габаритные размеры:						
Высота	мм	1183	1183	1183	1183	1183
Ширина	мм	595	595	595	595	595
Глубина со стойками	мм	600	600	600	600	600
Вес (не заполненный)	кг	145	160	168	176	187

Автоматические регуляторы

Погодозависимые регуляторы

multiMATIC VRC 700/4



Особенности

- Погодозависимый регулятор с дисплеем
- Быстрая настройка параметров для всей системы. Все данные в одном регуляторе
- Легко читаемый и интуитивно понятный интерфейс
- Один регулятор для всей системы отопления (газовые котлы, системы отопления и ГВС, система солнечных коллекторов, тепловые насосы, вентиляция). Возможность расширения функций регулятора без замены самого регулятора при модернизации системы
- Возможность расширить и дополнить функции регулятора, применяя дополнительные модули расширения
- Снижение затрат на отопление. Погодозависимое управление, функция выбора наиболее эффективного источника энергии (система triVAI), оптимизация работы оборудования (модуляция и контроль количества пусков / остановок)
- Возможность контроля затрат и оценки эффективности работы системы. Счетчик потребленной и выработанной энергии
- Возможность создать каскад до 7 тепловых насосов (flexoTHERM, flexoCOMPACT, aroTHERM)
- Возможность создать каскад до 7 газовых котлов с шиной eBUS
- В комбинации с VR71 возможно управление тремя смесительными контурами и контуром солнечной системы

Возможности установки

- Контроль систем отопления (тепловые насосы, вентиляция, солнечные системы, газовые котлы)
- Управление одним прямым контуром отопления и контуром ГВС
- Управление двумя контурами (прямой и смесительный) и контуром ГВС в комбинации с модулем VR70
- Управление одним смесительным контуром отопления, контуром солнечных коллекторов и контуром ГВС в комбинации с модулем VR70
- Управление двумя смесительными контурами в сочетании с модулем VR 70
- Управление тремя смесительными контурами в сочетании с модулем VR 71

Функции

- Контроль современных систем отопления (тепловые насосы, вентиляция, солнечные системы, газовые котлы)
- Изменяемые температурные и временные программы
- Изменение температуры ГВС
- Временная программа в комплексе с программой системы отопления
- Полностью автоматическая система адаптации нагрузки, погодозависимое регулирование, автоматическая настройка кривой
- multiMATIC – базовый регулятор для планируемой функции дистанционного сервиса
- Дистанционная диагностика через profiDIALOG
- Графическое отображение потребления и производства энергии

Наименование	Заказной номер
multiMATIC VRC 700/4 Погодозависимый регулятор	0020171319

Издатель журнала:
Информационное энергетическое агентство
«ЭСКО»



www.hp.esco.agency