

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ



**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

приоритет2030⁺
лидерами становятся

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири

**Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием**

(г. Иркутск, 19–23 апреля 2023 г.)

Том 2

Под общей редакцией Е.В. Самаркиной

Сборник материалов



**ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2023**



Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 19–23 апреля 2023 г.) : сб. материалов : в 2 т. / под общ. ред. Е.В. Самаркиной. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2023. – Т. 2. – 444 с.

В материалах нашли отражение задачи и результаты работ, выполняемых в проектных организациях, научно-исследовательских институтах и на энергетических предприятиях. Большое внимание уделено вопросам сжигания и переработки топлива, возможностям повышения эффективности работы котлов, экологическим проблемам, тренажерам на базе ЭВМ. Рассматриваются вопросы надежности энергоснабжения, тепло- и массообменные процессы, темы анализа режимов электроэнергетических систем, разработки математических и программно-вычислительных комплексов для решения задач оперативно-диспетчерского управления, проблемы энерго- и ресурсосбережения в энергетическом, промышленном и жилищно-коммунальном комплексах. Охвачен широкий круг вопросов по исследованию и проектированию автоматизированного электропривода, систем управления технологическими процессами в различных областях промышленности, электрических измерений неэлектрических величин, оценки надежности функционирования объектов.

Рассчитан на специалистов, занимающихся проблемами производства и рационального использования топливно-энергетических ресурсов. Может быть полезен для инженерно-технических работников и студентов энергетических специальностей.

Редакционная коллегия:

Е.В. Самаркина – канд. техн. наук, доцент, ответственный редактор, директор института энергетики ИРНИТУ;

Н.П. Коновалов – д-р техн. наук, ИРНИТУ;

В.Е. Павлов – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

Т.В. Коваль – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

Н.Е. Буйнов – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

Д.С. Федосов – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

В.В. Федчишин – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

И.Н. Шушпанов – канд. техн. наук, ИРНИТУ;

О.В. Арсентьев – канд. техн. наук, ИРНИТУ

*Материалы публикуются в авторской редакции
и отображают персональную позицию участников конференции.
Авторы опубликованных статей и тезисов несут ответственность
за подбор и точность приведенных фактов, цитат,
экономико-статистических данных и прочих сведений.*

Допечатная подготовка А.Ч. Раднаева
Подписано в печать 06.06.2023. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 28,0.
Тираж 300 экз. Зак. 65. Поз. плана 30.
Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»
664074, ул. Лермонтова, 83.

10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

5. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66. EDN SAWUQX.

6. Грачева Е.И., Наумов О.В., Федотов Е.А. Влияние нагрузочной способности силовых трансформаторов на их эксплуатационные характеристики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 7-8. С. 71-77.

7. Суслов К.В., Солонина Н.Н., Солонина З.В., др. Повышение точности определения места повреждения в линиях электропередачи // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 3(47). С. 3-13. EDN LSXVQH.

8. Надтока И.И., Павлов А.В. Расчеты электрических нагрузок жилой части многоквартирных домов с электрическими плитами, основанные на средних нагрузках квартир // Известия вузов. Электромеханика. 2014. №3. С. 36-39.

9. Ахметшин А.Р., Солуянов Ю.И., Федотов А.И., др. Расчет удельных электрических нагрузок жилых зданий на основании фактических замеров // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2022. Т. 25. № 4. С. 313-323.

Миннуллина А.С., обучающийся, гр. ЭУЭ-2-21 КГЭУ; Маслов И.Н., доцент кафедры ЭМС КГЭУ

УДК 621.577

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ КАК МЕТОД ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Новоселова М. С.

Казанский государственный энергетический университет

nova-mara0607@list.ru

Тепловой насос представляет собой устройство, позволяющее преобразовать низкопотенциальное тепло в пригодное для прямого использования с затратой механической энергии. В качестве источника энергии могут использоваться: наружный воздух, геотермальные источники, поверхностные слои грунта, солнечный свет, реки и озера.

К достоинствам тепловых насосов можно отнести:

- экономичность;
- экологичность (за счет использования возобновляемых источников энергии и отсутствия выброса вредных веществ в атмосферу);
- безопасность, обусловленная отсутствием опасных технологических процессов;

- надежность, обеспеченная простотой конструкции установки;
- гибкость и универсальность [1].

Принцип работы теплового насоса заключается в следующем: во внешнем контуре (испарителе) происходит передача тепла от низкотемпературного источника энергии рабочему телу теплового насоса – хладагенту (которым зачастую является фреон). Испарившись, рабочее тело сжимается в компрессоре, дополнительно нагреваясь, и проходит внутренний контур (конденсатор), где отдает свое тепло системе потребления. После конденсации хладагент проходит через дросселирующий клапан для понижения давления, что сопровождается снижением температуры, далее цикл замыкается.

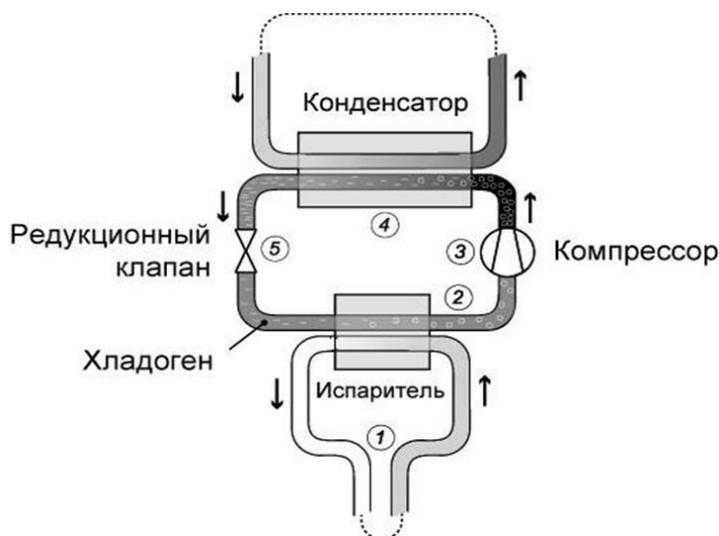


Рисунок 1 – Принципиальная схема теплового насоса

Потребителем энергии, генерируемой тепловым насосом, выступает: система отопления, кондиционирования, подготовки горячей воды [2].

Есть несколько вариантов применения тепловых насосов на теплоэнергетических предприятиях:

- увеличение тепловой мощности теплофикационных систем, подключение дополнительных потребителей тепла;
- подключение потребителей холода;
- повышение эффективности теплоэнергетических установок теплофикационных систем.

В качестве низкопотенциального источника тепла может выступать отработавший в паровой турбине пар. В отличие от традиционной схемы (рис. 2, а), где пар после турбины поступает в конденсатор системы теплоснабжения, которая работает на переходном режиме 70-40 °С, схема, показанная на рис. 2, б, оборудуется тепловым насосом, однако при этом оборудование ТЭЦ будет работать с пониженной температурой конденсации пара, генерируя теплоноситель, используемый в испарителе теплового насоса с температурами 30-10°С.

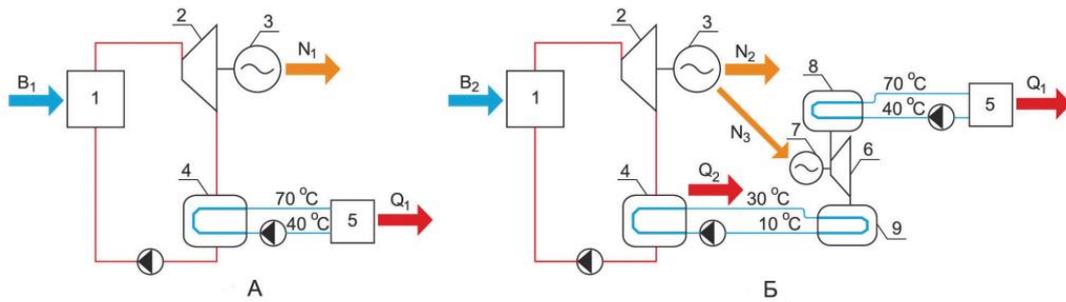


Рисунок 2 – Схемы энергообеспечения от ТЭЦ:

А – традиционная схема, Б – схема с тепловым насосом, использующим теплоту конденсации пара, 1 – энергетический котел, 2 – паровая турбина, 3 – электрогенератор, 4 – конденсатор, 5 – система теплоснабжения, 6 – компрессор теплового насоса, 7 – электропривод теплового насоса, 8 – конденсатор теплового насоса, 9 – испаритель теплового насоса.

Также возможно использовать циркуляционную воду ТЭЦ как источник теплоты, что позволит компенсировать собственные нужды станции. Так, с помощью тепловых насосов есть возможность подогреть дутьевой воздух перед основными воздухоподогревателями до необходимой температуры либо включить в схему приводную турбину, работающую на паре, генерируемом в тепловом насосе, для выработки электроэнергии, затрачиваемой, например, на привод компрессора. Таким образом можно повысить экономичность и экологичность станции.

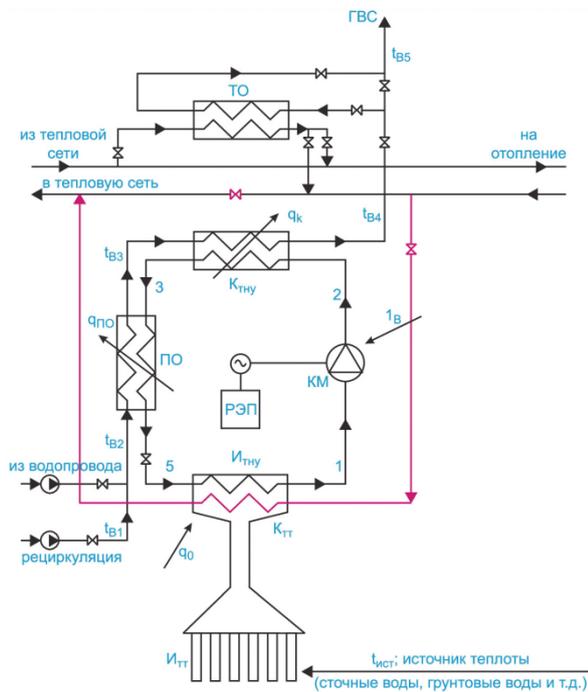


Рисунок 3 – Варианты схем включения теплового насоса в централизованную систему теплоснабжения:

КМ – компрессор, $K_{тну}$ – конденсатор теплового насоса, ПО – переохладитель, Др – дроссель, $I_{тну}$ – испаритель теплового насоса, $K_{тт}$ – конденсатор тепловых труб, $I_{тт}$ – испаритель тепловых труб, РЭП – регулятор электропривода, ТО – теплообменник

Наряду с вышеперечисленными вариантами, есть схемы включения тепловых насосов с электроприводом в централизованную систему теплоснабжения для подогрева воды (рис. 3). В данном случае используется теплота низкопотенциального источника для подачи ее подачи в испаритель теплового насоса с возможностью догрева воды для ГВС после конденсатора насоса водой из подающего трубопровода тепловой сети. Подача теплоты в испаритель возможна как непосредственно теплоотдатчиком, так и с использованием промежуточного теплоносителя, или же с использованием тепловых труб. Такая схема может найти применение как дополнение ограниченной мощности существующей системы теплоснабжения.

Для выработки холода применяют абсорбционные холодильные машины (АБХМ), работающие на горячей воде с температурой 95-150 °С. На электростанциях АБХМ могут применяться для охлаждения помещений и оборудования, среди которого: трансформаторные блоки, масляные системы, конденсаторы паровых турбин, газотурбинные установки. Для последних повышение температуры является важным фактором, негативно влияющим на эффективность работы установки, что выражено падением мощности до 70% от номинальной. Также применение в качестве теплоотдатчика выхлопных газов ГТУ положительно влияет на экологичность станции, дополнительно снижая их температуру перед выбросом в атмосферу. АБХМ также применимы на паротурбинных станциях также для снижения температуры уходящих из энергетических котлов газов.

Библиографический список

1. Снытко, А. В. Тепловые насосы как источник альтернативной энергии / А. В. Снытко, О. В. Тасейко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – Т. 1, № 8. – С. 243-244.
2. Дадацкий, А. В. Тепловой насос. Принцип работы теплового насоса / А. В. Дадацкий, П. Ю. Космовский // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства : Сборник научных статей, Гродно, 23–24 мая 2019 года / Редколлегия: А.Р. Волик [и др.]. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2019. – С. 172-174. – EDN VJJVFS.
3. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. Информационно – методическое издание. — М.: Издательство «Перо», 2016. — 204 с.
4. Матжанов, Э. К. Повышение энергоэффективности газотурбинных установок с использованием абсорбционных холодильных машин / Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов : Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции, Благовещенск, 11–12 марта 2019 года. – Благовещенск: Амурский государственный университет, 2019. – С. 417-420.

37.	Потупчик М.С., Шестаков К.Е., Алексеюк В.Э. Разработка математической модели теплофикационной турбоустановки Т-50/60-12,8 ТЭЦ-11 ООО «БЭК».....	265
38.	Самаркина Е.В., Крысанова А.И. Оптимизация водно-химического режима на ТЭЦ.....	272
39.	Стенников В.А., Постников И.В. Методология комплексно-иерархического анализа надежности теплоснабжающих систем.....	276
40.	Стенников В.А., Пеньковский А.В., Кравец А.А. Теоретические основы, модели и методы управления развитием и функционированием интеллектуальных трубопроводных систем энергетики.....	280
41.	Сушко С.Н., Бобков П.А. Проблемы деаэрации подпиточной воды тепловых сетей.....	285
42.	Сушко С.Н., Господинов И.М. Организация ремонта молотковых мельниц ТЭЦ-6.....	288
43.	Червоткин И.С., Францева А.А. Варианты модернизации системы технического водоснабжения Новосибирской ТЭЦ-5...	292
44.	Чупин И.И., Левин А.А. Изучение особенностей распространения неустойчивости на межфазной поверхности при охлаждении металлической поверхности недогретым потоком жидкости.....	296
45.	Шишкина В.А., Петрова А.Н., Самаркина Е.В. Очистка стоков физико-химическими и биологическими методами.....	300
46.	Шкуринская А.А., Моисеев Р.Н., Коваль Т.В. Анализ организации ремонтов на энергопредприятиях.....	305
47.	Юхнин И.С., Самаркина Е.В., Корнев В.Н. Анализ перспектив использования цифровых двойников для повышения эффективности работы ТЭС.....	308
48.	Якупова И.Д. Теплоснабжение от солнечной энергии.....	313
49.	Sumyaa Khadbaatar, Петрова А.Н., Бондаренко С.И. Исследование и перспективы использования солнечной энергии в Монголии.....	315
50.	Sumyaa Khadbaatar, Петрова А.Н., Бондаренко С.И. Энергия биомассы - альтернативный источник энергии Монголии.....	320

**ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ, ПРОМЫШЛЕННОМ И
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ КОМПЛЕКСАХ**

1.	Арсентьев М.О., Власенко И.П., Немирич А.В. Особенности системы смазки на экскаваторе ЭШ 20-90.....	325
----	---	-----

2.	Арсентьев О.В., Ващенко А.О., Цимбалова Е.А. Особенности автономного электроснабжения буровых установок	329
3.	Арсентьев О.В., Мелёхин И.А. Разработка основных принципов зарядных станций для электробусов в г. Иркутске.....	334
4.	Афанасьев Н.В. Морозова Н.В., Мухаева Д.В., Мухаева Л.В. Построение феноменологической теории семиэлектриков на этапе разработки метода вспомогательного максимума.....	337
5.	Ахметшин А.Р. Разработка новых нормативов для расчетных электрических нагрузок жилых зданий на примере города Москвы	341
6.	Ахметшин А.Р. Разработка региональных нормативных требований по расчету электрических нагрузок жилых зданий на примере республики Татарстан.....	345
7.	Ахметшин А.Р. Разработка нормативных требований по расчету электрических нагрузок совокупности объектов индивидуального жилищного строительства.....	349
8.	Барахтенко Е.А., Майоров Г.С. Решение задачи развития интегрированных энергетических систем с использованием агентных технологий.....	353
9.	Бубеева Л.П., Лубкова А. П., Федорещенко Н.В. Энергоаудит и энергосбережение для электрического транспорта.....	358
10.	Галиуллин Р.Д., Галяутдинов Р.М. Проблемы актуализации нормативных требований по расчету электрических нагрузок в жилищном строительстве.....	362
11.	Галяутдинов Р.М., Ефимов Д.В. Вопрос актуальности нормативных требований по расчету электрических нагрузок жилых и общественных объектов.....	365
12.	Гатауллина И.М. Порядок расчета вибрационных параметров колебаний энергетических трубопроводов.....	368
13.	Горностаев Е.В., Чеботнягин Л.М., Потапов В.В., Мясников М.М. Подходы к решению проблемы разрушения негабаритов в шурфах и шахтах.....	371
14.	Горшков А.В., Петрова А.Н., Самаркина Е.В. Анализ энергоснабжения «умных остановок» с использованием различных источников энергии.....	375
15.	Козин Д.Е. Проблемы ветроэнергетики.....	380
16.	Коньжов К.В. Возобновляемые источники энергии в технологии опреснения воды.....	383
17.	Коньжов К.В. Энергетическая стратегия России.....	386
18.	Коньжов К.В., Политова Т.О. Основные факторы влияющие на снижение надежности теплоснабжения.....	389

19.	Крюков О.В., Гуляев И.В., Подшивалов Е.С. Энергосбережение с использованием гибридных накопителей на объектах АПК.....	391
20.	Макарова Л.В., Сташкевич Е.В. Применение интеллектуальных систем в проектировании системы электроснабжения общественного здания.....	395
21.	Мартыщенко О.И., Сташкевич Е.В. Законодательная база и техническая реализация объектов микрогенерации.....	400
22.	Миннуллина А.С., Маслов И.Н. Применение актуализированных значений электрической нагрузки для расчёта школьных учреждений.....	404
23.	Новоселова М.С. Тепловые насосы как метод энергосбережения на предприятиях теплоэнергетики.....	407
24.	Реев В.Г., Гунасекара У.Д.С. Анализ внедрения теплового насоса в изолированную систему энергоснабжения в условиях севера и Арктики республики Саха (Якутия).....	411
25.	Сайфуллина Э.И., Сулейманов Э.В. Проектирование внешних электрических сетей жилых комплексов с использованием новых электрических нагрузок.....	414
26.	Солуянов В.И. Разработка нормативных требований по расчету электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Московской области.....	419
27.	Ташлыкова В.Б. Энергетический и экономический эффект, получаемый активным потребителем.....	423
28.	Тюрин А.Н. Оценка эффективности работы устройств защиты от дугового пробоя в жилых и общественных зданиях..	426
29.	Халтурин В.А. Расчет новых удельных электрических нагрузок дошкольных образовательных и общеобразовательных учреждений.....	429
30.	Харлова А.В., Сташкевич Е.В. Сравнительная оценка тарифов электроэнергии на предмет мотивации потребителей к управлению спросом.....	433