

ни один человек! Не было даже самых минимальных радиационных последствий для населения. Уровень негативного радиационного воздействия на природу принято считать в 100 раз превышает уровень допустимого воздействия на человека. Поэтому никаких уровней радиационного загрязнения в Японии после Фукусимы-1 нет ни на суше, ни в океане (естественно, существовали локальные загрязнения, которые быстро были ликвидированы или растворились в океанской массе). От собственно цунами погибло около 20 тыс. человек, что не надо связывать с АЭС.



Рисунок 1. Макет Белорусской атомной электростанции.

5. Развитие ядерной энергетики — насущная необходимость мировой экономики, она решает, как проблемы энергосбережения, так и экологии. В США действует более 100 ядерных энергоблоков, в Европе — 140 (в одной только Франции 56). Германия начала было закрывать свой АЭС по субъективным причинам, но сейчас ставится вопрос о возобновлении их действия.

Таким образом, строительство в Республике Беларусь Островецкой АЭС нужно считать важнейшим инновационным шагом в развитии страны.

**Новосельцев В.Г., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В.**

### **ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ — ЭФФЕКТИВНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, кафедра технологии строительного производства*

Тепловые насосы представляют собой один из самых перспективных классов экологически чистого энергосберегающего отопительного оборудования. Вы можете добывать энергию буквально на своем «огороде» и быть независимыми от ископаемых теплоносителей с постоянно растущими ценами. Тепловой насос — это установка, которая сама не производит энергию, но позволяет использовать низкопотенциальное тепло (2-4°C) от грунта, подземных вод, воздуха и прочих источников для нагрева высокопотенциальных теплоносителей (60-70°C).

В некоторых странах тепловые насосы применяются давно — и в быту, и в промышленности. Сегодня в Японии, например, эксплуатируется около 3 миллионов установок, в Швеции около 500 000 домов обогревается тепловыми насосами различных типов.

#### *Принцип действия теплового насоса*

- Охлажденный теплоноситель, проходя по внешнему трубопроводу нагревается на несколько градусов.
- Внутри теплового насоса теплоноситель, проходя через теплообменник, называемый испарителем, отдает собранное из окружающей среды тепло во внутренний контур теплового насоса. Внутренний контур теплового насоса заполнен хладагентом (обычно фреоном). Хладагент, имея очень низкую температуру кипения, проходя через испаритель, превращается из жидкого состояния в газообразное. Это происходит при низком давлении и температуре 5°C.
- Из испарителя газообразный хладагент попадает в компрессор, где он сжимается до высокого давления и высокой температуры.
- Далее горячий газ поступает во второй теплообменник, конденсатор. В конденсаторе происходит теплообмен между горячим газом и теплоносителем из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент отдает свое тепло в систему отопления, охлаждается и снова переходит в жидкое состояние, а нагретый теплоноситель системы отопления поступает к отопительным приборам.
- При прохождении хладагента через редукционный клапан давление понижается, хладагент попадает в испаритель, и цикл повторяется снова.

Это базовый принцип работы насоса, который может видоизменяться в различных моделях (меняются виды компрессоров и типы хладагентов, способы передачи тепла и виды теплообменников). Однако суть остается неизменной: вы используете минимальную разницу температур с максимальной эффективностью. В настоящее время в основном используются пароконденсационные насосы, однако применяются также абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические.

Термодинамически тепловой насос представляет собой обращенную холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом преобразования теплоты (или отопительным коэффициентом) и служит показателем эффективности теплового насоса. Отличие теплового насоса от топливных источников тепла состоит в том, что для работы, кроме энергии для компрессора, ему нужен также источник низкопотенциального тепла, в то время как в традиционных источниках тепла вырабатываемое тепло зависит исключительно от теплотворной способности топлива. Источником низкопотенциального тепла может быть грунт, вода из скважины или открытого водоема, воздух. Основными элементами установки является конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.

В испарителе при низком давлении и, следовательно, при низкой температуре происходит испарение (кипение) фреона за счет тепла низкопотенциального источника тепловой энергии, от которого при этом отбирается количество тепла  $q_2$ . Пары фреона отсасываются и сжимаются компрессором, при этом рабочему телу (фреону) сообщается энергия, затрачиваемая компрессором. Пары затем поступают в конденсатор (теплообменник, аналогичный испарителю), где фреон конденсируется при более высоком давлении, создаваемым компрессором, а, следовательно, при более высокой температуре. При конденсации отбирается тепло от рабочего тела, это производится теплоносителем в системе потребителя теплоты (он холоднее конденсирующегося фреона), этот теплоноситель отбирает от фреона количество тепла. Жидкий фреон затем поступает в дроссель (это тонкое отверстие), давление резко снижается. В испаритель фреон поступает с низким давлением, и цикл повторяется.

Описанная схема может выполнять две задачи: охлаждать или нагревать объект. Машины, предназначенные для отбора тепла от тел с низкой температурой, называются холодильниками; устройства, передающие тепло телам с более высокой температурой, называются тепловыми насосами, т.е. название агрегата зависит от функции.

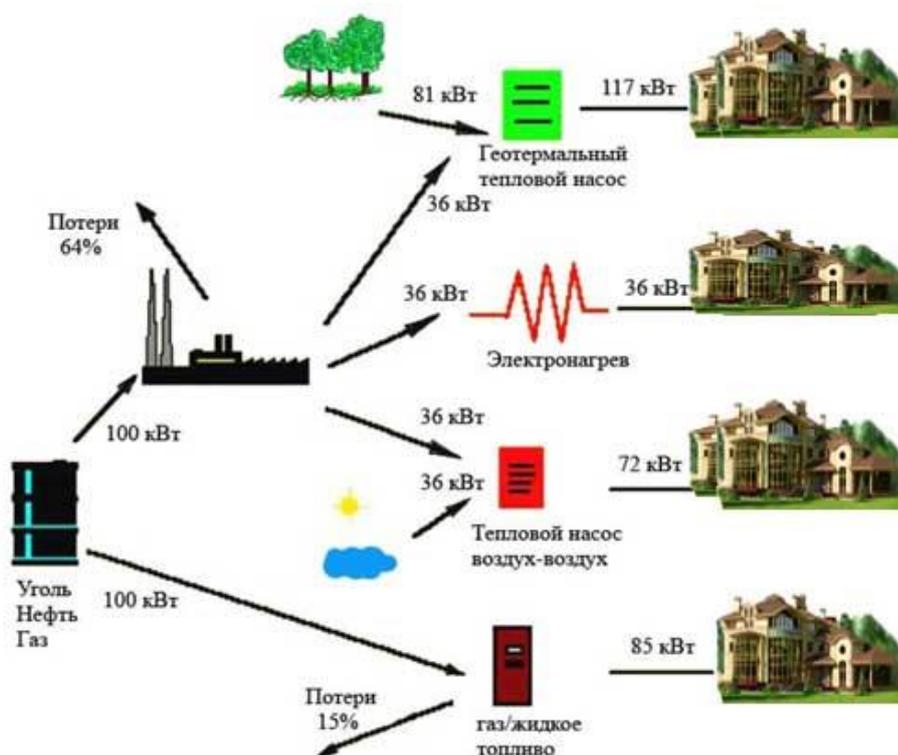


Рисунок 1. Эффективность различных источников энергии.

*Эффективность работы.* К преимуществам тепловых насосов, в первую очередь, следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии. Все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования. Основной показатель эффективности насоса — коэффициент преобразования зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе. Обычно он колеблется в различных системах от 2,5 до 5, т. е. на затраченный 1 кВт электрической энергии насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой. При этом экономия электроэнергии может достигать 70%.

*Система отопления для теплового насоса.* Теплый пол и тепловой насос — это наиболее эффективное сочетание. Энергия не только «производится» экономно, но и экономно используется! Водяной теплый пол — низкотемпературная система отопления (температура теплоносителя 30-45°C). Отношение затраченной электроэнергии к выработанной тепловой энергии тепловым насосом («КПД теплового насоса») во многом зависит от системы отопления, для которой поставляет тепло тепловой насос: чем меньше расчетная температура теплоносителя, тем больше эффективность теплового насоса. Тепловой насос вырабатывает тепло не только в отопительный период, тепло для системы горячего водоснабжения вырабатывается круглый год. Для среднего индивидуального дома затраты на приготовление горячей воды составляют около 15-20%.

*Выбор теплового насоса.* После того, как установлены: источник тепла (расчетная температура), тепловая потребность и максимальная рабочая температура, то на основании данных о производительности может быть выбран соответствующий тип теплового насоса. Тепловые насосы надежны, автоматика не нуждается в специальном обслуживании, а управление несложно. Размеры обычного насоса не превышают размеров бытового холодильника.

К недостаткам тепловых насосов, используемых для отопления, следует отнести большую стоимость установленного оборудования. Для установки теплового насоса необходимы высокие первоначальные затраты: стоимость насоса и монтажа системы составляет \$300-1200 на 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости тепловых насосов составляет 4-9 лет, при сроке службы по 15-20 лет до капитального ремонта.

**Андреюк С.В.**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО АНИОННОГО СОСТАВА**

*Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, ст. преподаватель кафедры ВВиОВР.*

### **Введение.**

Анионный состав исходной воды является одним из основных факторов, оказывающих влияние на эффективность ионообменной очистки. Наряду с зависимостью от исходной концентрации нитратов в воде, особенностью организации метода ионного обмена для удаления из подземных вод нитратов является изменение состава исходной воды по ионным компонентам: сульфатам, хлоридам, гидрокарбонатам [1].

Целью выполненных экспериментальных исследований стало изучение влияния анионного состава подземных вод и концентрации удаляемых ионов на эффект удаления нитратов методом ионного обмена с использованием метода оптимального планирования многофакторного эксперимента.

Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований [2]. Планированием многофакторного