

УДК 621.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ "ТЕПЛЫЙ ПОЛ"**

**Аубакирова Айдана Ержанкызы**

aidana-98-kz@mail.ru

Магистрант кафедры «Теплоэнергетика» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
Научный руководитель – М.Жумагулов

Расчетное конечное потребление энергии на отопление и горячую воду (на квадратный метр площади отапливаемого пола) демонстрирует тенденцию к снижению. Потребность в тепле снизилась за счет улучшения окон, ограждающих конструкций зданий, системы вентиляции, эффективного использования горячей воды, регулировки систем отопления и так далее. Общее конечное потребление энергии в основном поставляется в промышленность, транспорт и жилищно-коммунальный сектор.

Ожидается, что в будущем потребление энергии в жилищном секторе сократится из-за ужесточения энергетической и экологической политики.

Меры по повышению энергоэффективности в жилищном секторе имеют важное значение, когда речь идет о смягчении последствий изменения климата и сокращении зависимости от ископаемых видов топлива.

Выбор системы отопления на уровне здания играет важную роль в использовании первичной энергии, поскольку он определяет тип цепочек энергоснабжения, которые могут быть использованы. Источники тепла низкого качества энергии являются привлекательной альтернативой отоплению помещений в жилых помещениях. Избыточное тепло или низкотемпературное геотермальное тепло являются примерами низкокачественных источников энергии. Использование избыточного тепла приводит к снижению потребности в первичных ресурсах в энергосистеме в целом. Использование низкокачественных источников тепла облегчается тем, что система теплоснабжения внутри здания работает при низкой температуре.

Низкотемпературный нагрев означает, что требуемая температура теплоносителя низкая. Точный уровень температуры зависит от рассматриваемой технологии (т. е. системы теплоснабжения) и от текущей потребности здания в тепле. Диапазон температур от нескольких градусов до примерно 15 градусов выше комфортной комнатной температуры. Цель перехода на низкотемпературную технологию

отопления не обязательно заключается в снижении потребности здания в тепле, но это выгодно для энергетической системы в целом, поскольку высококачественные источники энергии становятся доступными для других целей. Эффективное использование имеющихся источников энергии является ключевым параметром устойчивой энергетической системы.

Для повышения общей эффективности системы необходимо снизить уровень обратной температуры от подстанций в системе централизованного теплоснабжения. Пониженный уровень температуры приводит к уменьшению распределительных тепловых потерь. Эффективность тепловых электростанций, тепловых насосов и солнечных коллекторов выигрывает от снижения уровня температуры в системе централизованного теплоснабжения. Кроме того, увеличивается возможность использования избыточного тепла в качестве полезного источника тепла в системе централизованного теплоснабжения. Требуемое увеличение мощности насоса невелико, если новое здание может быть подключено к обратному трубопроводу вместо основного трубопровода существующей системы централизованного теплоснабжения. Такое подключение подстанции возможно, если подключенное здание может использовать более низкую температуру. В результате чистая температура возврата от подстанции становится еще ниже. Привлекательно строить вторичные системы централизованного теплоснабжения, работающие при низких температурах, для кластеров низкоэнергетических зданий.

Тепловой насос перемещает тепло от холодного источника (например, земли, воды, наружного воздуха или выхлопного воздуха) на более высокий температурный уровень с помощью механической работы (например, электрической энергии). Коэффициент производительности - это соотношение между полезным тепловым движением и затратами труда, необходимыми для работы машины. Согласно эффективности Карно, производительность теплового насоса выигрывает от того, что система теплоснабжения спроектирована с низкой температурой. В качестве краткого примера, тепловые насосы для односемейных домов имеют коэффициент преобразования около 3,5, если подъем температуры составляет от 0°C до 55°C, в то время как коэффициент преобразования увеличивается до 4,9 для того же теплового насоса, если применяется низкотемпературная система (от 0°C до 35°C).

Низкотемпературное отопление в основном достигается за счет применения больших внутренних теплопередающих зон, таких как полы, потолок и стены. Встроенное поверхностное отопление - это общее название системы теплоснабжения, интегрированной в структуру здания. На протяжении всей истории конструкция здания использовалась для обогрева помещений в течение многих тысяч лет; Китайские Кан, корейские Ондол и римские и греческие гипокаустовые системы являются историческими примерами встроенного поверхностного нагрева. Водяной теплый пол является типичным примером современного встроенного поверхностного отопления (рис. 1). Тепло подается в конструкцию здания с помощью труб или воздухопроводов, встроенных в литой слой бетона, стяжку или аналогичный строительный материал. Системы также могут быть установлены в деревянных конструкциях; теплопроводные пластины, как правило, из алюминия, в этом случае монтируются близко к контуру трубы, чтобы облегчить боковую теплопроводность. Встроенная система труб/воздуховодов в соединении с прилегающей строительной конструкцией функционирует как большой теплообменник. Элемент в то же время является частью ограждающей конструкции здания, где тепло передается изнутри наружу.



Рисунок 1 - Иллюстрация конструкции теплого пола. С левой стороны - бетонная встраиваемая система, а с правой - облегченная система с теплопроводными пластинами, установленными в деревянной балке

Повышенная температура на глубине контура трубы индуцирует восходящий тепловой поток, соответствующий полезной доле теплового потока чистой подачи; следовательно, поверхность пола становится теплее. Полезная доля подводимого теплового потока равна тепловой потребности здания, если в здании не работают другие системы отопления. Одним из недостатков теплого пола является то, что существует также дополнительный тепловой поток из глубины контура трубы в сторону земли или в квартиру ниже. Эти дополнительные потери тепла обусловлены тем, что тепло подается внутри ограждающей конструкции здания, а частично и снаружи внутреннего пространства. Соотношение между восходящим тепловым потоком и подводимым тепловым потоком определяется эффективностью изоляции  $\eta$ . Эффективность изоляции зависит главным образом от толщины подстилающей теплоизоляции по отношению к земле и теплового сопротивления материала напольного покрытия. Практический смысл заключается в том, что в случае теплого пола необходимо применять более толстую теплоизоляцию грунта по сравнению с традиционной системой отопления, если подводимый тепловой поток должен оставаться постоянным. Следовательно, теплоизоляция по крайней мере 250 мм в сторону земли и использование напольного материала с низким тепловым сопротивлением (т. е. избегание толстых деревянных полов и т. д.) даны в качестве общего правила.

Бетонная плита перекрытия, в которую встроен трубопроводный контур, содержит значительную тепловую массу, что приводит к задержке времени между подачей тепла и откликом на температуру внутри помещения. Недостатком традиционных методов управления является их неспособность компенсировать время задержки и адаптироваться к меняющейся динамике. Тепловая масса системы теплого пола не обязательно является отрицательной вещью; тепловая масса зданий может быть использована в качестве кратковременного теплового хранилища в системе централизованного теплоснабжения. Накопитель дает тепловой буфер, который может быть полезен для выравнивания выработки тепла в системе централизованного теплоснабжения. Эффект хранения выше для термически тяжелых систем теплоснабжения, таких как бетонный встроенный теплый пол; тепло может храниться внутри плиты без последующего повышения температуры внутри помещения.

Снижение температуры от подачи к обратному концу контура трубы теплого пола ниже по сравнению с системой гидравлического радиатора. Большие перепады температур вдоль контура приведут к неравномерной температуре поверхности пола, что неудобно. Следовательно, при одном и том же подводимом тепловом по-

токе расход жидкости в случае напольного отопления выше, что приводит к увеличению вспомогательных теплотерь циркуляционных насосов.

Значительная доля инвестиционных затрат на подогрев пола приходится на затраты на систему управления; в частности, комнатное управление (т. е. комнатные термостаты для каждого контура трубы) может быть оценено в 25-40% от общей инвестиционной стоимости бетонного встроенного теплого пола по данным двух производителей. Бетонные или стяжные встраиваемые системы значительно дешевле систем для легкого деревянного строительства. Эти световые системы состоят из большего количества компонентов (например, теплопроводящих пластин и древесностружечных плит с погруженными дорожками для петель труб).

Существует интерес к изучению переходного режима работы системы теплого пола, установленной в хорошо изолированных жилых зданиях. Такая комбинация дает очень низкие температуры подачи. Интерес представляет также возможность упростить конструкцию системы и управление без ущерба для теплового комфорта; такое упрощение позволило бы снизить инвестиционные затраты и облегчить использование источников тепла низкого качества.

#### **Список использованных источников**

1. Bean, R., Olesen, B.W. and Kwang, W.K, (2010). History of Radiant Heating & Cooling Systems – part 1. ASHRAE Journal.40-47.
2. A Blomberg, T. (1996). HEAT CONDUCTION IN TWO AND THREE DIMENSIONS Computer Modelling of Building Physics Applications. Department of Building Technology, Building Physics, Lund University, Lund, Sweden.
3. Caccavelli, D., Bedouani, B and Baude, J. (1995). Modelling and dimensioning a hot water floor heating system. Proceedings of the 4th International Building Performance Simulation (IBPSA) Conference 1995, Madison, Wisconsin, United States.
4. CEN (2008). EN 15377: Heating systems in buildings – Design of embedded water based surface heating and cooling systems. European Committee for Standardization, CEN.