

Гуцул В. Г., Гуцул В. И.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ
КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ**

*Технический университет Молдовы. Гуцул В. Г. – заведующая департамента,
к.т.н., доцент; Гуцул В. И. – ассистент.*

1 Введение

Анализ потребления первичной энергии в Европейском Союзе показывает, что около 82 % энергии потребляется в жилом, коммерческом и промышленном секторах. Из этого потребления 47 % используется для отопления зданий и производства тепла, необходимого для технологических и производственных процессов.

Энергопотребление зданий в Республике Молдова составляет 58 % от общего энергопотребления, что ставит проблему повышения энергоэффективности зданий в качестве приоритета. Цели государственной политики в области энергетики закреплены в Энергетической стратегии Республики Молдовы до 2050 года [1]. Документ предусматривает повышение безопасности в энергетической сфере, при этом на страну влияют такие факторы, как политизация торговли энергоресурсами, рост цен на электроэнергию и природный газ. В условиях отсутствия местных ресурсов ископаемого топлива Республика Молдова может минимизировать свою зависимость от импорта, используя потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и увеличивая долю электроэнергии в структуре энергопотребления, в том числе в строительном секторе.

Одним из методов уменьшения потребления энергии является внедрение тепловых насосов для отопления, охлаждения и приготовления горячей воды. В отличие от традиционных газовых, электрических, твердотопливных котлов, тепловые насосы открывают эффективные технические возможности для экономии энергии и сокращения выбросов CO₂.

Целью данной статьи является анализ реального состояния систем обеспечения микроклимата на примере коммерческого здания и разработка мер, рекомендаций по внедрению энергоэффективных решений систем отопления, охлаждения и ГВС.

Эффективность и выбор того или иного источника тепловой энергии сильно зависят от климатических условий, особенно если источником тепла является атмосферный воздух. Лучше использовать тепловой насос с теплыми полами с водяным подогревом, чем с конвекторами, радиаторами или фанкойлами. Все зависит от температуры подачи системы отопления. Для работ с водяным теплым полом температура находится в пределах 35–45 °С, а для низкотемпературных радиаторов и фанкойлов требуется 50–55 °С.

2 Аудит здания и систем обеспечения микроклимата для коммерческого центра INSTALCO, город Кишинев



Рисунок 1 – Коммерческий центр INSTALCO

Здание построено в 1998 году. Имеет 4 уровня, общая площадь составляет 836 м². На первом этаже расположены магазин, склад, котельная; на 2 этаже – офисы, отдел продаж, бухгалтерия; на 3 этаже – сервисный центр; на 4 этаже (мансарда) – офисный кабинет для администрации компании.

В результате аудита и обследования здания, было обнаружено следующее:

- наружная стена – пустотелый глиняный кирпич [Брик стоун](#), неутепленный;
- здание не имеет подвала, первый этаж находится непосредственно на земле, пол не утеплен, что приводит к большим теплопотерям;

- входная дверь простая, одностворчатая;
- окна очень старые, из алюминиевого профиля, однокамерный стеклопакет, со швами между проемами и профилями до 1 см. Именно здесь происходят наибольшие потери тепла.

Потребность здания в тепле обеспечивают 2 конденсационных газовых котла по 50 кВт каждый, рисунок 2. Они монтируются в каскаде и управляются каскадным регулятором. Один котел установлен для подогрева теплоносителя для системы отопления, а второй – для приготовления горячей воды (ГВС). В котельной установлен змеевиковый теплообменник-бойлер на 200 литров. Рециркуляционный насос и датчик котла подключены к каскадному регулятору. При понижении температуры воды в котле автоматически запускается рециркуляционный насос. Данный тип подключения не влияет на систему отопления, которая может работать во время нагрева ГВС. Трубы не утеплены.



а) котельная 100 кВт;



б) панель управления

Рисунок 2 – Конденсационные газовые котлы

В качестве нагревательных элементов используются стальные радиаторы панельного типа. Механическая система вентиляции отсутствует. Система естественной вытяжной вентиляции предусмотрена только в санузлах. Для охлаждения воздуха используются устаревшие сплит-кондиционеры On/Off.

3 Меры по повышению энергоэффективности здания

Существующие здания, подлежащие реконструкции, должны будут соответствовать набору минимальных требований энергоэффективности. Для рассматриваемого здания предлагаются следующие энергоэффективные мероприятия:

- теплоизоляция наружных стен, пола и крыши (толщина изоляции по расчету);
- замена старых окон на новые, герметичные и более энергоэффективные;
- замена дверей на двойные двери с тамбуром на входе;
- изоляция трубопроводов;
- замена люминесцентных ламп на светодиодные лампы;
- система вентиляции с рекуперацией тепла;
- использование низкотемпературных систем отопления;
- проанализировать возможность и перспективу установки теплового насоса.

Авторы провели исследование оптимального режима работы существующего конденсационного котла. Измерения проводились при разных условиях работы:

- 1) подача/обратка – 80/60 °С;
- 2) подача/обратка – 50/30 °С.

В процессе горения были проведены следующие замеры: статическое и динамическое давление газа на входе в горелку; температура теплоносителя на входе в

установку и на выходе; расход теплоносителя; температура дымовых газов. Данные снимались со счетчика до начала исследований и после. Рассчитаны тепловые потери и КПД установки. Полученные данные занесены в Таблицу 1.

Таблица 1. Режимная книга котла мощностью 50 кВт

Cartea de regim a cazanului IMMERGAS VICTRIX 50 B Nr. 1
combustibil gazos

data: 26 noiembrie 2023
Date Generale

Denumire echipament nr. serie

Putere utila nominala (80/60 °C) Putere utila nominala (50/30 °C)

Beneficiar

Adresa instalarii

Persoana responsabila

Nr.	Denumire parametru măsurat	Unități de măsură	Valoarea	
			Putere utilă nominală	
			50-30 °C	80-60 °C
1	Tip combustibil		G20	
2	Presiune gaz la intrarea în arzător, P _{static}	mbar	30	30
3	Presiune gaz la intrarea în arzător, P _{dinamic}	mbar	26	23
4	Consum gaz după indicații contor	m ³ /h	1,75	4,29
5	Temperatura aerului în centrală	°C	24,1	24,1
6	Temperatura agent termic la intrare în cazan	°C	34	61
7	Temperatura agent termic la ieșire din cazan	°C	39	67
8	Debit de agent termic prin cazan	m ³ /h	3,66	3,66
9	Temperatura Gazelor de ardere	°C	55,8	78,5
10	Compoziția chimică a gazelor de ardere:			
	O ₂	%	5	5,5
	CO ₂	%	9	8,7
	CO	ppm	148	285
	NO	ppm	10	7
	NO _x	ppm	10	7
11	Pierderi de căldură	%	1,4	2,4
12	Eficiența instalației	%	98,6	97,6

Из анализа полученных данных был сделан вывод, что конденсационный котел более эффективен при работе при низких температурах.

Для обследуемого здания, был произведен расчет потребности в тепле [2]. Расчеты были проведены для двух граничных условий: температура наружного воздуха -16°C (температура самых холодных 5-ти дней для г. Кишинева) и $0,6^{\circ}\text{C}$ (средняя температура отопительного сезона) при постоянной температуре воздуха в помещении 20°C . Модуль $-16^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$ был выбран для определения необходимой мощности автономной котельной, а режим $0,6^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$ – для оценки количества тепла, необходимого в течение всего отопительного сезона. Продолжительность отопительного периода составляет 166 дней. В связи с тем, что во внерабочее время допускается поддерживать температурный режим ниже нормы, но не ниже 12°C , потребность в тепле была рассчитана и для модуля $0,6^{\circ}\text{C}/12^{\circ}\text{C}$.

Потребность в тепле для здания в холодный период года составляет 50 кВт для модуля $-16^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$; для модуля $0,6^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$ – 27 кВт; для модуля $0,6/12^{\circ}\text{C}$ – 16 кВт. Потребность в тепле за весь отопительный сезон, согласно расчетам, составляет: в рабочее время (с 7:00 до 18:00) 49302 кВт·ч; а во внерабочее время – 34528 кВт·ч; всего 83830 кВт·ч.

Для рассматриваемого здания была проанализирована возможность установки теплового насоса. Известно, что тепловой насос теряет свою мощность при понижении наружной температуры, поэтому был выбран тепловой насос с мощностью более 50 кВт. Согласно программе подбора было выбрано оборудование из каталога производителя: Чиллер Hyundai 65 кВт в тепловом насосе F65, включая оборудование, необходимое для его установки. Цена чиллера составляет 10 700 евро, а общая сумма инвестиций — 15 650 евро. Выбранный чиллер при средней температуре отопительного сезона будет производить 58,80 кВт тепла, потребляя 19,60 кВт электроэнергии [3, 4]. В результате коэффициент энергоэффективности COP будет

равен 3.00. Расчет срока окупаемости инвестиций в тепловой насос представлен в Таблице 2.

Таблица 2. Расчет срока окупаемости инвестиций в тепловой насос

Расходы на систему отопления	Чиллер с тепловым насосом воздух-вода	Газовый котел 50 кВт
1. Первоначальные инвестиции, лей	A=301328	B=0, существующий
Количество тепловой энергии, необходимой для холодного периода года, кВт·ч	83830	83830
Количество энергоресурсов необходимое для холодного периода года	27943 кВт·ч электроэнергии	9212 м ³ природный газ
2. Стоимость потребляемой энергии, лей	x=66784	y=133298
Срок окупаемости инвестиций, лет $T = \frac{(A - B)}{(y - x)}$	Срок окупаемости теплового насоса – 4 года 194 дней	

Примечание – Теплота сгорания 1м³ природного газа =33,08 МДж; 1 кВт/ч=3,6 МДж, 33,08/3,6=9,1 кВт. Цена за 1м³ газа составляет 14,47 лея [4]. Цена за 1 кВт·ч электроэнергии 2,39 lei [5]. Курс обмена: 1 евро = 19,2542 лея, по данным НБМ на день расчета [6].

Выводы

- тепловые насосы являются хорошим решением для коммерческих зданий при условии, что они построены в соответствии с действующими нормами или запланированы мероприятия по повышению уровня их энергоэффективности;
- если тепловой насос используется только для обогрева коммерческого здания, срок окупаемости инвестиций составляет 3–5 лет. Учитывая нестабильные цены на газ, все более теплый климат в холодный период года, выбор в пользу тепловых насосов очевиден.
- учитывая низкую эффективность тепловых насосов при низких температурах наружного воздуха, их рекомендуется устанавливать в уже существующие системы газового отопления.

Список использованных источников

1. Strategia Energetică a Republicii Moldova 2050 (SEM 2050).
2. NCM E.04.01:2017 „Protecția termică a clădirilor”, 2017.
3. NIBE ENERGY SYSTEMS. Air/Water Heat Pump NIBE AMS 10-16. Installer Manual. 2018. HB EN 1826-3331942. <https://nibe.ru>.
4. BLACK SEA. BSExpert v.2023 [software].
5. <https://anre.md>.
6. <https://www.bnm.md/>.