

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби

охолодження та опалення лікарні»

Виконала: студентка II курсу, групи ОН-91мп

Слюсарь Карина Валентинівна

(прізвище, ім'я по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник канд.тех.наук, доцент Прокопенко В.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва)

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Слюсарь Карина Валентинівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби опалення та охолодження»  
науковий керівник дисертації к.т.н., доц, Прокопенко В.В.

затверджені наказом по університету від 03.11 2020 р. №3198-с

2. Строк подання студентом дисертації 14.12.2020 року

3. Об'єкт дослідження заклад охорони здоров'я

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) технічний звіт енергетичного обстеження (енергоаудиту) будівлі; дані обліку енергоресурсів; літературні джерела за темою дисертації

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- проведення аналізу стану енергозабезпечення громадських будівель;
- проведення аналізу існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності лікарні;
- дослідження ефективності систем на потреби опалення, охолодження та вентиляції;

- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація, графіки споживання енергоресурсів, діаграми.

7. Орієнтовний перелік публікацій Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 26-27 листопада 2020 року; Слюсарь К.В. Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби опалення та охолодження

8. Консультанти розділів дисертації

*Нормоконтроль*

*ас. Прокопенко І.Д.*

9. Дата видачі завдання 01.09.2020 року

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Збір інформації з літературних джерел згідно теми магістерської дисертації та оформлення першого розділу магістерської дисертації	12.03.20-25.04.20	
2	Обстеження об'єкту магістерської дисертації та збір необхідних даних	26.04.20-15.05.20	
3	Проведення розрахунків за отриманими даними при обстеженні та оформлення другого розділу магістерської дисертації	16.05.20-10.06.20	
4	Робота над третім розділом магістерської дисертації	11.06.20-14.07.20	
5	Завершення роботи над третім розділом	15.07.20-20.08.20	
6.	Розробка стартап проекту	21.08.20-09.09.20	
7.	Оформлення дисертації	10.09.20-29.10.20	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30.10.20-10.12.20	
9.	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	
10.	Захист дисертації	17.12.20-22.12.20	

Студент

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Слюсарь К.В.

(ініціали, прізвище)

Прокопенко В.В.

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська дисертація на тему: "Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби опалення та охолодження" складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 80 сторінок основного тексту, в тому числі 25 рисунків, 19 таблиць, 34 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

**Актуальність теми.** За останні роки для України питання підвищення ефективності, енерговикористання, реалізації політики енергоспоживання, створення й удосконалення енергоринку та підвищення ефективності функціонування енергетики в цілому набули особливої актуальності і безпосередньо пов'язані з енергобезпекою країни.

Особливо гострою є проблема енергозбереження для бюджетних організацій. З одного боку, це обумовлено соціальним значенням цих об'єктів, з іншого боку, наявністю морально застарілого, низькоефективного котельного обладнання та відсутності реалізації енергозберігаючих заходів, що в свою чергу є одними з основних причин дефіциту коштів у бюджетах усіх рівнів. Основною складовою низької енергетичної ефективності інженерних мереж і систем є високий рівень питомих витрат теплової енергії, гарячої та холодної води у споживачів комунальних послуг, які проживають в багатоквартирних житлових будинках. Фізична та моральна зношеність конструкцій та внутрішніх систем житлових будівель стала головною причиною зниження якості комунальних послуг, погіршення комфортності, надійності і безпечності умов проживання споживачів.

В Україні, понад 40 % кінцевої енергії споживається існуючими будинками. При чому, питомі витрати енергії на одиницю площі в декілька раз вищі ніж в європейських країнах. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання. Тому вирішення питань енергозбереження та енергоефективності в будівництві є одним з першочергових в умовах енергетичної кризи в країні.

**Метою магістерської дисертації** є підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби охолодження та опалення лікарні шляхом удосконалення існуючих систем.

Для досягнення поставленої мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- аналіз існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності лікарні;
- проведення енергетичного обстеження стану лікарні, визначення показників огорожуючих конструкцій будівлі та інженерних систем;
- аналіз інженерних систем будівлі та побудова енергетичного балансу споживання енергетичних ресурсів;
- оцінка потенціалу енергоефективності будівлі та заходи з енергозбереження для житлової будівлі;
- розробка стартап-проекту за результатами досліджень.

**Об'єктом дослідження** є лікарня за адресою місто Краматорськ вулиця Катеринича, будинок 5

**Предметом дослідження** є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі закладу охорони здоров'я, аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержали подальший розвиток підходів до методів енергозбереження та енергоефективності систем енергоспоживання на потреби опалення та охолодження будівлі, що дозволяє підвищити рівень енергоефективності громадських будівель.

**Практичне значення роботи.** Проаналізовано стан інженерних систем закладів охорони здоров'я та запропоновано шляхи по підвищенню енергоефективності найбільш енергозатратних (системі опалення, охолодження та вентиляції).

**Апробація.** Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 26-27 листопада 2020; Слюсарь К.В. Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби охолодження та опалення лікарні.

**Публікації.** Результати магістерської дисертації були оприлюднені: Слюсарь К.В., Підвищення ефективності системи енергоспоживання на потреби охолодження та опалення лікарні, науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 26-27 листопада 2020.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** енергоефективність, енергозбереження, енергоспоживання, заклади охорони здоров'я, системи тепlopостачання, системи кондиціонування, вентиляція, тепловий насос, рекуператор, чиллер-фанкойл.

## ABSTRACT

**Structure and scope of work.** Master's dissertation on the topic: "Improving the efficiency of the energy consumption system for heating and cooling" consists of an introduction, 4 sections, conclusions and a list of sources used. The total amount of work is 80 main text pages, including 25 drawing, 19 tables, 34 bibliographic names according to the list of references.

**Actuality of theme.** In recent years, the issues of improving efficiency, energy use, implementing energy consumption policy, creating and improving the energy market and improving the efficiency of energy in general have become particularly relevant and directly related to energy security.

The problem of energy saving is especially acute for budget organizations. On the one hand, this is due to the social significance of these facilities, on the other hand, the presence of obsolete, inefficient boiler equipment and lack of energy saving measures, which in turn are one of the main causes of budget deficits at all levels. The main component of low energy efficiency of engineering networks and systems is the high level of specific consumption of thermal energy, hot and cold water for consumers of public utilities living in apartment buildings. Physical and moral deterioration of structures and internal systems of residential buildings has become the main reason for the decline in the quality of utilities, deteriorating comfort, reliability and safety of living conditions of consumers.

In Ukraine, more than 40% of final energy is consumed by existing homes. Moreover, the specific energy consumption per unit area is several times higher than in European countries. This is the largest sector of the national economy in terms of energy consumption. Therefore, addressing energy saving and energy efficiency in construction is one of the top priorities in the energy crisis in the country.

**The aim of the master's dissertation** is to increase the efficiency of the energy consumption system for the needs of hospital cooling and heating by improving the existing systems.

To achieve the goal of the study, the following tasks were solved:

- analysis of existing methods and approaches to increase the energy efficiency of the hospital;
- conducting an energy audit of the hospital, determining the performance of the enclosing structures of the building and engineering systems;
- analysis of building engineering systems and construction of energy balance of energy resources consumption;
- assessment of the energy efficiency potential of the building and energy saving measures for the residential building;
- development of a startup project based on research results.

**The object of the research** is a hospital at Kramatorsk, Katerynych Street, building 5

**The subject of the research** is the systems of energy supply and energy consumption of the building of the health care institution, analysis and provision of recommendations for the efficient use of energy resources.

**Scientific novelty of the obtained results.** Approaches to methods of energy saving and energy efficiency of energy consumption systems for heating and cooling of the building were further developed, which allows to increase the level of energy efficiency of public buildings.

**The practical significance of the work.** The state of engineering systems of health care facilities is analyzed and ways to increase the energy efficiency of the most energy-intensive (heating, cooling and ventilation systems) are proposed.

**Approbation.** Scientific and Technical Conference of IEE Undergraduates, November 26-27, 2020; Slyusar K.V. Improving the efficiency of the energy consumption system for the cooling and heating needs of the hospital.

**Publications.** The results of the master's dissertation were published: Slyusar K.V., Improving the efficiency of the energy consumption system for cooling and heating of the hospital, scientific and technical conference of IEE undergraduates, November 26-27, 2020.

**KEY WORDS:** energy efficiency, energy saving, energy consumption, health care facilities, heating systems, air conditioning systems, ventilation, heat pump, recuperator, chiller-fancoil.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	12
<b>1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ</b> ...	15
1.1 Оцінка рівня енергозбереження будівель.....	15
1.2 Методи підвищення енергетичної ефективності будівлі.....	19
1.3 Принципи формування архітектури енергоефективних будівель .....	22
1.4 Аналіз енергоспоживання закладами охорони здоров'я .....	24
1.5 Аналіз методів підвищення енергоефективності систем опалення та охолодження .....	29
1.5.1 Покращення децентралізованого джерела опалення .....	29
1.5.2 Покращення централізованого джерела опалення.....	34
1.5.3 Покращення систем кондиціонування та вентиляції .....	37
Висновки до розділу 1 .....	41
<b>2 ОБСТЕЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ОБ'ЄКТУ</b> .....	43
2.1 Загальний опис методики обстеження.....	43
2.2 Загальний опис об'єкту дослідження.....	45
2.3 Споживання енергоносіїв по рокам .....	46
2.4 Опис огорожуючих конструкцій та інженерних систем об'єкту.....	50
2.4.1 Огорожуючі конструкції .....	50
2.4.2 Характеристика системи теплопостачання.....	54
2.4.3 Характеристика системи гарячого водопостачання.....	54
2.4.4 Характеристика системи вентиляції .....	55
2.4.5 Електроспоживання .....	55
2.5 Баланс енергоспоживання.....	55
Висновки до розділу 2 .....	58
<b>3 ЗАХОДИ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ</b> .....	59
3.1 Доцільність використання теплових насосів .....	59
3.1.1 Принцип дії теплового насоса .....	60
3.1.2 Вибір теплового насоса та розрахунок терміну окупності.....	63

3.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції .....	67
3.3 Система чиллер-фанкойл .....	69
Висновки до розділу 3 .....	74
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	75
4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту .....	75
4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання ..	76
4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту .....	78
4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	78
4.5 Фінансове обґрунтування стартап проекту .....	80
4.6 Цільові групи потенційних споживачів.....	82
4.7 Канали збуду.....	83
4.8 Бізнес-модель проекту (обладнання, технології).....	84
Висновки до розділу 4 .....	86
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87

## ВСТУП

Заклади охорони здоров'я споживають велику кількість енергії, займаючи друге місце за величиною в комерційному секторі. У розвинених країнах енергетичне споживання медичних установ може становити до 18% від загального споживання енергії в комерційному секторі. Споживання енергії в медичних установах на одне ліжко зазвичай коливається від 43-92 кВт/год в день. Два основних споживача теплової енергії визначено як опалення, системи вентиляції та кондиціонування повітря (ОВіК) і водонагрівальні системи. Тому пропонується підвищити енергоефективність цих систем і підвищити ефективність управління попитом на них. Ці методи поділяються на різні рівні: концептуальний рівень, активний рівень, технічний і рівень подальшого вдосконалення, визначений у рамках ПОЕТ. На кожному рівні енергоефективні заходи, засновані на потенційній економії енергії і зусиллях, необхідних для досягнення заощадження. Крім того, підходи до модельного прогностичного контролю (МПК) розглядаються як частина розділу подальшого вдосконалення. Середня можлива економія енергії коливається від 50% до 70% на концептуальний рівень, в той час як від заходів в області енергоефективності можна очікувати економію енергії в розмірі 15% -30% на активному рівні. Діяльність в області енергоефективності на технічному рівні і подальше вдосконалення можуть привести до економії 50% -70% і 5% -10% відповідно.

Згідно енергоспоживання комерційних будівель в розвинених країнах коливається від 8% до 18%, в той час як середній світовий показник для цих будівель становить до 7% від загальної споживаної енергії. Заклади охорони здоров'я є п'ятим за величиною споживачем енергії в комерційному секторі з точки зору споживання енергії. Однак при оцінці інтенсивності енергоспоживання кожного типу будівель, установи охорони здоров'я займають друге місце за величиною в більшості розвинених країни, поступаючи лише сектору продовольчих послуг. Крім того, було відзначено, що енергоспоживання закладів охорони здоров'я коливається приблизно в

межах 43-92 кВт · год/койко-місце/день. Висока енергоємність цих будівель може бути пов'язана з енергоємними системами, які повинні працювати в повному обсязі, 24 години в день. Безперервні експлуатаційні вимоги призводять до високих енергетичних витрат. Це призводить до значних витрат на електроенергію через те, що обладнання експлуатується в періоди пікового навантаження, коли електричні витрати найвищі.

В Україні налічується близько 1700 лікарень із загальною кількістю приблизно 309 тисяч ліжко-місць. Специфіка діяльності лікарень висуває особливі вимоги щодо їх енергопостачання. Енергоресурси в лікарнях спрямовуються на життєзабезпечення закладу, у т.ч. підтримання необхідного мікроклімату в приміщеннях (освітлення, опалення, вентиляція та охолодження) та задоволення побутових потреб (харчоблоки, пральні тощо), а також функціонування медичного обладнання.

Значне зростання вартості енергоносіїв, яке відбулося в Україні за останні кілька років, вимагає від місцевих органів влади та адміністрацій лікарень шукати шляхи скорочення споживання енергоресурсів. Зазначена мета досягається завдяки впровадженню комплексу організаційних та технічних заходів.

Особливості функціонування лікарень (24/7) роблять їх одними з найбільших споживачів енергії у громадському секторі України. Показники питомого споживання енергоресурсів в українських лікарнях значно перевищують аналогічні показники в лікарнях Німеччини. Така ситуація спричинена великими тепловтратами через огорожуючі конструкції будівель, неефективним електрообладнанням та нераціональним використанням енергоресурсів. Надмірне споживання енергоресурсів в лікарнях призводить до значних витрат бюджетних коштів на їх утримання. Вирішення цієї проблеми можливо шляхом впровадження проектів комплексної термомодернізації будівель, які, за експертними оцінками, можуть забезпечити до 70 % скорочення споживання енергії в медичних закладах. Необхідно розуміти, що для багатьох з них це поки залишається

перспективою, оскільки реалізація таких складних технічних проектів потребує спільних зусиль адміністрацій лікарень та місцевих органів влади, підтримки з боку держави, а також значних фінансових коштів. Водночас, вже сьогодні адміністрації медичних закладів здатні самостійно зробити кроки для підвищення енергоефективності шляхом впровадження нескладних організаційних та маловитратних заходів, які можуть дозволити скоротити споживання енергоресурсів в лікарнях до 15% та підготувати їх до впровадження в перспективі проектів комплексної термомодернізації. Реалізація таких проектів, крім підвищення комфортності перебування в лікарнях та суттєвого скорочення бюджетних коштів, має позитивний вплив на навколишнє середовище.

# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

## 1.1 Оцінка рівня енергозбереження будівель

В умовах сучасної світової економічної кризи надзвичайно актуальною є проблема енергозбереження та підвищення енергоефективності будівель і споруд. Енергозберігаючі технології є найбільш ефективним способом боротьби з наслідками зміни клімату. Енергозбереження також дозволяє поєднувати переваги від впровадження інтелектуальних рішень для захисту навколишнього середовища з економічною вигодою [1].

Енергозбереження починається з ефективного виробництва енергії. При цьому ключову роль грають енергозберігаючі технології і рішення з використанням відновлюваних джерел енергії, таких як вітер і вода. Для організації ефективного енергопостачання будь-якого об'єкта необхідно вирішити такі найважливіші завдання як вимір, відображення, оцінка і оптимізація енергетичних потоків.

Одним з ефективних способів енергозбереження є використання системи «розумний дім», що здійснює автоматичний контроль інженерних систем будинку (опалення, вентиляція, освітлення) [2].

Електронний інтелект автоматично регулює температуру в приміщенні і занурює будинок в «сплячий режим» на час відсутності господарів, мінімізуючи роботу вентиляції та опалення. А через Інтернет господар будинку зможе включити роботу всіх систем, тим самим підготувавши будинок до свого приходу. Зрозуміло, установка і використання такої системи коштує недешево. Але оскільки питання енергозбереження стають більш актуальними з кожним днем, то ймовірність появи муніципального житла, оснащеного цією системою, збільшується.

З кожним роком тарифи на енергоресурси зростають, чим і пояснюється популярність енергоефективних технологій впровадження яких дозволить значно скоротити витрати на комунальні послуги.

Згідно оцінки експертів питомі тепловтрати будівлі розподілені та зображені на рисунку 1.1 наступним чином: 40% - інфільтрація нагрітого

повітря; 30% - недостатній опір теплопередачі огорожувальних конструкцій;  
30% - нераціональна витрата гарячої води і нерегульоване опалення.

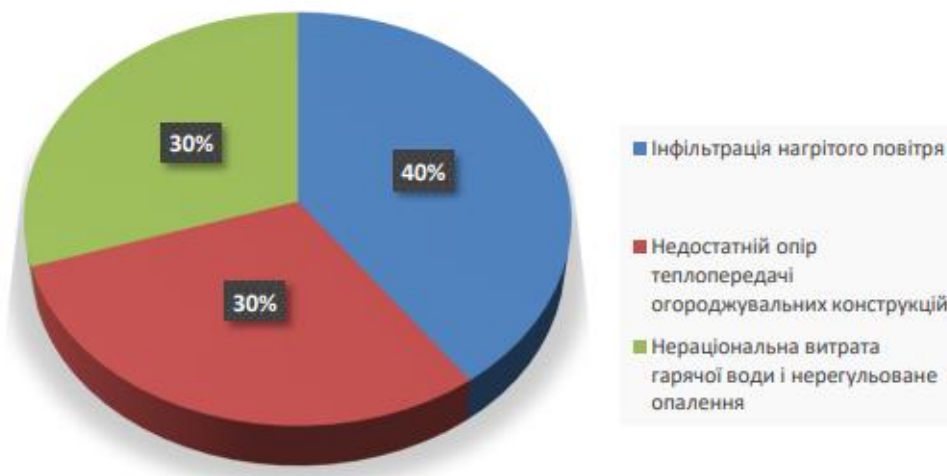


Рисунок 1.1 – Питомі тепловрати будівлі

Можна виділити наступні причини ірраціональної витрати теплової енергії:

- Нерегульовані системи природньої вентиляції;
- Відсутність систем вентиляції з рекуперацією тепла;
- Нещільність сполучення віконних і дверних блоків;
- Неправильне архітектурно-будівельне рішення при опалюванні сходових блоків;
- Неякісна теплоізоляція стін, стель підвалів, світлопрозорих огорожень;
- Недолік приладів обліку і регулювання на системі опалення і гарячого водопостачання;
- Велика кількість мереж зовнішніх теплотрас і їх недостатня теплоізоляція;

Зниження споживання вичерпних природних ресурсів, що витрачаються на системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВіК), є завданням першорядної важливості на увазі обмеженості цих ресурсів. В даний час в розвинених країнах Європейського союзу перспективним напрямком є проектування та будівництво енергоефективних будівель або, 40% 30% 30%

Інфільтрація нагрітого повітря Недостатній опір теплопередачі огорожувальних конструкцій Нераціональна витрата гарячої води і нерегульоване опалення так зване, «зелене будівництво» [1]. Зелене будівництво - метод проектування, будівництва та експлуатації будівель, метою якого є зниження енерго- і ресурсоспоживання будівель і споруд при збереженні або підвищенні комфортних умов мікроклімату. До завдань, що вирішуються за допомогою зеленого будівництва, відносяться: - зменшення негативного впливу на навколишнє середовище; - скорочення споживання природних ресурсів в процесі експлуатації будівель; - підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд.

Згідно з європейською класифікацією енергоефективних будівель [3], будівлі та споруди можна розділити на кілька типів, представлених в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Класифікація будівель та споруд за рівнем річного споживання енергії

Класифікація будівель	Річне споживання енергії, кВт*год/м <sup>2</sup>
Стара будівля	300
Нова будівля	150
Будівля низького енергоспоживання	60
Пасивний будинок	15
Будівля нульової енергії	0
Будівля плюсової енергії	Вироблення енергії більше, ніж споживає

Відповідно до вимог Євросоюзу, з 2020 року в Європі буде дозволено будівництво тільки тих будівель і споруд, які задовольняють вимогам енергоефективності не нижче пасивного будинку [4]. В Україні проектування і будівництво нових будівель і споруд, а також реконструкція існуючих, виконується на підставі вимог Закону України Про енергетичну ефективність будівель та ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», та ДСТУ Б EN 15251:2013. (таблиця 1.2)

Таблиця 1.2 – Класи енергозбереження житлових і громадських будівель в залежності від величини відхилення розрахункового значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі від нормованого

Клас	Найменування класу	Величина відхилення розрахункового значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі від нормованого, %
A++	Дуже високий	Нижче -60
A+		Від -50 до -60 включно
A		Від -40 до -50 включно
B+	Високий	Від -30 до -40 включно
B		Від -15 до -30 включно
C+	Нормальний	Від -5 до -15 включно
C		Від +5 до -15 включно
C-		Від +15 до +5 включно
D	Понижений	Від +15 до +50 включно
E	Низький	Більше +50

При розгляді питань проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування спочатку встановлюють, який тип будівлі, характеристику приміщень (санітарну, пожежну і вибухову). Для цієї мети потрібно визначити характеристику виділених забруднень (вологи, парів, газів і пилу), кількість повітря необхідного для 1 людини, якщо це не складські приміщення, кратність повітрообміну та температури, яку потрібно підтримувати у приміщеннях.

Виходячи з даних умов можемо виділити такі види будівель, як житлові, промислові, сільськогосподарські та громадські будівлі. Для кожного типу будівель існують вимоги щодо вибору систем опалення та кондиціонування.

## 1.2 Методи підвищення енергетичної ефективності будівлі

Енергоефективність – раціональне використання енергетичних ресурсів з метою оптимізації кількості використовуваної енергії для збереження одного і того ж рівня енергозабезпечення будівлі [5,6].

В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому нічого не змінюється. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках.

Енергоефективність означає раціональне використання енергетичних ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технології та дотриманні вимог до навколишнього середовища.

Для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоспроможності, для екології – обмеження викидів парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12% тепла втрачається через зношеність мереж, 5% – через застаріле обладнання котелень. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепло модернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25%. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75%.

Норми, що врегульовують питання термомодернізації будівлі, встановлення засобів обліку та регулювання споживання енергетичних

ресурсів, модернізації систем опалення, постачання гарячої води, вентиляції, кондиціонування та освітлення, використання місцевих відновлюваних, альтернативних джерел енергії та здійснення інших заходів з енергоефективності, передбачено проектом закону «Про енергетичну ефективність будівель» (реєстр. № 1566).

Проектування енергоефективної будівлі спрямовано на побудову об'єкта, що ефективно використовує тепло, є колектором та акумулятором теплової енергії [9]. Всі елементи будинку повинні бути узгоджені з головним принципом, сприяти та регулювати надходження сонячного тепла до будинку. Задача проектування енергоефективних будівель – можливість отримання в результаті проектування будови, в якій досягнуто мінімального впливу зовнішнього середовища на будинок; будови, що характеризується компактністю забудови, захищеної від несприятливих природних явищ зі сприятливою орієнтацією. Задачею проектування окремого об'єкта є створення будинку, що характеризується максимальним накопиченням тепла всередині, компактністю форми, оптимальною орієнтацією за сторонами світу, диференціацією скління, пасивним та активним використанням сонячної енергії, можливістю сезонної трансформації енергонакопичувальних елементів будинку, температурним зонуванням будинку.

Основними факторами впливу на енергоефективність будівлі є сонячна радіація, температура і вологість повітря, використання поновлювальних джерел енергії. Безпосередньо впливають на енергоефективність будинків нормативні та технологічні вимоги до інсоляції, природного освітлення, акустики, шумозахисту, аерації тощо [10].

Енергетичні можливості зовнішнього клімату для тепlopостачання будівлі Зовнішній клімат, тепло землі, водні ресурси, біомаса і т.д. є джерелами енергії, тому слід передбачити можливість їх використання за допомогою теплових насосів, сонячних колекторів, енергетичних устаткувань і т.д.

Методичною основою для дослідження енергетичної здатності зовнішнього клімату (тепла землі, водних ресурсів і т.д.) є статистична обробка результатів метеорологічних спостережень. При побудові математичної моделі сукупності зовнішнього клімату, можна використовувати детермінований або ймовірнісний підходи. Детермінований підхід заснований на використанні реального поєднання сукупності показників зовнішнього клімату кожного географічного пункту за багаторічний період, щогодинні і нагальні показники клімату для даного географічного пункту, зібраного в архівах метеостанцій за багато років [11]. У разі ймовірнісного підходу до побудови математичної моделі сукупності показників зовнішнього клімату зміна цих показників є випадковим процесом, причому нестационарним і багатовимірним. За експериментальними даними можна побудувати як одновимірні функції розподілу показників зовнішнього клімату, так і двовимірні: температура – швидкість вітру, температура – сонячна радіація, температура – відносна вологість, ентальпія зовнішнього повітря – сонячна радіація.

Однак, на відміну від енергозбереження, яке в основному призначений для зменшення енергоспоживання, енергоефективність - раціональне витрачання енергії, завдяки якому енергетичні компанії знизять нераціональні витрати на паливо, що надасть позитивний вплив на екологію, скоротивши викиди шкідливих парникових газів в атмосферу. Для забезпечення енергоефективності застосовують спеціальні пристрої, які припиняють подачу тепла, вентиляції, електроенергії у відсутності людини. Також підвищення енергоефективності [7, 8] досягається за рахунок використання енергозберігаючих ламп, методів автоматизації і за допомогою архітектурних рішень.

Енергоефективний будинок – це будинок, який характеризується раціональним використанням енергетичних ресурсів та покращеними зведеними показниками тепловитрат порівняно з нормативними. Електронний інтелект автоматично регулює температуру в приміщенні і занурює будинок в

«сплячий режим» на час відсутності господарів, мінімізуючи роботу вентиляції та опалення. А через Інтернет господар будинку зможе включити роботу всіх систем, тим самим підготувавши будинок до свого приходу. Зрозуміло, установка і використання такої системи коштує недешево. Але оскільки питання енергозбереження стають більш актуальними з кожним днем, то ймовірність появи муніципального житла, оснащеного цією системою, збільшується.

З кожним роком тарифи на енергоресурси зростають, чим і пояснюється популярність енергоефективних технологій впровадження яких дозволить значно скоротити витрати на комунальні послуги. Згідно оцінки експертів питомі тепловтрати будівлі розподілені та зображені на рисунку 1.1 наступним чином: 40% - інфільтрація нагрітого повітря; 30% - недостатній опір теплопередачі огорожувальних конструкцій; 30% - нераціональна витрата гарячої води і нерегульоване опалення.

### 1.3 Принципи формування архітектури енергоефективних будівель

Під час проектування енергоефективної будівлі дотримуються декількох основоположних архітектурних і будівельних принципів підвищення енергоефективності:

- оптимізація архітектурних форм будівлі з урахуванням можливого впливу вітру;
- оптимальне розташування будівлі відносно сонця, що забезпечує можливість максимального використання сонячної радіації;
- збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі (зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над неопалюваними підвалами) до технічно можливого максимального рівня;
- зведення до мінімуму кількості теплової провідності, наявних в конструкції теплових мостів;
- забезпечення необхідної повітряної щільності конструкції будівлі щодо припливу зовнішнього повітря;

- підвищення до максимального технічно можливого рівня термічного опору світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

- створення системи вентиляції для подачі свіжого повітря, видалення відпрацьованого повітря, розподілу тепла в приміщенні і організація регенерації тепла вентиляційного повітря.

В роботі методологія проектування енергоефективних будівель заснована на системному аналізі будівлі як єдиної енергетичної системи [11]. Представлення будівлі як суми незалежних інноваційних рішень порушує принципи системності і призводить до втрати енергетичної ефективності проекту.

Проектування енергоефективної будівлі згідно з принципами системного аналізу включає в себе три етапи:

- побудову математичної моделі тепломасообмінних процесів в будівлі;
- вибір цільової функції, тобто граничних умов і формулювання оптимізаційної задачі залежно від цілі оптимізації;
- розв'язання поставленої оптимізаційної задачі.

Основний вплив на формування теплового режиму і відповідно енергетичного статусу будинку (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Поєднання вищенаведених рішень забезпечує мінімальне енергоспоживання будівлі, при цьому визначальними факторами підвищення енергоефективності будівлі є збільшення термічного опору його конструктивних елементів і скорочення кількості теплових мостів. Архітектурні енергозаощаджувальні рішення повинні найкращим чином враховувати позитивний вплив зовнішнього клімату і мають максимально нейтралізувати його негативний вплив, зі урахуванням орієнтації і форми будівлі, яка пов'язана природним чином зі склінням, тепло-, сонцезахистом огорожувальних конструкцій. Відповідно до методології системного аналізу

математичну модель теплового режиму будівлі як єдиної теплоенергетичної системи доцільно представити у вигляді трьох взаємопов'язаних моделей, більш зручних для вивчення.

#### 1.4 Аналіз енергоспоживання закладами охорони здоров'я

Заклади охорони здоров'я споживають велику кількість енергії, займаючи друге місце за величиною в комерційному секторі [12]. У розвинених країнах енергетичне споживання медичних установ може становити до 18% від загального споживання енергії в комерційному секторі.

Споживання енергії в медичних установах на одне ліжко зазвичай коливається від 43-92 кВт/год в день. Два основних споживача теплової енергії визначено як опалення, системи вентиляції та кондиціонування повітря (ОВіК) і водонагрівальні системи. Тому пропонується підвищити енергоефективність цих систем і підвищити ефективність управління попитом на них. Ці методи поділяються на різні рівні: концептуальний рівень, активний рівень, технічний і рівень подальшого вдосконалення, визначений у рамках ПОЕТ. На кожному рівні енергоефективні заходи, засновані на потенційній економії енергії і зусиллях, необхідних для досягнення заощадження. Крім того, підходи до модельного прогностичного контролю (МПК) розглядаються як частина розділу подальшого вдосконалення. Середня можлива економія енергії коливається від 50% до 70% на концептуальний рівень, в той час як від заходів в області енергоефективності можна очікувати економію енергії в розмірі 15% -30% на активному рівні. Діяльність в області енергоефективності на технічному рівні і подальше вдосконалення можуть привести до економії 50% -70% і 5% -10% відповідно.

Згідно з [13], енергоспоживання комерційних будівель в розвинених країнах коливається від 8% до 18%, в той час як середній світовий показник для цих будівель становить до 7% від загальної споживаної енергії. Заклади охорони здоров'я є п'ятим за величиною споживачем енергії в комерційному секторі з точки зору споживання енергії.

Однак при оцінці інтенсивності енергоспоживання кожного типу будівель, установи охорони здоров'я займають друге місце за величиною в більшості розвинених країни, поступаючи лише сектору продовольчих послуг. Крім того, було відзначено, що енергоспоживання закладів охорони здоров'я коливається приблизно в межах 43-92 кВт·год/койко-місце/день [14]. Висока енергоємність цих будівель може бути пов'язана з енергоємними системами, які повинні працювати в повному обсязі, 24 години в день. Безперервні експлуатаційні вимоги призводять до високих енергетичних витрат. Це призводить до значних витрат на електроенергію через те, що обладнання експлуатується в періоди пікового навантаження, коли електричні витрати найвищі [15].

Проаналізувавши данні про споживання енергії закладами охорони здоров'я було отримано типовий обсяг використання енергії. На рисунку 1.2 зображено середнє споживання енергії кількома медичними установами в Україні показано у вигляді кругової діаграми. З діаграми видно, що опалення, система вентиляції та кондиціонування повітря (ОВіК) є найбільшими енергетичними процесами в лікарнях, що складає 45% від загального споживання енергії. На споживання світла припадає приблизно 15% від загального споживання енергії в закладах охорони здоров'я та це є другим за обсягом показником споживання енергії. Медичне та офісне обладнання може споживати до 14% енергії, в той час як відповідні процеси при нагріванні води до 12% споживаної енергії. Центральний відділ стерильних послуг (ЦВСП) споживає значно менше енергії в порівнянні з іншими процесами, за якими слідує кухня, 6% від загального обсягу споживання енергії.

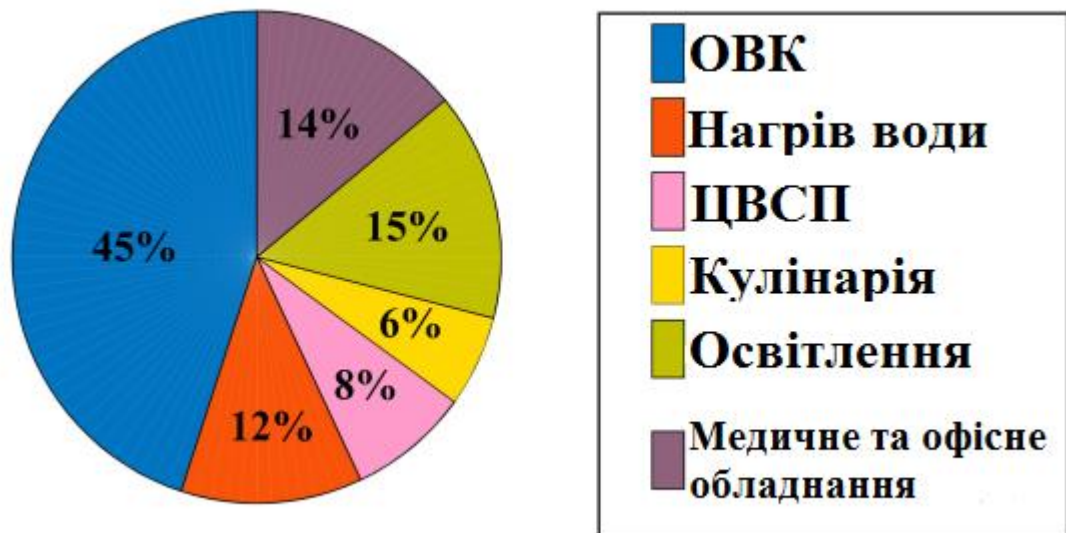


Рисунок 1.2 - Обсяг споживання енергії в закладах охорони здоров'я

У ретроспективі, два основних тепло- і енергоємних процеси, на які припадає 59% загальне споживання енергії може бути визначено як системи ОВІКВ і водонагрів. В цьому випадку теплові процеси обираються через велику кількість споживаної енергії і потенціал для підвищення енергоефективності. Решта категорії становлять приблизно 41% від загального числа споживана енергії, найбільшими з яких є освітлення, медичне і офісне обладнання, за яким слідує менші навантаження, такі як кухня і центральний відділ стерильних послуг.

Ефективність обладнання. Після визначення енергоємних процесів, в даному випадку ОВІК і водонагрівальних систем, можуть бути прийняті відповідні рішення для визначення пріоритетів і обґрунтування заміни обладнання. Підвищення енергоефективності на цьому рівні може спричинити за собою заміну або монтаж існуючого обладнання. Загалом, це вдосконалення можна далі назвати модернізацією з метою підвищення енергоефективності будівель.

Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря (ОВІК). З огляду на процеси ОВІКВ, вдосконалені компоненти обладнання, наявні на ринку, можуть встановлюватися, замінюючи існуючі неефективні компоненти. Типова схема системи ОВІК показана на рисунку 1.3. Згідно з [16], складові

системи ОВіК можна розділити на чотири категорій: вентилятори, охолодження, опалення, насоси. Споживання енергії вентиляторами, охолодження та опалення становлять 34%, 27% і 17%, відповідно. Насоси і градирні відповідають за 16% і 6% відповідно. Заміна існуючого обладнання, що відповідає за ці енергоємні процеси з більш високою ефективністю обладнання, може запропонувати істотну економію. Крім того, існуючі системи зазвичай застаріли через деградацію з плином часу. Основний фактор деградації цих систем може бути результатом безперервної роботи, поганого технічного обслуговування і тривалого впливу умов навколишнього середовища обладнання.

Крім того, нещодавно розроблене обладнання може запропонувати істотні поліпшення з точки зору енергоефективності. Наприклад, використання приводів змінної швидкості для управління компресорними системами в холодильних машинах, на відміну від автономних компресорів з фіксованою частотою обертання, може забезпечити суттєву економію. Відповідь на запит вводиться компонент, на відміну від постійної подачі стисненого холодоагента звичайною системою. Крім того, приводи зі змінною швидкістю також представлені у водяних насосах та вентиляторах для подальшого підвищення ефективності. Насоси розташовані як в випарнику, так і секції конденсатора, а вентилятори, що відповідають за відведення тепла і регулювання повітряного потоку, розташовані на конденсаторній секції і повітрязбірні установки відповідно.

Інші поліпшення в конструкції ОВіК можуть включати синхронні двигуни з постійними магнітами, замість асинхронних двигунів, пропонуючи середнє підвищення енергоефективності до 10,4% в цілому діапазон швидкостей. У перспективі загальна економія енергії в системах ОВіК може бути наступною: до 8,58% в результаті заміни асинхронних двигунів. Синхронні двигуни з постійними магнітами можуть замінити всі існуючі асинхронні двигуни в системі ОВіКВ, щоб підвищити загальну енергоефективність. Крім того, синхронні двигуни з постійними магнітами

зазвичай працюють при майже постійній ефективності приблизно 96% при будь-якій заданій швидкості.

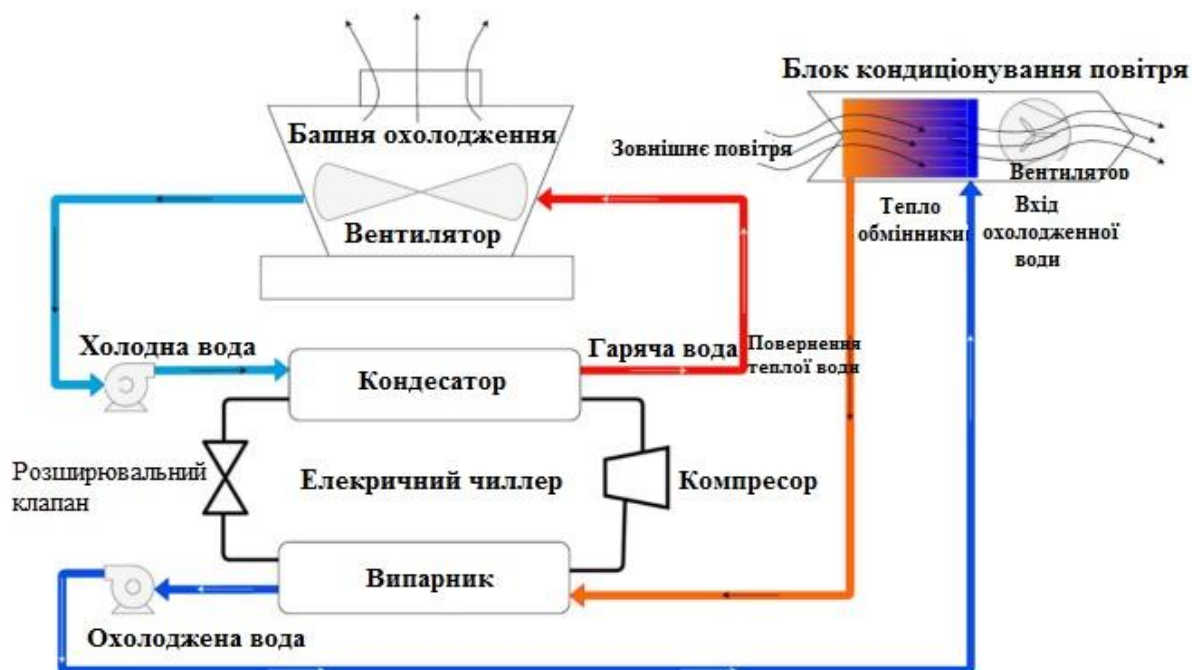


Рисунок 1.3 – Схема системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВіК)

Більше того, при розгляді випарника останнім часом були досягнуті значні зрушення для поліпшення роботи випарника. Найчастіше використовувана конструкція випарника в минулому був тип, де холодоагент повністю покривав водопроводи всередині випарника. Два інші заходи були введені щодо зменшення кількості холодоагенту, необхідного для його подачі: результат, як найбільш часто використовувана система, тобто затоплений тип. Зменшення холодоагенту може призводити до меншої витрати енергії з точки зору роботи, необхідної для стиснення та перекачування холодоагенту навколо контуру охолодження. Ці вдосконалені системи випарника складаються з випарника з плівкою із змішаним падінням і повністю випадаючий випарник плівки. Спостерігалось, що випарник змішаного типу використовував приблизно 15% менше холодоагенту, ніж звичайний затоплений тип, тоді як випадаючий тип може зменшити необхідний холодоагенту до 40% у порівнянні із затопленим типом. Тому при виборі випадаючого типу – енергія необхідна через стиснення та перекачування

холодоагенту може бути зменшена приблизно на 40%. Це означає економію енергії приблизно на 10,8%, враховуючи загальну енергію споживання обладнання ОВіК [17]. Додатково використання сучасного змінного холодоагенту потокові системи можуть забезпечити економію 30–40% від загального споживання енергії ОВіК [18].

### 1.5 Аналіз методів підвищення енергоефективності систем опалення та охолодження

Різні підходи до проектування системи теплопостачання значною мірою залежать від наявності енергетичних ресурсів, ціни, інфраструктури, технологічного розвитку та енергетичної політики відповідної країни [19]. Технологія систем теплопостачання перебуває у перехідній фазі, і досягнуто значних технологічних досягнень, включаючи відновлювані джерела енергії як джерело теплопостачання. Для впровадження відновлюваної енергетики важливими є такі заходи державної підтримки:

- законодавча база та політика
- встановлення цілей для просування відновлюваних джерел енергії для використання в електроенергії або опаленні
- надання фінансових/фіскальних стимулів для інвестицій у відновлювані джерела енергії
- прийняття середньострокових тарифів на придбання відновлюваної енергії
- накладення зобов'язання енергетичним компаніям забезпечувати певний відсоток своїх поставок із відновлюваних джерел

Таким чином, впровадження рішень з відновлюваної енергії може застосовуватися як для централізованих, так і для децентралізованих систем теплопостачання.

#### 1.5.1 Покращення децентралізованого джерела опалення

Принцип децентралізованого теплопостачання заснований на самостійно виробленій тепловій енергії для внутрішніх потреб. Децентралізовані системи опалення можуть покладатися як на

невідновлюване паливо (наприклад, встановлення котельного обладнання), так і на відновлювану енергію (установка сонячних колекторних систем на даху та теплових насосів).

Встановлення котельного обладнання. Одним із найпоширеніших заходів щодо модернізації децентралізованих систем теплопостачання є заміна застарілих котлів на більш ефективні. Ефективність нового котельного обладнання значною мірою визначається ефективністю, з якою паливо споживається для виробництва енергії. Коефіцієнт, що визначає ефективність роботи котлів, називається коефіцієнтом корисної дії. Більш високий коефіцієнт ефективності котла означає, що для виробництва заданої кількості тепла (або подачі гарячої води) потрібно менше споживання палива. Сучасне котельне обладнання має вищий коефіцієнт корисної дії при спалюванні подібної кількості палива, порівняно з традиційними котлами. Крім того, деякі котли мають можливість перемикатися на різні типи палива з більш високою теплотворною здатністю, а також додаткову функцію автоматичної системи регулювання тепла в поєднанні з погодними регуляторами.

Існують різні типи котельного обладнання, що працює на різних видах палива, наприклад: котли на природному газі, дизельні, вугільні, електричні та котли на біомасі. У деяких країнах електричні або вугільні котли є більш поширеними, головним чином, через більшу вартість інших видів палива (наприклад, природного газу).

Крім того, технологія дозволяє котлу перейти на інший тип палива з вищими калорійностями, а також додаткову функцію, автоматичні системи регулювання тепла в поєднанні з погодним регулюванням. Існують різні типи котельного обладнання, які працюють з використанням різних видів палива, таких як: котли на природному газі, дизельні, вугільні, електричні та котли на біомасі (рисунок 1.4). У деяких країнах електричні або вугільні котли більш поширені, головним чином, через дорожче споживання палива, наприклад, природного газу. Однією з найбільш ефективних технологій котлів є

конденсаційні котли, які ефективніші за традиційні котли. Використання конденсації водяної пари, що утворюється в результаті процесу згоряння вуглеводнів, вважається найбільш інноваційною технологією котлів. Конденсаційні котли працюють за цим принципом.



Рисунок 1.4 – Приклад сучасних котлів

Сонячні колектори. Сонячне опалення - одне з найбільш широко використовуваних технічних рішень з відновлюваних джерел енергії в будівельному секторі. Тепло від сонячного випромінювання можна використовувати для гарячого водопостачання та внутрішнього опалення в житлових або громадських будівлях. Існує два типи сонячних колекторів: плоскі та вакуумні трубчасті колектори. Типові сонячні колектори генерують температуру 60-100 ° С.

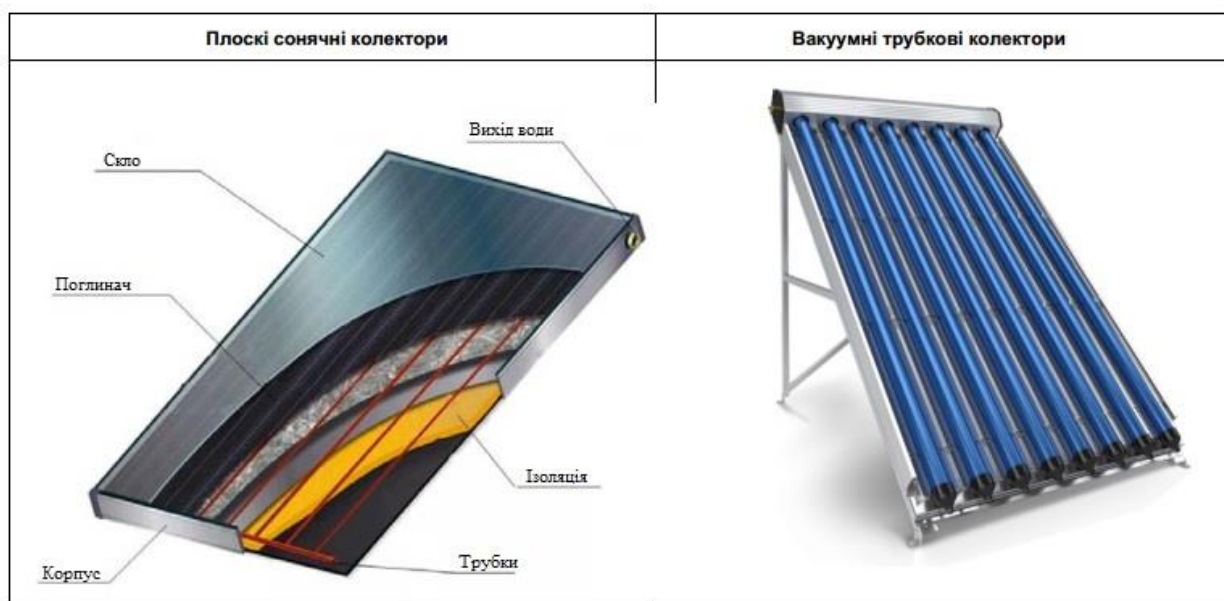


Рисунок 1.5 – Типи сонячних колекторів

Таблиця 1.3 – Переваги та недоліки сонячних колекторів

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Недороге рішення</li> <li>- Простота установки та обслуговування</li> <li>- Простий в експлуатації і, як правило, не потрібне інше обладнання (наприклад, насоси)</li> <li>- Перевірена технологія зі значним терміном служби (більше 25 років)</li> <li>- Ідеально підходить для періодичних навантажень (наприклад, будинків, ресторанів та малого бізнесу)</li> <li>- Вища ефективність у порівнянні з плоскими колекторами</li> <li>- Ідеально підходить для великих і постійних навантажень (готелі, спа, басейни та тренажерні зали)</li> <li>- Ідеально підходить для сонячного охолодження та опалення;</li> <li>- Температури коливаються від 50 ° C взимку до 120 ° C влітку. Закрийте зимове навантаження, за винятком екстремальних умов.</li> <li>- Не схильний до пошкоджень від сильного снігу або граду</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Менша ефективність порівняно з вакуумними трубковими колекторами</li> <li>- Температурний діапазон не ідеальний для сонячного охолодження;</li> <li>- Протягом тривалих зимових періодів не може прийняти навантаження гарячої води (гарячої води);</li> <li>- Чутливий до пошкоджень від сильного снігопаду або граду</li> <li>- Вони є відносно дорогим рішенням</li> <li>- Не ідеально підходить для невеликих навантажень гарячої води (таких як будинки)</li> <li>- Спекотні літні умови можуть спричинити піроліз гліколю, якщо немає постійного споживання або циркуляції води (температури можуть підніматися вище 130 ° C).</li> <li>- Низьке споживання електроенергії через необхідність примусової рециркуляції, особливо влітку</li> </ul>

Сонячні системи можна розділити на дві ключові категорії: пасивні та активні, які зображено на рисунку 1.6.

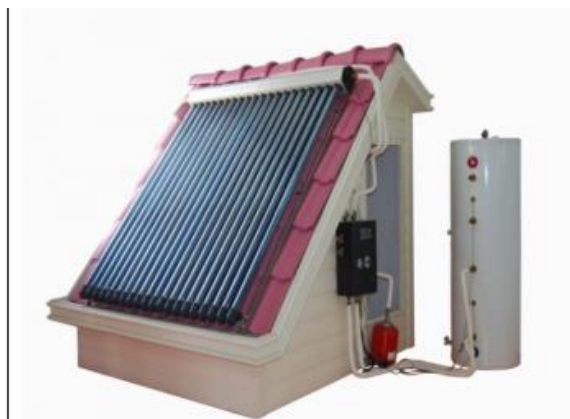


Рисунок 1.6 – Приклади сонячних систем опалення

Пасивна сонячна система встановлюється як один комплектний блок на даху, який складається з сонячного колектора та резервуару для води. Ця система порівняно дешевша, але в той же час вона не підходить для використання в холодному кліматі. Активні сонячні системи водонагрівання та теплопостачання включають широкий спектр інженерного обладнання: сонячні колектори, контролери, циркуляційний насос, широкий бак, основний резервуар для зберігання та сполучні труби. Активні системи дорожчі, але дають більше переваг і можуть використовуватися в зимовий сезон. Електричне опалення забезпечує необхідну температуру води, особливо в похмуру погоду з меншим рівнем радіації. Загалом, ці системи щорічно споживають менше електроенергії.

Активні системи можна використовувати не тільки для підігріву води, але і для систем теплопостачання. Крім того, можна регулювати потужність активних сонячних систем (у визначених межах), додаючи більше сонячних колекторів. Наприклад, у випадку, якщо необхідно нагріти більше води або збільшити площу нагрівання.

Теплові насоси. Тепловий насос працює за принципом парокомпресійного охолодження, так що передача тепла здійснюється від холодних джерел теплової енергії з низьким потенціалом до теплих з високим

потенціалом. Теплова потужність здійснюється за допомогою конденсації та випаровування теплоносія (як правило, фреон, що циркулює в замкнутих контурах). Теплові насоси споживають електроенергію для роботи компресора теплоносія та циркуляційних насосів вторинного контуру.

Існує кілька ключових моментів щодо встановлення теплових насосів у будівельному секторі:

1. Встановлення систем теплових насосів є економічно доцільним, коли їх встановлюють під час будівництва, оскільки легше забезпечити простір. Під час модернізації будівлі може бути можливо інтегрувати тепловий насос з існуючою системою теплопостачання разом із теплозбірником.

2. У холодному кліматі та в теплу пору року теплові насоси з використанням джерела води можуть працювати ефективніше, ніж теплові насоси на повітряній основі або інші системи кондиціонування. Теплові насоси набагато ефективніші, ніж інші електричні системи опалення, і, залежно від цін на паливо, вони можуть бути також більш економічними, ніж інші системи опалення.

3. Теплові насоси демонструють надзвичайну ефективність, коли денні температури різко коливаються.

4. Теплові насоси економічно доцільні в країнах, де природний газ порівняно дорогий порівняно з електрикою або недоступний. Системи теплових насосів мають менші витрати на енергію, тоді як ціна на електроенергію (за кВт) у 3,5 рази вища, ніж ціна на традиційне паливо (для виробництва 1 кВт).

5. У районах, де буріння порівняно дешевше, геотермальні системи з вертикальним ґрунтовим теплообмінником є найбільш привабливими.

6. Теплові насоси можуть бути класифіковані відповідно до джерела теплової потужності з низьким потенціалом.

#### 1.5.2 Покращення централізованого джерела опалення

Централізоване централізоване тепlopостачання складається з джерела теплової енергії, розподільчої теплової мережі та індивідуального теплового пункту перетворення теплової потужності та його розподілу до споживача - внутрішніх систем опалення будівлі. Кожен із вище перелічених пунктів відіграє важливу роль у надійному та якісному тепlopостачанні будівель (рисунок 1.7)

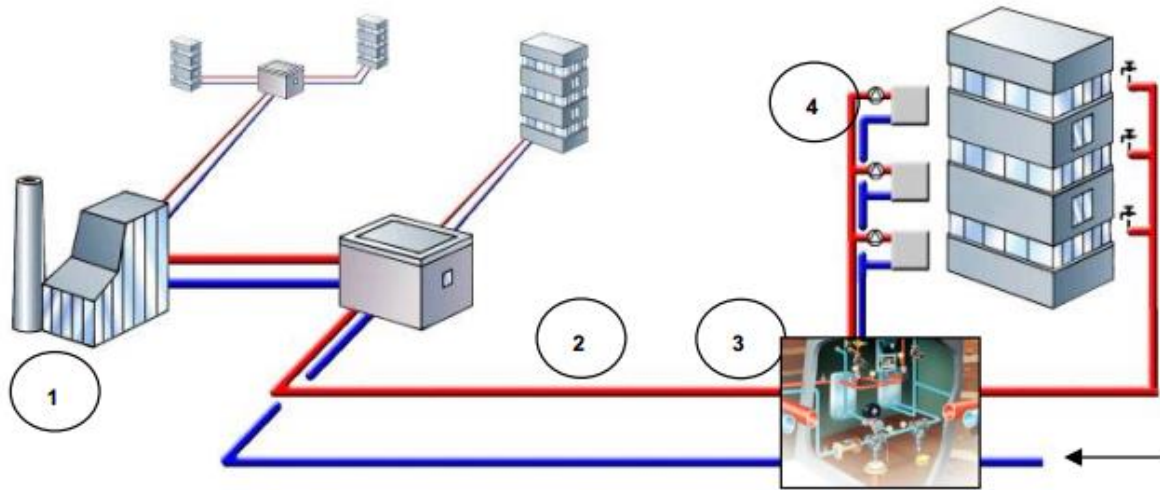


Рисунок 1.7 – Схема системи централізованого тепlopостачання: 1. Центральна опалювальна установка/центральный котел; 2. Мережа централізованого тепlopостачання; 3. Нагрів індивідуальної точки 4. Внутрішня система опалення будівлі.

Багатосімейні житлові, громадські та комерційні будівлі, як правило, оснащені інженерними системами, які включають опалення, вентиляцію та гаряче водopостачання. Незалежно від призначення та розміру будівлі, всі інженерні системи забезпечують комфортні умови для мешканців, безпеку та надійність постачання, заощаджуючи енергію та зменшуючи CO<sub>2</sub> викидів. Конфігурація централізованої системи опалення - це інтенсивна операційна система; наприклад, навантаження систем опалення та вентиляції залежить від температури зовнішнього повітря та виділення тепла в приміщеннях, а також від роботи системи побутового гарячого водopостачання.

Впровадження систем централізованого опалення вимагало складної системи автоматизації в системах тепlopостачання будівлі, що охоплює

теплові точки та системи, що споживають тепло. У багатьох країнах централізована система теплопостачання використовує автоматизовану систему управління, яка є обов'язковим заходом у нових будинках та для модернізації.



Рисунок 1.8 – Вид індивідуальної автоматичної точки нагрівання з регулюванням погоди

Найбільш значний ефект енергозбереження від систем споживання тепла може бути досягнутий із застосуванням автоматичного нагрівання окремих точок, які виконують такі основні функції:

- регулювання температури гарячої води, що подається в систему опалення, залежно від температури зовнішнього повітря (контроль компенсації погоди);
- регулювання температури гарячої води, яка повертається від внутрішньої системи опалення будівлі до мережі централізованого теплопостачання відповідно до температури зовнішнього повітря відповідно до встановленого графіку температур;
- прискорене прогрівання будівлі після режиму енергозбереження (зменшення споживання тепла);
- корекція споживання тепла відповідно до температури повітря в приміщенні в приміщенні;
- обмеження температури гарячої води в трубопроводах системи теплопостачання;

- регулювання теплового навантаження в системі гарячого водопостачання;
- регулювання теплового навантаження вентиляційними установками із захисною функцією замерзання;
- регулювання зменшення споживання тепла протягом заданих періодів, відповідно до температури зовнішнього повітря;
- регулювання споживання тепла, враховуючи орієнтацію будівлі та її здатність діяти як тепловідвід.

У багатьох країнах практичний досвід у галузі модернізації теплових пунктів довів ефективність цього заходу. Застосування сучасних теплових індивідуальних пунктів, обладнаних автоматизованими системами управління, може зменшити споживання тепла на рівні 15-30%.

### 1.5.3 Покращення систем кондиціонування та вентиляції

Застосування приводів перетворювача частоти для електродвигунів насосів та вентиляторів. Сучасні будівельні інженерні системи (опалення, вентиляція, кондиціонування, охолодження, гаряче та холодне водопостачання) мають змінний режим роботи, що дозволяє зменшити проектні параметри повітря, холодної, гарячої або холодної води в будівельних інженерних системах. Ці параметри повинні бути оптимально встановлені для підтримання належних кліматичних умов та для забезпечення більш ефективного споживання енергії. На ці зміни впливає той факт, що всі інженерні системи мають динамічний режим роботи, який пристосовується з урахуванням постійних змін факторів (зовнішні кліматичні умови, що впливають на будівлю, виграш тепла в приміщенні від сонячного опромінення, обладнання або людей, зміни заповнюваності, зміни поточного рівня споживання енергії, тепла чи холодної води тощо).

Застосування приводів частотного перетворювача (ПЧП) для електродвигунів насосів та вентиляторів всіх інженерних систем у будівлях допомагає оптимізувати та прийняти робочі параметри цих систем. В рамках адаптації основних параметрів інженерних систем ПЧП зменшує

швидкість обертання електродвигунів і, отже, зменшує споживання енергії. Зазвичай ця зміна регулюється тиском, температурою, витратою та CO<sub>2</sub> датчики. ПЧП є дуже ефективними та широко застосовуються у багатьох країнах. Середня економія, пов'язана із впровадженням ПЧП, повинна становити більше 40-50% споживаних ресурсів у будівлях. Як приклад, застосування ПЧП для вентиляторів зовнішніх конденсаторних установок центральної системи охолодження може:

- зменшити потужність, споживану компресорами;
- значно зменшити споживання енергії вентиляторними електродвигунами;
- збільшити ресурс вентилятора;
- зменшити шум;
- підтримують функцію плаваючого тиску конденсації.



*Приклад циркуляційного насоса, з частотою перетворювач*



*Вид перетворювача частоти*

### Рисунок 1.9 – Перетворювачі частоти

Застосування рекуперації тепла для централізованих механічних вхідних та вихідних вентиляційних систем

Рекуперація тепла - це процес вилучення тепла із повітря, що викидається з будівлі, через випускні вентиляцію, а потім впровадження цього тепла назад у припливне повітря, що надходить через вхідну вентиляцію. Це

зменшує споживання енергії на опалення приміщення за рахунок додаткового (проміжного) нагрівання повітря в рекуператорі. Рекуператор - це теплообмінний пристрій, завдяки якому холодне повітря нагрівається за рахунок більш теплого вихлопу. Передача тепла відбувається через пластини теплообмінника, де не дозволяється змішувати два обсяги повітря.



Рисунок 1.10 – Види рекуператора тепла для механічної вхідної та вихідної вентиляції

Застосування системи охолодження зі змінним потоком. Сучасні системи охолодження із змінним споживанням охолоджуючої рідини широко застосовуються в громадських та державних будівлях, в результаті чого функціонування централізованої системи кондиціонування включає в себе типові кондиціонери, а також вентилятори та інші прилади. Гідравлічна система системи охолодження будівлі поділяється на первинний і вторинний контур. Чиллер (джерело холодної енергії) підключений до первинного контуру, а фанкойли та блоки кондиціонування прикріплені до вторинного контуру. Група циркуляційних насосів і запірно-балансувальних клапанів також є частиною гідравлічної системи. Традиційний підхід до проектування та експлуатації систем охолодження базується на системах з постійним споживанням теплоносія. Ці схеми засновані на безперервній подачі теплоносія від охолоджувача через розподільні трубопроводи до споживаючих пристроїв. У цій же групі циркуляційні насоси мають постійне споживання енергії для циркуляції охолоджуючої води, не залежно від

поточних потреб споживачів. Застосування систем із змінним споживанням теплоносія дозволило реалізувати технічні рішення, спрямовані на зменшення кількості споживаної охолоджуючої води залежно від потреб кінцевого споживача. Отже, експлуатаційні витрати на перекачування теплоносія значно зменшуються в системі холодопостачання з подальшою можливістю зміни (можливе зменшення до 20-30%) виробленої холодної енергії охолоджувачем.

## Висновки до розділу 1

Обсяги використання енергії в закладах охорони здоров'я, майже втричі перевищують типові обсяги споживання енергії комерційних будівель. Споживання електричної енергії може коливатися від 43 до 92 кВт-год на добу. Визначення енергоємних процесів та напрямків для підвищення енергоефективності має важливе значення для зменшення енергії споживання будь-якої будівлі чи масштабної системи.

Два основних споживача теплової енергії в лікарнях були визначені як системи опалення, кондиціонування та водопостачання. Ці споживачі становлять приблизно 59% від загальної кількості споживаної енергії в об'єкті. Тому було проаналізовано методи для покращення енергоефективності цих споживачів енергії.

Методи з енергоефективності та пов'язані з ними потенційні заощадження енергії, якщо вони визначені на кожному рівні, який включає; концептуальний рівень, активний рівень, технічний рівень та подальше вдосконалення.

Додатково були передбачені орієнтовні економії енергії в результаті впровадження запропонованих систем. Середня можлива економія енергії коливалася в межах 50% –70% на концептуальному рівні, тоді як для енергоефективних заходів на активному рівні можна очікувати економії енергії 15–30%. Енергоефективна діяльність на технічному рівні та подальший рівень вдосконалення можуть призвести до економії на 50% –70% та 5% –10% відповідно. Ця економія може бути недосяжною в деяких випадках через економічні бар'єри. Ці бар'єри особливо помітні на технічному рівні і виникають внаслідок високих витрат на впровадження та, в свою чергу, тривалих періодів окупності в результаті глибокої модернізації або системи відновлюваної енергії впровадження.

Однак зовнішній стимул з боку уряду залишається обов'язковим для досягнення встановленої мети зменшення енергії у 37%. Результати попередніх досліджень вказують на те, що методи оптимізації, обговорювані

на подальшому рівні вдосконалення, можуть бути істотними для економії за відносно низьких витрат на впровадження.

## 2 ОБСТЕЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ОБ'ЄКТУ

### 2.1 Загальний опис методики обстеження

#### Обстеження систем опалення будівлі

Під час обстеження системи опалення визначаються такі основні дані:

- загальна інформація про системи опалення: тип джерела тепlopостачання, рік прийняття в експлуатацію внутрішньобудинкової системи опалення, опалювана площа, опалюваний об'єм, теплове навантаження системи опалення, середня температура теплоносія, середня температура в опалюваних і неопалюваних об'ємах, тривалість опалювального періоду (кількість годин роботи за місяць) за останні 3 роки, обсяг споживання енергії під час опалення, вимірний засобами виміральної техніки, наявність індивідуального теплового пункту та його характеристики, інформація щодо встановлених приладів обліку енергоресурсів;

- інформація про опалювальні прилади (підсистеми тепловіддачі):

- вид системи тепловіддачі (гідравлічна, електрична, повітряна), тип опалювальних приладів, кількість за типами, наявність автоматичних регуляторів температури повітря на опалювальних приладах (спосіб регулювання температури в приміщеннях), наявність балансувальної арматури на стояках, температурний напір, місцезнаходження, загальна потужність опалювальних приладів, стан експлуатації;

- інформація про підсистеми розподілення: - довжина та діаметр трубопроводів, матеріал трубопроводу, наявність ізоляції трубопроводу, матеріал ізоляції, наявність балансувальних кранів та термостатів, кількість секцій, довжина та діаметр трубопроводів, для водяних систем опалення зазначається тип системи опалення (однотрубна, двотрубна, інший); тип розведення трубопроводів (горизонтальний, вертикальний та інший), розташування циркуляційного трубопроводу, для вертикальних систем

опалення додатково визначається тип розведення системи опалення по будівлі (верхнє, нижнє, змішане);

#### Обстеження систем гарячого водопостачання

Під час обстеження системи гарячого водопостачання визначаються такі основні дані:

- загальна інформація щодо системи гарячого водопостачання: тип, стан, вид енергоносія;

- інформація щодо характеристик теплообмінника: тип, назва, термін експлуатації, потужність, температура гарячої води;

- інформація щодо характеристик автоматичного регулятора температури: наявність, стан, тип, назва, принцип автоматичного регулювання;

- інформація щодо систем розподілення: максимальна подача (витрата), потужність та коефіцієнт корисної дії системи гарячого водопостачання; матеріал труб, наявність теплоізоляції, матеріал теплоізоляції, наявність рециркуляційного насосу, наявність обладнання автоматизації рециркуляційного насосу, втрати тепла;

- інформація щодо підсистеми розподілення гарячого водопостачання: характеристики індивідуального розподільчого трубопроводу, характеристики циркуляційного контуру (за наявності).

#### Обстеження систем вентиляції, охолодження та кондиціонування повітря

Під час обстеження встановлених у будівлях систем вентиляції та кондиціонування повітря для охолодження та/або обігріву приміщень визначається така загальна інформація:

- відповідність системи вентиляції та кондиціонування повітря проектній та технічній документації, фактичні вимоги до зазначених систем та наявний стан будівлі;

- відповідність стану функціонування системи вимогам, визначеним проектною та технічною документацією; - працездатність і налаштування регулювальних пристроїв;

- працездатність і стан з'єднань різних елементів системи кондиціонування повітря; - стан системи природної вентиляції; - питома вентиляційна потужність.

#### Обстеження систем освітлення будівлі

За результатами обстеження систем освітлення будівлі визначаються такі дані:

- тип системи освітлення та розряди зорових робіт: тип та кількість освітлювальних приладів, їх потужність, стан та режим використання;

- питома потужність з розрахунку на 1 м<sup>2</sup> площі;

- стан приборів освітлення;

- наявність засобів автоматичного управління системою освітлення.

#### 2.2 Загальний опис об'єкту дослідження

Об'єкт являє собою «Міський шкірно-венерологічний диспансер» що розташований за адресою вул. Катеринича, буд. 5, Донецька область, м. Краматорськ.

Тип будівлі: лікувальний заклад

Введено в експлуатацію: 1940 рік

Кількість поверхів: 2

Середня кількість людей як перебувають у приміщеннях: 150 чол.

Середня тривалість перебування людей: 10 год/добу

Загальна площа будинку: 1083,5 м<sup>2</sup>

Опалювальна площа: 1008 м<sup>2</sup>

Опалювальний об'єм: 3124,8 м<sup>3</sup>

Висота будівлі: 7,7 м

Середня висота приміщень: 3,1 м

Середня кількість людей як перебувають у приміщеннях: 150 чол.

Загальний вигляд досліджуваної будівлі зображено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд будівлі

### 2.3 Споживання енергоносіїв по рокам

Споживання електричної та теплової енергії і води за останні три роки (2017, 2018 та 2019) покажемо у таблицях 2.1, 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1 – Енергоспоживання лікарні за 2017 рік

2017 рік	Енергоспоживання	од. вим	Затрати на енергію	од. вим
Централізоване теплопостачання	218876,5	кВт·год	182,36	тис. грн.
Електроенергія	37285,0	кВт·год	46,19	тис. грн.
Холодне водопостачання	1396,0	м <sup>3</sup>	15,41	тис. грн.

Таблиця 2.2 - Енергоспоживання лікарні за 2018 рік

2018 рік	Енергоспоживання	од. вим	Затрати на енергію	од. вим
Централізоване теплопостачання	224017,1	кВт·год	227,26	тис. грн.
Електроенергія	33183,0	кВт·год	49,12	тис. грн.
Холодне водопостачання	998,0	м <sup>3</sup>	11,02	тис. грн.

Таблиця 2.3 – Енергоспоживання лікарні за 2019 рік

2019 рік	Енергоспоживання	од. вим	Затрати на енергію	од. вим
Централізоване теплопостачання	257255,6	кВт·год	301,94	тис. грн.
Електроенергія	32949,0	кВт·год	60,13	тис. грн.
Холодне водопостачання	1029,1	м <sup>3</sup>	11,10	тис. грн.

Споживання електричної енергії за місяцями зобразимо на рисунку 2.2



Рисунок 2.2 – Динаміка зміни споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Аналіз споживання електричної енергії:

- найбільше споживання електроенергії бачимо у зимовий період та кінець осені – зменшується тривалість світлового дня і використовуються електричні обігрівачі прилади;
- найменше споживання енергії бачимо в літку – більша тривалість світлового дня та період відпусток;
- якщо брати окремо по роках, то найбільше спожито електроенергії було в 2017 році, але в загальному за всі три роки споживання відрізняється не суттєво.

Споживання теплової енергії за місяцями зобразимо на рисунку 2.3.

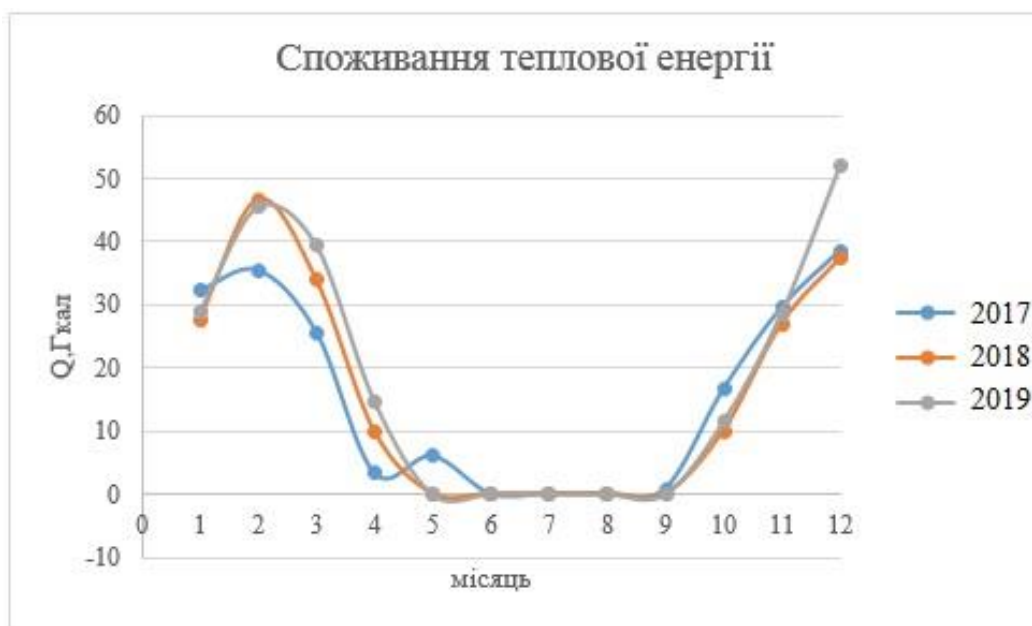


Рисунок 2.3 – Динаміка зміни споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Аналіз споживання теплової енергії:

- найбільше споживання бачимо взимку – бо це найхолодніший період у році і тепла енергія витрачається на опалення приміщень;
- з квітня по вересень тепла енергія не потрібна для опалення приміщень;
- починаючи з жовтня бачимо поступове збільшення споживання – тепла енергія починає використовуватися для опалення приміщень;
- найбільше використання теплової енергії можемо бачити за 2019 рік, за інші роки споживання відрізняється не суттєво.

Споживання холодної води за місяцями зобразимо на рисунку 2.4.

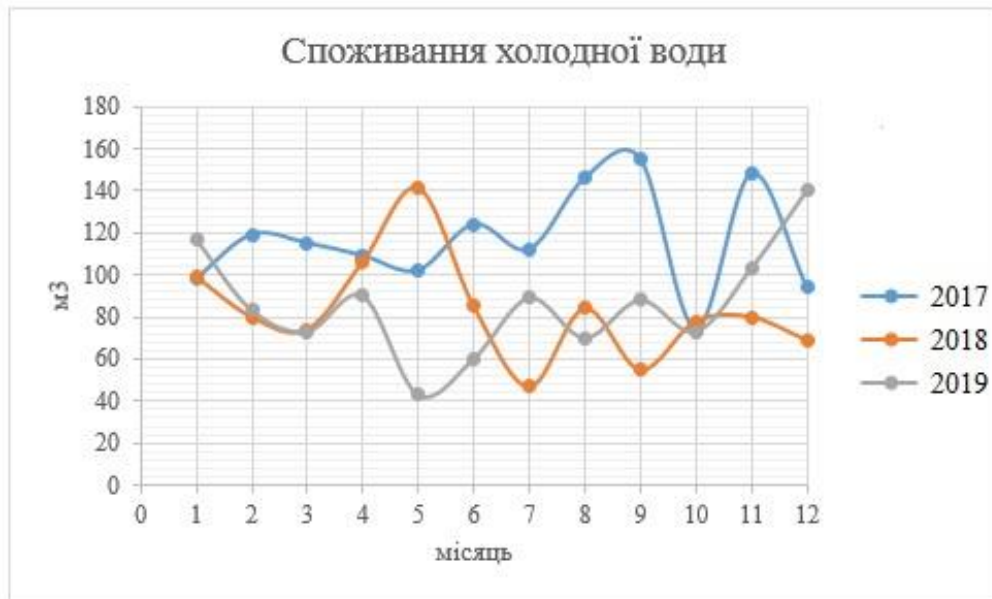


Рисунок 2.4 – Динаміка зміни споживання холодної води за 2017-2019 роки

Аналіз споживання холодної води:

- споживання холодної води протягом року нерівномірне, в кожному році найбільше споживання припадає на різні місяці, це означає, що загальної закономірності в споживанні води немає;
- якщо визначати по рокам, найбільше холодної води було спожито в 2017 році.

Проаналізувавши вище наведені графіки та таблиці 2.1, 2.2, 2.3 можна зробити висновок, що найбільше лікарня споживає теплової енергії, також це є найбільш затратним енергоносієм.

#### 2.4 Опис огорожуючих конструкцій та інженерних систем об'єкту

До енергетичних систем об'єкта відносять системи електропостачання, теплопостачання та водопостачання. Оскільки енергосистеми проектувались давно, то є очевидним той факт, що вони не можуть відповідати сучасним вимогам енергозбереження.

##### 2.4.1 Огороджуючі конструкції

Характеристика зовнішніх огорожуючих конструкцій (стін)

Загальна площа стіни складає - 720,4 м<sup>2</sup>, приведений (середній) опір теплопередачі – 1,776 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 нормативне

значення опору теплопередачі для даного регіону складає - 3,3 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам згідно ДБН. Також огорожуюча конструкція має - 1 конструктивний тип. Загальний стан огорожуючих конструкцій (стін) можна охарактеризувати як незадовільний.

Характеристика огорожуючої конструкції типу 1: Загальна площа стіни даної конструкції складає - 720,4 м<sup>2</sup> (100 %), загальна товщина становить - 840 мм, приведений (середній) опір теплопередачі – 1,776 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, нормативне значення складає - 3,3 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам згідно ДБН В.2.6-31:2006.

Огорожуюча конструкція складається з наступних шарів: кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м<sup>3</sup> (брутто) товщиною 800 мм (густина - 1350 кг/м<sup>3</sup>), розчин цементно-піщаний товщиною 40 мм (густина - 1600 кг/м<sup>3</sup>).



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд фасаду

Характеристика віконних конструкцій та балконних дверей

Загальна площа вікон становить - 309,2 м<sup>2</sup>, приведений (середній) опір теплопередачі складає – 0,377 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, при коефіцієнті скління - 0,298. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 нормативне значення опору теплопередачі для даного регіону складає – 0,75 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Площа вікон теплотехнічні характеристики яких відповідають вимогам ДБН складає - 144,8 м<sup>2</sup> (46,8 %), площа вікон які потребують заміни через невідповідність вимогам ДБН або

через неприйнятний технічний стан складає - 164,4 м<sup>2</sup> (53,2%). Загальний стан віконних конструкцій та балконних дверей можна охарактеризувати як прийнятний.



Рисунок 2.6 – Зовнішні вигляд віконних конструкцій

#### Характеристика зовнішніх дверей

Загальна площа дверей складає - 8,64 м<sup>2</sup>, приведений (середній) опір теплопередачі складає – 0,125 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 нормативне значення опору теплопередачі для даного регіону складає – 0,65 (м<sup>2</sup>·°С)/ Вт. Площа дверей теплотехнічні характеристики яких не відповідають вимогам ДБН складає - 8,64 м<sup>2</sup>. Загальний стан входних дверей можна охарактеризувати як прийнятний.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд дверей

### Характеристика покрівлі (даху)

Загальна площа даху складає - 746,5 м<sup>2</sup>, приведений (середній) опір теплопередачі – 0,413 (м<sup>2</sup>·°C)/ Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 нормативне значення опору теплопередачі для даного регіону складає – 4,95 (м<sup>2</sup>·°C)/ Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам згідно ДБН. Дах має - 1 конструктивний тип. Загальний стан огорожуючих конструкцій (даху) можна охарактеризувати як добрий.

Характеристика даху конструктивного типу 1: Дах двосхилий знаходиться холодне горище. Загальна площа даху даної конструкції складає - 746,5 м<sup>2</sup> (100 %), загальна товщина становить - 55 мм, приведений (середній) опір теплопередачі – 0,413 (м<sup>2</sup>·°C)/ Вт, нормативне значення складає – 4,95 (м<sup>2</sup>·°C)/ Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам згідно ДБН В.2.6-31:2006.

Огорожуюча конструкція складається з наступних елементів: лист азбестоцементний товщиною 5 мм (густина - 1800 кг/м<sup>3</sup>), сосна та ялина уздовж волокон товщиною 50 мм (густина - 500 кг/м<sup>3</sup>).

### Характеристика підлоги (підвального приміщення)

Загальна площа підлоги складає - 746,5 м<sup>2</sup>, приведений (середній) опір теплопередачі – 8,333 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 нормативне значення опору теплопередачі для даного регіону складає – 3,75 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції відповідає вимогам згідно ДБН. Перекриття має - 1 конструктивний тип. Загальний стан огорожуючих конструкцій (підлоги/підвального приміщення) можна охарактеризувати як добрий.

Характеристика підлоги конструктивного типу 1: Підвал неопалювальний, загальна площа підлоги даної конструкції складає - 746,5 м<sup>2</sup> (100 %), загальна товщина становить - 50 мм, приведений (середній) опір теплопередачі – 8,33 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, нормативне значення складає – 3,75 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, отже характеристика огорожуючої конструкції відповідає вимогам згідно ДБН В.2.6-31:2006.

Огороджуюча конструкція складається з наступних елементів: залізобетон товщиною 50 мм (густина - 2500 кг/м<sup>3</sup>).

#### 2.4.2 Характеристика системи теплопостачання

В будівлі діє система централізованого теплопостачання, з 1940 року.. Система розподілу, однотрубна, збалансована. Теплова ізоляція трубопроводів відсутня. Нагрівальними елементами служать - чавунні радіатори. Загальний стан системи теплопостачання можна охарактеризувати як прийнятний. В наявності є теплообмінник, технічні характеристики якого приведені на рисунку 2.8.

Зроблено в Україні  
Україна, 03680, м. Київ,  
вул. Святошинська, 34  
Тел.: (044) 403-86-40  
Факс: (044) 403-86-40 (вн. 113)  
E-mail: primaterm@j.ua

**ТОВ "БІК "ПРИМА ТЕРМ"**

**Теплообмінник пластинчастий розбірний (системи ГВП)**

Тип	FP-08-1-ЕН	
Зав.№	00.207.09.24.10	
Рік випуску	29.09.2010 року	
Макс. температура, °C	F1/F4 150 °C	F3/F2 150 °C
Темп. Графік, °C	70/30	5/55
Макс. тиск, МПа	1,6	1,6
Маса	57	кг

СЕРВІСНИЙ ЦЕНТР тел.: (044) 403-86-40

Рисунок 2.8 – Характеристики теплообмінника

#### 2.4.3 Характеристика системи гарячого водопостачання

Система ГВП в прийнятному стані, система діє з 1940 року. Система гарячого водопостачання під'єднана до системи централізованого теплопостачання. Автоматичне регулювання в системі ГВП відсутнє. Теплова ізоляція відсутня.

#### 2.4.4 Характеристика системи вентиляції

Система механічної вентиляції відсутня, вентиляція припливно-витяжна з природним спонуканням. Приплив повітря здійснюється через вікна, відведення через вентиляційні канали.

Додаткова інформація:

Передбачено 2 системи вентиляції:

1) Природня, де витяжка передбачена через витяжні внутрішньо-стінові залізобетонні канали індустриального виробництва, притік - за рахунок інфільтрації через нещільності, відкриті вікна та огорожуючі конструкції.

2) Механічна припливно-витяжна. Яка не працювала з дня вводу в експлуатацію будівлі, в даній системі були передбачені калорифери для нагріву повітря, які також не працюють.

#### 2.4.5 Електроспоживання

Електричне навантаження зумовлене роботою електроприладів (за винятком систем кондиціонування та опалення, а також електрообладнання яке працює за межами об'єкту) становить - 68,45 кВт, середня питома потужність складає - 34,54 Вт/м<sup>2</sup>.

Загальна потужність системи освітлення складає - 10,43 кВт, до системи під'єднано 143 освітлювальних прилади. З них, лампи розжарювання - 94 шт., які споживають - 9,45 кВт, що становить - 90,6 % від загального споживання на освітлення, флуоресцентні - 49 шт., які споживають - 0,98 кВт, що становить - 9,4 % від загального споживання на освітлення.

Електричне навантаження електроприладів внутрішнього користування складає - 58,024 кВт, середня питома потужність - 34,54Вт/м<sup>2</sup>.

#### 2.5 Баланс енергоспоживання

Споживання електроенергії за категоріями споживачів приведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.4 – Споживання електроенергії за категоріями споживачів

Категорія споживання	W, кВт·год
Система освітлення	29504,384
Інше	3678,616

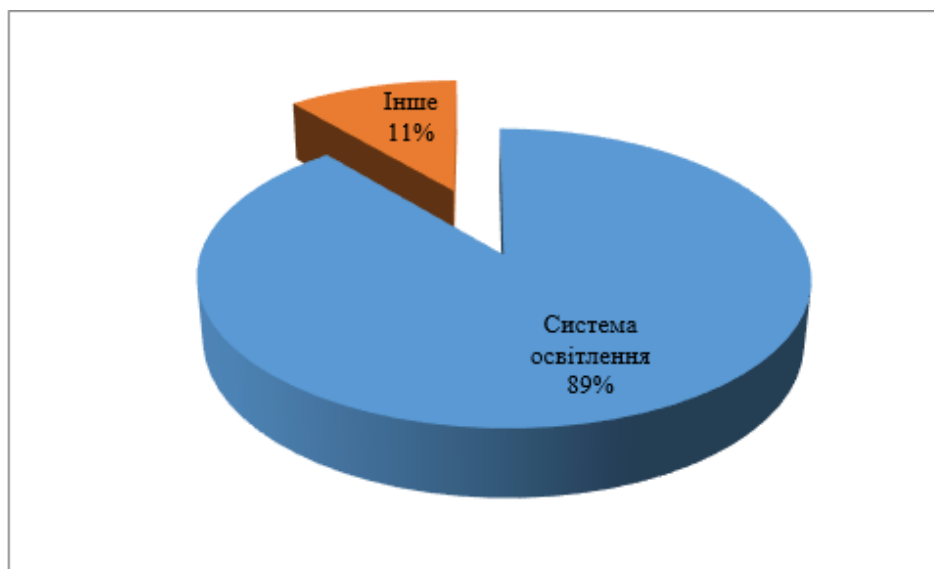


Рисунок 2.9 – Витратна частина балансу електричної енергії

Як показано на рисунку 2.9, слід зауважити, що найбільша частка спожитої електроенергії витрачається на побутове обладнання (23%) та на потреби іншого обладнання (61%), до якого входить значною мірою лабораторне обладнання. Баланс тепловтрат будівлі приведено в таблиці ?.

Таблиця 2.5 – Баланс тепловтрат будівлі

Огороджуюча конструкція	Розрахункове (Гкал)	Базовий (Гкал)
Стіни	11,03	12,82
Вікна	31,22	36,29
Двері	5,60	6,50
Горище (дах)	45,24	52,58
Підлога (підвал)	2,24	2,60
Вентиляція	12,05	16,96
Всього	107,38	127,76

У тепловому енергобалансі, зображеному на рисунку 2.10, представимо розподіл тепловтрат через огорожуючі конструкції у відсотковому відношенні.

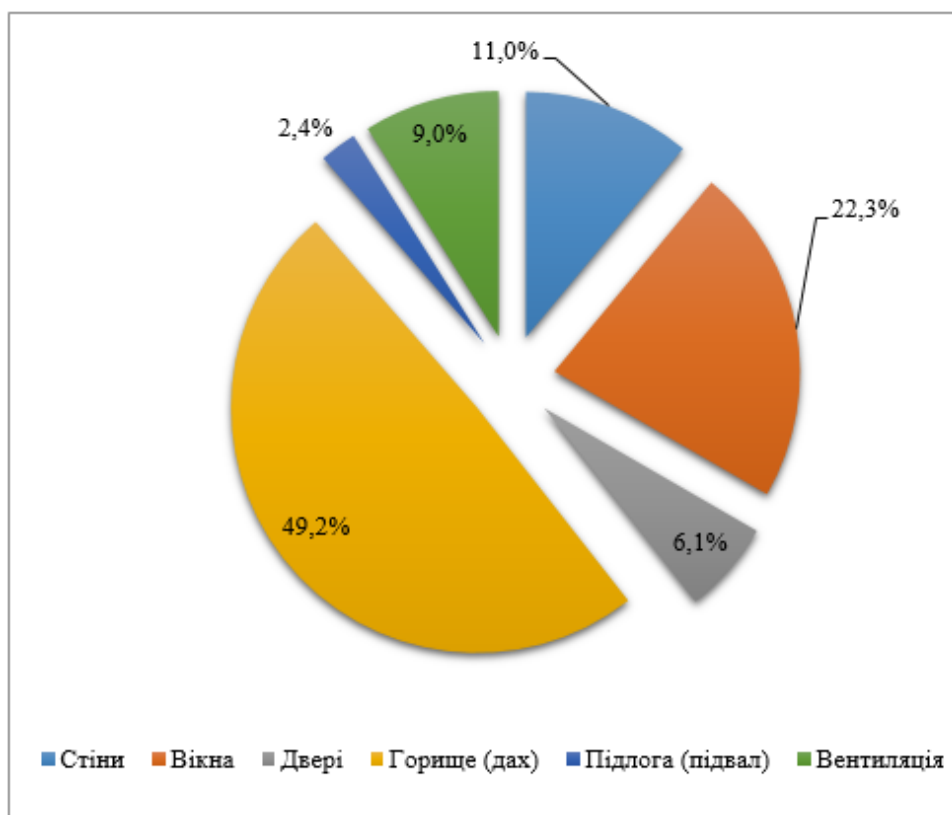


Рисунок 2.10 – Баланс тепловтрат будівлі

## Висновки до розділу 2

В цьому розділі було описано методи обстеження інженерних систем будівлі, також детально проаналізовано загальний стан об'єкту та стан енергетичних систем шкірно-венерологічного диспансеру та їх параметри.

Було розраховано та проаналізовано дані споживання теплової та електричної енергії та виявлено наявність значних втрат через огороджувальні конструкції та вентиляцію. Пов'язано це з низькими температурами протягом опалювального періоду і наявність високої теплопровідності огороджувальних конструкцій.

Використовуючи розрахунки було сформовано баланс тепловтрат досліджуваної будівлі.

### 3 ЗАХОДИ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

Основні причини тепловтрат – це низька якість будівельних конструкцій: стін, вікон, входних дверей та ориєнтації [20]. В нашому випадку, після проведення розрахунку опору передачі знаємо, що будівельні конструкції будівлі мають показники близькі до нормованих, тому було обрано альтернативні шляхи для економії енергії, що використовується.

Модернізуємо систему опалення тепловими насосами або встановленням системи чиллер-фанкойл.

Заходи, які дозволяють поліпшити енергоефективність будівлі, практично зводять до нуля природний повітрообмін. Тому в сучасних енергоефективних будівлях значно зростає значення системи вентиляції. З одного боку, вона повинна забезпечити хороший повітрообмін, забезпечивши приплив повітря, багатого киснем, і видалення повітря з підвищеним вмістом вуглекислоти. З іншого боку – повітрообмін повинен супроводжуватися мінімальними втратами тепла. Для цього використовуються спеціальні системи примусової вентиляції з рекупераційними установками. Взимку вони дозволяють підігрівати повітря, що надходить ззовні, а влітку – охолоджують його.

#### 3.1 Доцільність використання теплових насосів

Теплопостачання вимагає досить великих витрат палива, які перевищують майже в 2 рази витрати на електропостачання. Основними недоліками традиційних джерел теплопостачання є низька енергетична економічна та екологічна ефективність (традиційне теплопостачання є одним з основних джерел забруднення великих міст). Крім того, високі транспортні тарифи на доставку енергоносіїв посилюють негативні фактори, властиві традиційному теплопостачанню.

Не можна не враховувати і такий серйозний термодинамічний недолік, як низький енергетичний ККД використання хімічної енергії палива для систем теплопостачання, який в системах опалення становить 6-10%.

Надзвичайно великі витрати на теплові мережі, які є, ймовірно, самим ненадійним елементом в системах централізованого теплопостачання.

Всі перераховані негативні фактори традиційного теплопостачання настійно вимагають інтенсивного використання нетрадиційних методів. Одним з таких методів є корисне використання розсіяного низькотемпературного (5-30° С) природного тепла або скидного промислового тепла для теплопостачання з допомогою теплових насосів [?].

Теплові насоси в силу того, що вони позбавлені більшості перерахованих недоліків централізованого теплопостачання, знайшли широке застосування за кордоном, якщо у 1980 р. в США працювало близько 3 млн. теплонасосних установок, в Японії 0,5 млн., в Західній Європі 0,15 млн., то в 1993 р. загальна кількість працюючих теплонасосних установок (ТНУ) у розвинених країнах перевищила 12 млн., а щорічний випуск складає більше 1 млн. Масове виробництво теплових насосів налагоджено практично у всіх розвинених країнах. За прогнозом Світового енергетичного комітету до кінця 2020 року у передових країнах частка опалення та гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів складе 75 %.

### 3.1.1 Принцип дії теплового насоса

Тепловий насос – це спеціальний пристрій, який поєднує в собі котел, джерело гарячого водопостачання і кондиціонер для охолодження. Головною відмінністю теплонасоса від інших джерел тепла є можливість використання відновлюваної низькопотенційної енергії, взятої з навколишнього середовища (землі, води, повітря, стічних вод) для покриття потреб в теплі під час опалювального сезону, нагріву води для гарячого водопостачання та охолодження будинку. Тому тепловий насос забезпечує високоефективне енергопостачання без газу та інших вуглеводнів.

Тепловий насос – це пристрій, який працює за принципом зворотного холодильної машини, передаючи тепло від низькотемпературного джерела до середовища з більш високою температурою, наприклад системі опалення будинку [21].

Кожна теплонасосна система має такі основні компоненти:

1. бак-акумулятор – теплоізольована ємність для води, призначена для накопичення гарячої води, з метою вирівнювання теплових навантажень системи опалення та гарячого водопостачання, а також збільшує термін роботи теплового насоса;

2. первинний ґрунтовий контур – замкнута циркуляційна система, яка складається з випарника (теплового насоса), циркуляційного насоса ґрунтового контуру, трубопроводів, і служить для передачі тепла від ґрунту до теплового насосу;

3. вторинний ґрунтовий контур – замкнута система, яка складається з конденсатора (теплового насоса), циркуляційного насоса, трубопроводів, і служить для передачі тепла від теплового насоса до системи опалення в будинку.

Принцип дії теплового насоса схожий до роботи звичайного холодильника, тільки навпаки. Холодильник відбирає тепло від харчових продуктів і переносить його назовні. Тепловий насос переносить тепло, накопичене в ґрунті, землі, водоймі, підземних водах або повітрі, у будинок.

Як і холодильник, цей енергоефективний теплогенератор має наступні основні елементи:

1. конденсатор (теплообмінник, в якому відбувається передача тепла від холодоагента до елементів системи опалення приміщення: низькотемпературних радіаторів, фанкойлам, теплому підлозі);

2. дросель (пристрій, який служить для зниження тиску, температури і, як наслідок, замикання теплофікаційного циклу в теплому насосі);

3. випарник (теплообмінник, в якому відбувається відбір тепла від низькотемпературного джерела до теплового насосу);

4. компресор (пристрій, в який підвищує тиск і температуру пари холодагента).

Конструкція та основні елементи парокомпресійного теплового насоса показана на рисунку 3.1.

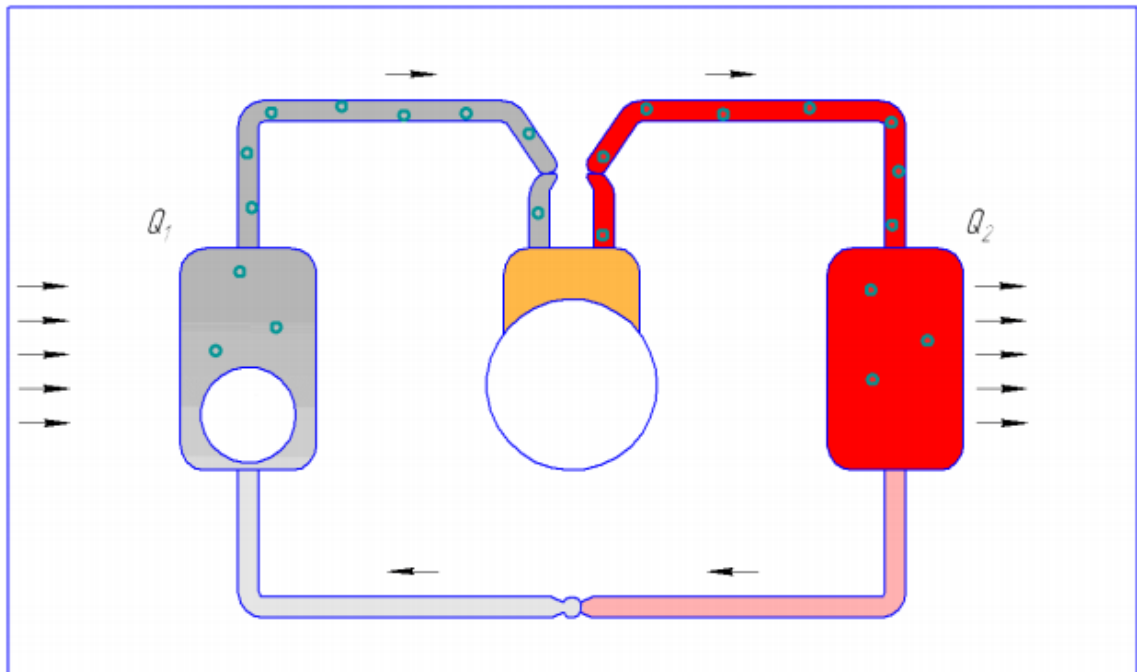


Рисунок – 3.1 Принцип дії теплового насоса

Тепловий насос облаштований таким чином, щоб змусити тепло рухатися в зворотному напрямку. Наприклад, під час нагрівання будинку, тепло відбирається від якого-небудь холодного зовнішнього джерела (землі, річки, озера, зовнішнього повітря) і передається в будинок. Для охолодження (кондиціонування) будинку тепло відбирається від більш теплого повітря в будинку і передається назовні. В цьому відношенні тепловий насос схожий на звичайний гідравлічний насос, який перекачує рідину з нижнього рівня на верхній, тоді як в звичайних умовах рідина завжди рухається з верхнього рівня на нижній.

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженими є парокомпресійні теплові насоси. В основі принципу їх дії лежать два явища: по-перше, поглинання і виділення тепла рідиною при зміні агрегатного стану – випаровування і конденсація, відповідно, по-друге, зміна температури випаровування і конденсації при зміні тиску.

У випарнику теплового насоса робочим тілом є – холодоагент, який не містить хлору, – він знаходиться під низьким тиском і кипить при низькій

температурі, поглинаючи тепло низькопотенційного джерела. Потім робоче тіло стискається в компресорі, який приводиться в рух за допомогою електричного або іншого двигуна, і потрапляє в конденсатор, де при високому тиску конденсується при більш високій температурі, віддаючи тепло конденсації приймачу тепла, наприклад, теплоносію системи опалення. З конденсатора робоче тіло через дросель знову потрапляє у випарник, де його тиск знижується, і процес кипіння холодоагента починається знову. Тепловий насос здатний відбирати тепло від декількох джерел, наприклад, повітря, води або землі. Таким же шляхом він може скидати тепло в повітря, воду або землю.

Регулювання роботи системи опалення з використанням теплових насосів в більшості випадках здійснюється за допомогою його включення і виключення по сигналу датчика температури, який встановлений в приймачі (при нагріванні) або джерелі (при охолодженні) тепла. Налаштування теплового насоса зазвичай здійснюється зміною перерізу дроселя 47 (терморегулюючого вентиля) [22].

### 3.1.2 Вибір теплового насоса та розрахунок терміну окупності

Більш широко поширений повітряний варіант насоса. Це пояснюється більш простим методом установки і відсутністю дорогих земляних робіт. Такий насос встановлюється на вулиці і витягує тепло з повітря. До того ж коштує дешевше і не вимагає спеціальних дозволів. Тому для даного лікарняного закладу обираємо варіант повітряного насоса. Враховуючи естетичний вигляд будівлі і те що, в лікарні 2 поверхи приймаємо встановлення 1 теплового насоса на поверх. Приклад схеми встановлення представлено на рисунку 3.2.

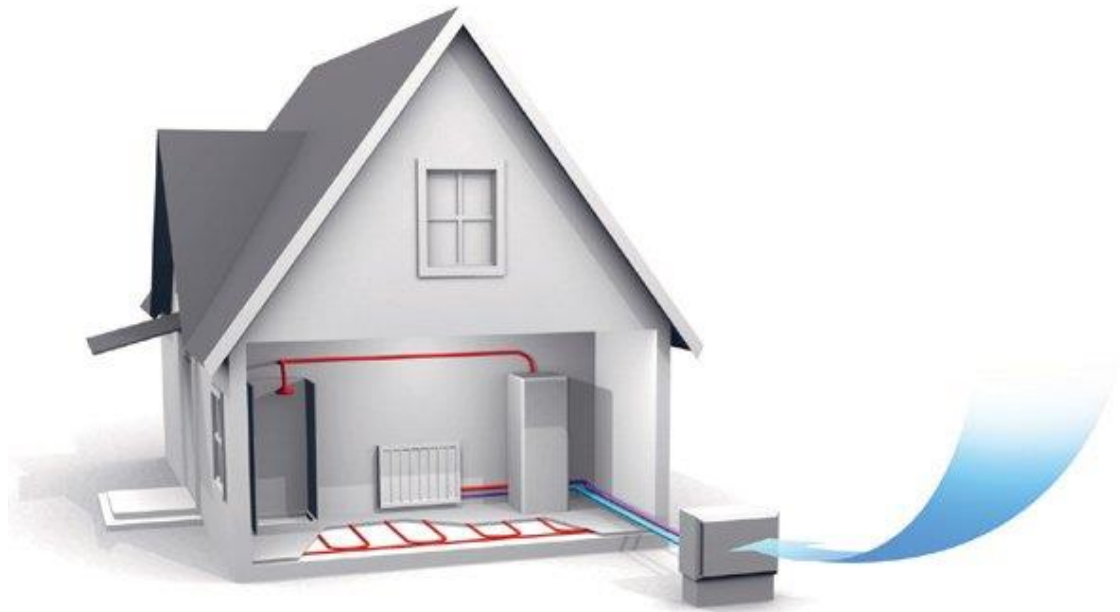


Рисунок 3.2 – Схема встановлення повітряного теплового насосу

Розрахуємо теплову потужність теплового насоса для встановлення на поверх згідно формули [23]:

$$R = k \cdot V \cdot T = 44490,6 \frac{\text{ккал}}{\text{год}},$$

де  $R$  - це теплові втрати/потужність будинку (ккал/год);

$V$  – об'єм будинку (довжина·ширина·висота),  $\text{м}^3$  ;

$T$  – найвищий перепад між температурами зовні будинку і всередині в холодну пору року;

$k$  – це усереднений коефіцієнт теплопровідності будівлі:

$k=3(4)$  – будинок з дощок;  $k=2(3)$  - будинок з одношарового цегли;

$k=1(2)$  - цегляний будинок в два шари;  $k=0,6(1)$  - ретельно утеплене будівлю.

Здійснимо перерахунок ккал/год в кВт:

$$44\ 490,6 \text{ ккал/год} / 860 = 51,8 \text{ кВт}$$

Відповідно до отриманих результатів для встановлення на поверх обрано тепловий насос повітря-вода СН-НР60MFNM (опалення/ГВП) 15/60 кВт [24] з характеристиками:

Виробник	<u>COOPER &amp; HUNTER</u>
Тип теплового насоса	Повітря – вода
Теплова потужність	60.0 (кВт)
Електрична потужність	15.0 (кВт)
Коефіцієнт перетворення	4.0
Використовуваний холодоагент	R410a
Режим роботи	Нагрів
Максимальна температура подачі теплоносія	70.0 (°C)
Мінімальна температура навколишнього середовища	-26.0 (град.)
Максимальна температура навколишнього середовища	46.0 (град.)
Рівень шуму	67.0 (дБ)
Струм	19.0 (А)
Напруга	380.0 (В)
Максимальна температура нагріву	75.0 (°C)

Рисунок 3.3 – Характеристики теплового насосу СН-НР60MFNM

Вартість встановлення теплового насоса [25] приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вартість встановлення теплового насоса

Найменування	Вартість, грн
Тепловий насос "повітря - вода"	215 200
Матеріали для обв'язки топкової (труба, крани, фітинги, розширювальні баки, група безпеки, дренаж, конденсатор)	23 100

Робота, включаючи транспорт, пусконаладження, запуск, післяпускове обслуговування (чистка фільтрів, випуск повітря і доповнення системи теплоносієм), консультація при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, пошкодження системи опалення з вини смежніков-будівельників і т.п.)	15 600
Транспортні та накладні затрати	8 300
Всього на 1 поверх:	262 200
Всього на 2 поверха, К:	524 400

Визначимо вартість теплової енергії, котра витрачається при старій системі опалення (централізованій):

$$C_{\text{ц}} = Q_{\text{р оп}} \cdot T$$

де  $Q_{\text{р оп}}$  - розрахункова величина теплової енергії, яка потрібна для опалення всієї будівлі за опалювальний період, Гкал;

$T$  – тариф на послугу централізованого опалення, грн/Гкал [26].

$$C_{\text{ц}} = 221,2 \cdot 1654,41 = 365\,955,5 \text{ грн}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за допомогою теплових насосів:

$$Q_{\text{тн}} = 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot P_{\text{тн}} \cdot n$$

де  $n_{\text{оп}}$  – кількість опалювальних днів [27];

$P_{\text{тн}}$  - електрична потужність теплового насоса;

$n$  – кількість встановлених теплових насосів у всій будівлі.

$$Q_{\text{тн}} = 24 \cdot 183 \cdot 15 \cdot 2 = 131\,760 \text{ кВт}$$

В грошовому еквіваленті, при вартості 1 кВт електроенергії [28]:

$$C_{\text{тн}} = 131\,760 \cdot 0,9 = 118\,584 \text{ грн}$$

Розрахуємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{(C_{\text{ц}} - C_{\text{тн}})} = \frac{524\,400}{365\,955,5 - 118\,584} = 2,12 \text{ років}$$

### 3.2 Встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції

Аналіз балансу теплової енергії показує, що велика частка витрат тепла припадає (?%) на витрати системою витяжної вентиляції. Тому встановлення рекуператора теплоти здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію. Опис можливостей з енергозбереження: Необхідно встановити рекуператор Ventoxh Champion с ДУ, який зображено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Ventoxh Champion с ДУ

Масова витрата повітря, яке проходить через рекуператор визначається за формулою:

$$G_{\text{рекуп}} = V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot k_{\text{q}} \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де  $V_{\text{п}}$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$p_c$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $p_c=1,3$  кг/м<sup>3</sup>;

$k_q$  – коефіцієнт витрати, приймаємо  $k_q=0,4$ .

Тоді за формулою маємо:

$$G_{\text{рекуп}} = 3359,2 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 1746,8 \text{ кг/с}$$

Масова витрата повітря, яке проходить через вентиляцію визначається за формулою:

$$G_{\text{вент}} = V_{\text{п}} \cdot p_c \cdot q, \text{ кг/с}$$

де  $V_{\text{п}}$  – внутрішній об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$p_c$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $p_c=1,3$  кг/м<sup>3</sup> ;

$q$  – коефіцієнт відносної витрати повітря, приймаємо  $q=0,35$ .

Тоді за формулою:

$$G_{\text{вент}} = 3359,2 \cdot 1,3 \cdot 0,35 = 1528,4 \text{ кг/с}$$

Середню температуру повітря розраховуємо за формулою:

$$t = (G_{\text{рекуп}} \cdot t_{\text{ср оп}} + G_{\text{вент}} \cdot t_{\text{в}}) / (G_{\text{рекуп}} + G_{\text{вент}})$$

де  $G_{\text{рекуп}}$  – масова витрата повітря, яке проходить через рекуператор, кг/с;

$G_{\text{вент}}$  – масова витрата повітря, яке проходить через вентиляцію, кг/с.

Тоді за формулою (?):

$$t = \frac{(1746,8 \cdot (-0,2) + 1528,4 \cdot 22)}{(1746,8 + 1528,4)} = 10,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розраховуємо втрати теплоти на вентиляцію, після встановлення рекуператора за формулою (?):

$$Q_{\text{рекуп}} = 0,28 \cdot 1034,8 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (22 - 10,1) \cdot 1,14 \cdot 0,85 = 4362 \text{ Вт}$$

Різницю між втратами через вентиляцію і встановленим рекуператором теплоти знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{\text{вент}} = Q_{\text{вент}} - Q_{\text{рекуп}}, \text{ Вт (?)}$$

$$\Delta Q_{\text{вент}} = 14014 - 4362 = 9652 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплоти після встановлення рекуператора теплоти:

$$Q_{\text{рекуп ек р}} = \Delta Q_{\text{вент}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср оп}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $t_{\text{ср оп}} = -0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , згідно [27]

$n_{\text{оп}} = 183$  – тривалість опалювального періоду, днів [27];

За формулою (?) знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_{\text{рекуп ек р}} = 9,652 \cdot \frac{(22 + 0,2)}{(22 + 22)} \cdot 24 \cdot 183 = 21365 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 18,37 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складе [26]:

$$18,37 \text{ Гкал/рік} \cdot 1654,41 \text{ грн} = 30\,391,5 \text{ грн}$$

Витрати на введення в експлуатацію.

Вартість придбання пластинчастого рекуператора [29] Ventoxh Champion c ДУ, згідно становить 7700 грн.

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу:

$$K_{\text{осн}} = 7700 \cdot 2 = 15400 \text{ грн}$$

$$K_{\text{суп}} = 1000 \cdot 2 = 2000 \text{ грн}$$

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{суп}} = 15400 + 2000 = 17400 \text{ грн}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{17400}{30391,5} = 0,57 \approx 7 \text{ місяців}$$

### 3.3 Система чиллер-фанкойл

Система чиллер - фанкойл (chiller - fancoil) відрізняється від всіх інших систем кондиціонування тим, що між зовнішнім і внутрішніми блоками циркулює не фреон, а вода (або рідина). Охолоджує воду чиллер - холодильна машина, призначена для охолодження рідини. Чиллер - це звичайний фреоновий кондиціонер, через випарник якого проходить не охоложене повітря, а вода. Ця вода за допомогою насосної станції надходить до системи теплоізованих трубопроводів до фанкойлам. Фанкойли встановлюються в кондиціонованих приміщеннях і виконують ту ж роль, що і внутрішні блоки спліт-систем. Система чиллер - фанкойл, в порівнянні з традиційними мульт-спліт або мультизональними системами має ряд переваг:

1. Відстань між чиллером і фанкойлом визначається тільки потужністю насосної станції і може досягати декількох сотень метрів.

2. Кількість фанкойлів в системі не обмежено і залежить тільки від потужності чиллера.

3. Для з'єднання чиллера з фанкойлами використовуються не дорогі мідні фреонові комунікацій, а звичайні водопровідні труби.

До складу системи чиллер-фанкойл також входять: трубна розводка, насосна станція (гідромодуль) і система автоматичного регулювання.

Чиллер - водоохолоджувальна холодильна машина, яка використовується в централізованих системах кондиціонування для забезпечення підігріву або охолодження теплоносія і його подачу до фанкойлам. Потужність чиллерів становить від 5 до 9000 кВт і застосовується для обслуговування як невеликих замських будинків, так і багатоповерхових будівель житлового та адміністративного призначення. Насосна станція (гідромодуль) - пристрій, що забезпечує циркуляцію теплоносія (води або розчину етиленгліколю) між чиллером і фанкойлами. Потужність насосної станції визначає можливу відстань між блоками [30].

Фанкойл - теплообмінник, який здійснює нагрів або охолодження повітря в приміщенні завдяки обдуву вбудованим вентилятором прохідного теплоносія (води або розчину етиленгліколю). Продуктивність фанкойлів становить від 2 до 20 кВт. Фанкойли бувають настінні, підстелеві, каналні і підлогові. Вони також випускаються в бескорпусном виконанні для прихованого монтажу в декоративному коробі або за підвісною стелею. На рисунку 4.3 показано схему чиллер-фанкойл.



Рисунок 3.5 – Система чиллер- фанкойл

Потужність чиллера для встановлення на поверх рівна 51,8 кВт згідно формули:

$$R = k \cdot V \cdot T$$

Відповідно до отриманих результатів для встановлення на поверх обрано чиллер з виносним конденсатором 52.3 кВт, Італія [31] з характеристиками.

Країна виробник	Італія
Кількість компресорів	1
Холодопродуктивність	52.3 (кВт)
Споживана потужність	16.5 (кВт)
Рівень шуму	52.5 (дБ)
Вага	780.0 (кг)

Рисунок 3.6 – Характеристики чиллера

Для встановлення в кожному палату обираємо фанкойли каналні Atisa середнього тиску серії MF-EC [32].

Вартість встановлення системи чиллер-фанкойл приведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вартість встановлення системи чиллер-фанкойл

Найменування	Вартість, грн.
Чиллер + 7 фанкойлів	351 972
Додаткові матеріали	9 300
Робота, включаючи транспорт, пусконаладження, запуск, післяпускове обслуговування (чистка фільтрів, випуск повітря і доповнення системи теплоносієм), консультація при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, пошкодження системи опалення з вини смежніков-будівельників і т.п.)	7 500
Транспортні та накладні затрати	8 300
Всього на 1 поверх:	377 072
Всього на 2 поверхів, К:	754 144

За формулою ми визначили вартість теплової енергії, котра витрачається при старій системі опалення (централізованій):

$$C_{ц} = 365\,955,5 \text{ грн}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за допомогою системи чиллер-фанкойл:

$$Q_{\text{тн}} = 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot P_{\text{тн}} \cdot n$$

де  $n_{\text{оп}}$  – кількість опалювальних днів [17];

$P_{\text{тн}}$  – електрична потужність чиллера;

$n$  – кількість встановлених чиллерів у всій будівлі.

$$Q_{\text{тн}} = 24 \cdot 183 \cdot 16,5 \cdot 2 = 144\,936 \text{ грн}$$

В грошовому еквіваленті, при вартості 1 кВт електроенергії [28]:

$$C_{\text{ТН}} = 144936 \cdot 0,9 = 130\,442,4 \text{ грн}$$

Розрахуємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{(C_{\text{ц}} - C_{\text{ТН}})} = \frac{754144}{365955,5 - 130442,4} = 3,2 \text{ роки}$$

### Висновки до розділу 3

У розділі 3 було запропоновано методи по підвищенню ефективності енергетичних систем таких як, системи опалення, охолодження та вентиляції в досліджуваному об'єкті.

Було розраховано три заходи по скороченню енергоспоживання лікарні:

- встановлення теплового насосу СН-HP60MFNM;
- встановлення рекуператора теплоти Ventoxx Champion в систему вентиляції;
- встановлення чиллера з виносним конденсатором 52.3 кВт.

Розрахунок економії та терміну окупності заходів показав, що данні методи є досить доцільними та зможуть принести економію в споживанні енергоресурсів. Терміни окупності склали 3,2 роки при встановленні системи чиллер-фанкойл, 2,12 роки при установці теплового насосу та 7 місяців для встановлення рекуператора теплоти в систему вентиляції.

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

Стартап як форма малого ризикового підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає [33].

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції послуги/товару для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов [34].

В таблиці 4.1 наведені цілі етапів розроблення стартап-проєкту.

Таблиця 4.1 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

Маркетинговий аналіз стартап-проекту	<ul style="list-style-type: none"><li>- опис ідеї проекту та визначення загальних напрямів використання потенційного товару чи послуги;</li><li>- аналіз ринкових можливості щодо реалізації;</li><li>- розробка стратегії ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту на базі аналізу ринкового середовища.</li></ul>
Організація стартап-проекту	<ul style="list-style-type: none"><li>- складання календарного плану та графіку реалізації стартап-проекту;</li><li>- розрахунок потреби в основних засобах та нематеріальних активах;</li><li>- формулювання потреби у матеріальних ресурсах та персоналі на основі визначення</li></ul>

	<p>планового обсягу виробництва потенційного товару;</p> <p>- розрахунок загальних початкових витрат на запуск проекту та планових загальногосподарських витрат, що необхідні для реалізації проекту.</p>
<p>Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проект</p>	<p>- визначення обсягу інвестиційних витрат;</p> <p>- розрахунок основних фінансово-економічних показників проекту та визначення показників інвестиційної привабливості проекту;</p> <p>- визначення рівня ризикованості проекту, визначення основних ризиків проекту та шляхів їх запобігання.</p>
<p>Заходи з комерціалізації проекту</p>	<p>- визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів; - складання інвестиційної пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом; - планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок, планування системи заходів з просування в межах обраних каналів; - планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти</p>

#### 4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання

На початковому етапі стартап-проекту робиться аналіз досвіду систем автоматизації керування вентиляцією адміністративної будівлі з інтегрованими системами. Даний метод не є поширеним, проте вже застосовувався в автоматизації вентиляційних систем.

При розгляді даної системи потрібно не лише оптимізувати систему, а й надати переваги автоматизації для споживача, викласти нові проблеми, які

необхідно вирішити при автоматизації вентиляції з інтеграцією до систем пожежогасіння. Головним завданням на цьому етапі є складання характеристики основних переваг автоматизованої вентиляції. Результати необхідно занести до таблиці 4.2.

В таблиці 4.2 наведений опис стартап-проекту.

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап-проекту

Опис ідеї	Напрямки застосування	Вимоги до користувача
Автоматизована система керування вентиляцією адміністративної будівлі з інтеграцією до системи пожежогасіння	Надання комерційних пропозицій відповідно до технічного запиту для вибору вентиляційних установок та супровід з технічних питань експлуатації обладнання.	Обов'язкове надання усіх технічних вихідних даних для підбору вентиляційного обладнання; Можливість підтримання контакту з технічними спеціалістами.

Проведемо аналіз потенційно-можливих техніко-економічних переваг ідеї в порівнянні з пропозиціями конкурентів.

В таблиці 4.3 визначимо усі слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту.

Таблиця 4.3 – Слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари / концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2			
Комплексність	1	2	3	3	1	
Оперативність	1	2	3	2		1

Сучасність	1	2	3			1
Безпека та надійність	1	2	3			
Вартість	1	2	3	2	2	3
Оптимізація витрат, знижки	1	2	3		3	1

Для формування конкурентоспроможності було визначено в попередній таблиці слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту.

#### 4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Після визначення переваг розробленої технології потрібно провести загальний опис ресурсів, які потрібні для використання, до таких ресурсів відносять інтелектуальні, нематеріальні, матеріальні, капітальні, інформаційні та інші. При використанні стартап-проекту потрібно врахувати зміни витрат, які зацікавляють інші підприємства, в яких є власні кошторисні відділи, які працюють по різних обчислювальних схемах. В першу чергу це впливає на вартість проекту за рахунок закупівлі певних матеріалів та ресурсів. Відносно до цього на вартість проекту може впливати управлінське рішення керівного складу. Загальну вартість капіталовкладень необхідно обговорити та узагальнити. В розділі 4.6 передбачається розрахунок кошторисної вартості та трудомісткості.

#### 4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери

Після того як провели виконання локального кошторису та визначили вартість автоматизації наступним кроком буде визначення ключових видів діяльності та ключових партнерів. Щоб дізнатися яким чином планується досягнення мети, тобто розкрити спосіб виконання циклу роботи проекту необхідно провести загальний аналіз та опис технології автоматизації систем керування вентиляції з інтеграцією до системи пожежогасіння. Ключові види діяльності показані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Автоматизація систем керування вентиляції адміністративної будівлі з інтеграцією до системи пожежогасіння з обґрунтуванням конструктивних рішень	Данна автоматизація дозволяє працювати не тільки в штаному режимі для підтримання комфортної роботи але й при небезпеці пожежі, при цьому витягуючи дим з приміщення.	Результатом діяльності є можливість впровадження автоматизованої системи вентиляції до систем пожежогасіння.

Наступними кроками є пошук та підключення партнерів. Партнерами передбачають собою певну організацію, які будуть зацікавлені у використанні даної автоматизації вентиляції. А в першу чергу зацікавленою стороною при автоматизації даної системи будуть організації, що займаються монтажем. Список даних організацій та інформаційні дані які пов'язані з ними наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Інформація про партнерські організації

Інформація	Партнер 1	Партнер 2	Партнер 3
Повна офіційна назва організації-партнера	ТОВ "ВЕНТКОНТРОЛ"	ТОВ "ASVENT "	ПАТ «Технобуд»
Місце розташування та офіційна адреса	Місто Київ, проспект Відрадний, 95	Місто Київ, пер. Богдановский, 7	м.Івано-Франківськ, вул,Незалежності, 136
Юридичний статус	Товариство з обмеженою відповідальністю	Товариство з обмеженою відповідальністю	Приватне акціонерне товариство

Контактна особа	Диченко Олександр Іванович	Краков Володимир Олександрович	Костишев Андрій Петрович
Телефон	224-60-15	245-50-88	763-55-26
Адреса електронної пошти	<a href="mailto:ventkontrol@ua">ventkontrol@ua</a>	<a href="mailto:2455088@ua">2455088@ua</a>	<a href="mailto:departamentblag@ukr.net">departamentblag@ukr.net</a>
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Основний з можливих замовників на проектування та спорудження конструкції	Основний з можливих замовників на проектування та спорудження конструкції	Основний з можливих замовників на проектування та спорудження конструкції

#### 4.5 Фінансове обґрунтування стартап проекту

Таблиця 4.6 – Фінансове обґрунтування проету

№ п/п	Обґрунтування	Найменування витрат	Вартість , тис. грн.		
			всього	у тому числі:	
				будівельних робіт	інших витрат
1	2	3	4	5	6
1		Прямі витрати, в тому числі	17880,969	17880,969	-
	Розрахунок N1	Заробітна плата	759,566	759,566	-
	Розрахунок N2	Вартість матеріальних ресурсів	8702,138	8702,138	-
	Розрахунок N3	Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів	36 615,26	36 615,26	-

2	Розрахунок N4	Загальновиробничі витрати	2176,135	2176,135	-
3	Розрахунок N5	Витрати на зведення (приспонування) та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд	-	-	-
4	Розрахунок N6	Кошти на додаткові витрати при виконанні будівельних робіт у зимовий період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у зимовий період)	-	-	-
5	Розрахунок N7	Кошти на додаткові витрати при виконанні будівельних робіт у літній період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у літній період)	-	-	-
6	Розрахунок N8	Інші супутні витрати	-	-	-
		<b>Разом</b>	<b>20057,104</b>	<b>20057,104</b>	<b>-</b>
7	Розрахунок N9	Прибуток	1 5844,85	1 5844,85	-
8	Розрахунок N10	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельно-монтажних організацій	561,915	-	561,915
9	Розрахунок N11	Кошти на покриття ризику	-	-	-
1	2	3	4	5	6
10	Розрахунок N12	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	-	-	-

11	Розрахунок N13	Разом (пп. 1-10)	22203,504	22203,504	561,915
		Податки, збори, обов'язкові платежі, встановлені чинним законодавством і не враховані складовими вартості будівництва (без ПДВ)	-	-	-
12		Разом договірна ціна крім ПДВ	22203,504	22203,504	561,915
		Податок на додану вартість	78565,15	-	78565,15
		Всього договірна ціна	30060,019		

#### 4.6 Цільові групи потенційних споживачів

Після того як визначили головних ключових партнерів потрібно провести аналіз цільових груп споживачів розробленої автоматизації. Розроблена автоматизація цілеспрямована для галузі автоматизованих систем адміністративних будівель, тому потенційним замовником та споживачам (цільовими групами) будуть виключено підприємства які спеціалізуються на автоматизації вентиляції. Для визначення потенційного споживача та замовника необхідно виявити групу цільової компанії, якій буде запропоновано можливість застосування даної автоматизації. Партнерські організації вже визначено, наступним кроком є визначення цільової групи потенційного споживача. Визначення цільової групи наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
-------	--	---	--------------------------------------	--------------------------

1	Організації та підприємства які спеціалізуються на проектуванні та монтажі вентиляційних установок	Високий попит, оскільки дана конструкція доцільна в різних інженерних сферах	Мала інтенсивність конкуренції з традиційними методами	Висока простота, простота у вирішенні інженерно-технологічних задач при автоматизації вентиляційних установок
---	--	--	--	---

#### 4.7 Канали збуду

Після того як ми вибрали цільові групи проекту наступним кроком в розробці стартап-проекту є визначення каналів збуту. Канали збуду – це система поєднання сукупності фірми або фізичних осіб, які будуть виконувати посередницьку роботу в пошуку замовників розробленої автоматизації. Виходячи з умов, при наданні права на посередницькі роботи з автоматизацією розробник втрачає контроль над її реалізацією, тому для інтелектуальної власності використовувати такі процеси не є доцільно. Тому потрібно визначати та продовжувати продаж за допомогою своїх сил.

Для правильної та найефективнішої системи збуту та продажу розробленої автоматизації, яка передбачає проведення комерційних переговорів з потенційним споживачем, торгових семінарів, відвідування конференцій, де відбудеться презентація розробленої автоматизації та показ найефективнішого її використання. Сформована система збуту наведена в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Закупівля для автоматизації вентиляційної установки з оптимізацією конструктивних параметрів	При постачанні розробленої конструкції повинні виконуватись наступні функції: дотримання нормативних вимог при моделюванні та інформування	При продажі інтелектуальної власності, якою являється розроблена конструкція оптимальною є вертикальна системою збуту. Дана автоматизація передбачає цілісність між виробником та організацією, яка буде використовувати дану автоматизацію.

#### 4.8 Бізнес-модель проекту (обладнання, технології)

Головним завданням при розробці стартап-проекту є проектування та створення бізнес-моделі і комерційної частини розробленої конструкції. При конкурентоспроможній бізнес-моделі головним плюсом є оптимізація конструктивних параметрів автоматизації вентиляції, а саме зменшення вартості на компоненти при автоматизації на 5-10 %, підвищення надійності, збільшення терміну експлуатації, зменшення витрат на експлуатацію та обслуговування. Ефективність вирішення поставлених задач під час автоматизації вентиляції адміністративної будівлі є технологічно доцільними та можуть прийматись до уваги. Структура бізнес моделі розробленої автоматизації вентиляційної установки представлена в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Структура бізнес моделі технології

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
<p>ТОВ "ВЕНТКОНТРОЛ Б"</p> <p>ТОВ "ASVENT "</p> <p>ПАТ «ТЕХНОБУД»</p>	<p>Проектування автоматизації та монтажу і введення в експлуатацію. Данна автоматизація дозволяє забезпечити температурний контроль та безпеку при пожежі.</p>	<p>Використання даної автоматизації значно поліпшує комфортну роботу людини в приміщенні та забезпечує аварійний режим при небезпеці.</p>	<p>Персональна підтримка – даний тип відносин передбачає наявність контактів між розробником автоматизації вентиляції та компанії яка використовує дану автоматизацію</p>	<p>Особливий споживчий сегмент: будівельні організації та монтажні підприємства.</p>
	<p>Ключові ресурси</p> <p>1. Людські ресурси (висококваліфіковані працівники)</p> <p>2. Фінансові ресурси (власні кошти та залучені інвестиції)</p>		<p>Канали збуту</p> <p>Отримання грантів на спорудження даної автоматизованої системи та написання статей в журналах автоматизованого профілю</p>	
<p>Структура собівартості</p> <p>1. Кошторисна вартість (капітальна): 12711,169 тис. грн.</p> <p>2. Кошторисна заробітна плата: 3183,566 тис. грн.</p> <p>3. Кошторисна трудомісткість: 43,71228 тис. люд-год.</p>			<p>Потоки надходження доходу</p> <p>Надходження доходів передбачаються після продажу запроєктованої автоматизованої системи вентиляції в адміністративних будівлях, авторський нагляд.</p>	

#### Висновки до розділу 4

Після проведення оцінки ринкової перспективи розробленої автоматизації та створення бізнес моделі показало, що дана автоматизація готова до широкого застосування, вона є конкурентоспроможною та цілком доцільна для подальшого виконання проекту.

Перевагою даного стартап-проекту є відсутність ризиків входження на ринок. Для входження на торгівельний ринок автоматизована система вентиляції сприятиме розвитку та вдосконаленню компаній.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – РААСН.: НИИ строительной физики, 2008. 496 с.
2. Kibert C. Construction Ecology. Nature as the basis for green buildings. [Spon press]. Canada, 2007. 328 p.
3. Бродач М.М. Здание с близким к нулевому энергетическим балансом М.М. Бродач, В.И. Ливчак // АВОК. 2011. № 5.
4. О планах повышения энергоэффективности зданий в Евросоюзе и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/479>– (Дата обращения: 18.10.2016).
5. Молодкин С.А. Принципы формирования архитектуры энергоэффективных высотных жилых зданий: Дисс.на соиск. Учен. Стен. Канн. Архитектуры, Москва, 2007. 216 с.
6. Золотов И.И. Негативные явления, связанные с улучшением теплоизоляции наружных ограждающих конструкций // Строительство и архитектура —1986 – № 9 – с.14-16.
7. Страхова Н. А., Пирожникова А. П. Контроль энергоэффективности зданий и сооружений как инструмент энергосбережения. Научное обозрение, №7(3), 2014 год. С. 789-792.
8. Тюрина Н.С. Экологические аспекты энергосбережения в системах отопления и вентиляции. Научное обозрение, № 2, 2014 год. С. 598-602.
9. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М.Бродач, Н.В.Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
10. Дмитриев А.Н. Управление энергосберегающими инновациями: Учебное пособие для вузов по строительным специальностям. Рек.МО РФ. – М.: Изд.-во Ассоциации строительных вузов, 2001. – 320 с
11. Сергейчук. О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. –Київ, 2008. – 425 с.

12. Pérez-Lombard, L.; Ortiz, J.; Pout, C. A review on buildings energy consumption information. *Energy Build.* 2008, 40, 394–398
13. Allouhi, A.; El Fouih, Y.; Kousksou, T.; Jamil, A.; Zeraouli, Y.; Mourad, Y. Energy consumption and *efficiency* in buildings: Current status and future trends. *J. Clean. Prod.* 2015, 109, 118–130.
14. Cunningham, A. Designing Energy Efficient Hospitals? First Let's Give You the Facts on Existing Performance; Western Cape Government Health Department: Sandton, South Africa, 2015
15. EE Publishers. Energy Usage and Efficiency at Medical Facilities—EE Publishers. Available online: <https://www.ee.co.za/article/energy-usage-and-efficiency-in-hospitals-clinics-and-medical-facilities.html>
16. Guide to Best Practice Maintenance and Operation of HVAC Systems for Energy Efficiency. pp. 36–37. Available online: <http://ee.ret.gov.au/energy-efficiency/non-residential-buildings/heating-ventilation-and-air-conditioning-hvac>
17. Eskom. Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems: Energy-Efficient Usage and Technologies; Eskom Energy Management Information Pack: Brochure 5; Eskom Holdings SOC Ltd.: Johannesburg, South Africa, 2015.
18. Teke, A.; Timur, O. Assessing the energy *efficiency* improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 33, 224–235.
19. Framework guidelines for energy efficiency standards in buildings (ECE/ENERGY/GE.6/2017/4). Retrieved from United Nations website: [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/comm26/Room\\_documents/CSE\\_26\\_2017\\_INF\\_2.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/comm26/Room_documents/CSE_26_2017_INF_2.pdf)
20. Енергоефективність будинку: як її підвищити і що для цього потрібно [електронний ресурс]. Режим посилання: <https://eenergy.com.ua/korysniporady/energoefektyvnist-budyunku-yak-yipidvyshhyty/>.

21. Теплотехника: Учебник для студентов вузов/ А.М. Архаров, С.И. Исаев, И.А. Кожинов и др.; Под общей ред. В.И. Крутова. – М. Машиностроение, 1985. – 432 с.

22. Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления (сборник инструкций). М., Недра, 1983. – 224 с.

23. Методы и программы расчета мощности теплового насоса для отопления дома [электронный ресурс]. Режим послання: <http://samanka.ru/kak-rasschitat-moshhnost-teplovogo-nasosa.html>.

24. Тепловий насос СН-НР60MFNM (опалення/ГВП) 15/60кВт [електронний ресурс]. Режим послання: <https://prom.ua/ua/p536463638-teplovoj-nasosvozduh.html>

25. Як вибрати тепловий насос [електронний ресурс]. Режим послання: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierie-proektu/teplovie-nasosi/vozdushnyijteplovoj-nasos-dlya-doma-do-150-m2.html>.

26. Київтеплоенерго [електронний ресурс]. Режим послання: <https://kte.kmda.gov.ua/tarufu/>.

27. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житловокомунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696 с.

28. Тариф на електроенергію для населення [електронний ресурс]. Режим послання: <https://www.nerc.gov.ua/?id=15013>.

29. Ventохх Champion с ДУ [електронний ресурс]. Режим послання: [https://ventbazar.ua/111805.html?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google&utm\\_campaign=6500552602&utm\\_content=76919665614&utm\\_term=pla822695393934&gclid=CjwKCAiAxMLvBRBNEiwAKhrnGGrH0dLnY1KAo1Vk4V4Es-hRjXjodKIVXmumd9AjbGvq85nBnK9lXoCyw4QAvD\\_BwE](https://ventbazar.ua/111805.html?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=6500552602&utm_content=76919665614&utm_term=pla822695393934&gclid=CjwKCAiAxMLvBRBNEiwAKhrnGGrH0dLnY1KAo1Vk4V4Es-hRjXjodKIVXmumd9AjbGvq85nBnK9lXoCyw4QAvD_BwE)

30. Система чиллер-фанкойл (централизованная система кондиционирования [електронний ресурс]. Режим посилання: <https://bt-service.ua/sistemy-chillerfankojl/https://bt-service.ua/sistemy-chiller-fankojl/>.

31. Чиллер з виносним конденсатором 52.3 кВт [електронний ресурс]. Режим посилання: <https://kiev.prom.ua/ua/p995140731-chiller-vynosnymkondensatorom.html>.

32. Фанкойли каналні Atisa середнього тиску серії MF-EC [електронний ресурс]. Режим посилання: <https://kiev.prom.ua/ua/p315260057-kanalnyefankojly-atisa.html>.

33. .О. В. Корнух «Стартап як прогресивна форма інноваційного підприємництва» / М. : ТЕХНОСФЕРА, 2014 р. – 26-30с

34. Пікуль В.С. Що таке стартап? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://3222.ua/article/scho\\_take\\_startap.htm](http://3222.ua/article/scho_take_startap.htm)