

**Т.В. Гільорме, А.В. Накашидзе,
Ю.О. Мітіков, І.С. Накашидзе**

**СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ: ТЕХНІЧНІ ТА
ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ**

навчальний посібник



**Дніпро
АКЦЕНТ ПП
2018**

**Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара**

**Т.В. Гільорме, Л.В. Накашидзе
Ю.О. Мітіков, І.С. Накашидзе**

**СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ: ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ
ТА НАУКОВІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ**

**Присвячується 100-річчю
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
(1918-2018 рр.)**

**Дніпро
АКЦЕНТ ПП
2018**

УДК 621.311.1:620.92(075.8)

С40

Друкується відповідно до рішення Вченої Ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (протокол № 5 від 21.11.2017)

Автори:

І.С. Накашидзе, к.філ.н. – розділ 1;

Л.В. Накашидзе, к.т.н., старший наук. співроб. – розділ 2;

Ю.О. Мітіков, к.т.н., доц. – розділ 2;

Т.В. Гільорме, к.е.н. – розділ 3.

Рецензенти:

В. О. Габрінець – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В. Я. Плаксієнко – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри бухгалтерського обліку Полтавської державної аграрної академії

С 40 Системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії: технічні, економічні та наукові аспекти побудови. Навчальний посібник / Т.В. Гільорме, Л.В. Накашидзе, Ю.О. Мітіков, І.С. Накашидзе – Дніпро: ДНУ імені Олеся Гончара, ТОВ „АКЦЕНТ ПП”, 2018. – 184 с.

ISBN 978-966-921-167-5

У навчальному посібнику подано інформацію про наукові, технічні, економічні аспекти побудови інноваційних систем енергозабезпечення, у яких використовуються відновлювані джерела енергії (сонячне випромінювання, енергія навколишнього середовища та ін.). Систематизовано техніко-економічні методологічні підходи до формування інноваційних системи енергозабезпечення та впровадження енергозберігаючих технологій. Матеріал супроводжується необхідними аналітичними даними, ілюстраціями, ключовими поняттями і категоріями.

Навчальний посібник має науково-практичне значення й розрахований на магістрів, аспірантів технічних, економічних спеціальностей, викладачів, наукових працівників та менеджерів, які займаються моделюванням маркетингу при впровадженні енергозберігаючих технологій на промислових підприємствах та в житлово-комунальному секторі України.

УДК 621.311.1:620.92(075.8)

ISBN 978-966-921-167-5

© Гільорме Т.В., Накашидзе Л.В.,
Мітіков Ю.О., Накашидзе І.С., 2018

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	5
Передмова.....	11
Розділ 1. Наукові підходи до формування інноваційних техніко-економічних рішень.....	14
1.1 Наукові засади написання кваліфікаційної роботи.....	14
1.2 Структура кваліфікаційної роботи.....	19
1.3 Методи дослідження техніко-економічних питань.....	25
1.4 Мова і стиль кваліфікаційної роботи.....	32
Розділ 2. Визначення основних технічних характеристик конструктивних елементів системи енергозабезпечення споруд..	40
2.1 Надходження сонячної енергії до поверхні перетворювачів енергії відновлюваних джерел.....	42
2.1.1 Добова зміна інтенсивності сонячної радіації.....	42
2.1.2 Розподіл сонячної енергії по території України.....	44
2.1.3 Надходження сонячної енергії на поверхню перетворювача енергії сонячного випромінювання.....	46
2.2 Характеристики перетворювачів енергії сонячного випромінювання.....	51
2.2.1 Геліопрофіль «ТЕПС».....	51
2.2.2 Геліопрофіль «ФОТОН».....	53
2.2.3 Електрогеліопрофіль «ФОТОН-Е».....	55
2.3 Визначення тепло-, повітря- вологозахистних властивостей перетворювачів енергії сонячного випромінювання.....	60
2.4 Обґрунтування параметрів сезонного ґрунтового акумулятора для системи енергозабезпечення з використанням перетворювачів енергії сонячного випромінювання.....	76
2.5 Розрахунок добового бака-акумулятора.....	87

2.6 Розширювальний бак як елемент системи енергозабезпечення.	94
Розділ 3. Економічне обґрунтування вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження.....	107
3.1 Проектний аналіз (інвестиційний аналіз) комерційної спроможності проектів з енергозбереження.....	108
3.2 Дослідження чутливості результуючого показника при запровадженні енергозберігаючих проектів.....	121
3.3 Маржинальний аналіз як інструмент прийняття управлінських рішень щодо запровадження проектів з енергозбереження.....	124
3.4 Концепція життєвого циклу проектів.....	134
3.5 Ефективність впровадження технічних пропозицій з енергозбереження.....	138
3.6 Методика визначення вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження.....	151
3.7 Організаційно-економічні засади дослідження технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження.....	165
Словник термінів.....	178

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

APP_e	– термін окупності, наведений для проектних енерговитрат;
ARR	– коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту, частка;
B_i	– бюджет на реалізацію проектів з енергозбереження у t-тому році, грн.;
CF	– грошовий потік в t рік, грн.;
CF_{cp}	– середній грошовий потік об'єкта інвестицій за розглянутий період, грн.;
c_n	– вартість одиниці n-го енергоресурсу, грн.;
C_oD_i	– вартість відкладених рішень, що пов'язані з реалізацією i-того проекту з енергозбереження, грн.;
CVP	– «витрати – обсяг – прибуток» (Cost-Volume-Profit Relationships);
$C_{пост}$	– постійні витрати за розрахунковий період на весь обсяг виробництва, грн.;
$C_{змін}^{од}$	– змінні витрати на одиницю продукції, грн./ натуральний показник;
d	– ставка дисконтування, яка заснована на прогнозі необхідної прибутковості;
D_{eq}	– витрати, які пов'язані з простоем виробничих потужностей підприємства, що обумовленим реалізацією проекту з енергозбереження, грн.;
DPP	– дисконтований період окупності, років;
D_t	– передбачуваний дохід від впровадження, грн.;
E^E	– економічна ефективність;
E^{Ec}	– екологічна ефективність;
E_n	– заощадження витрат за енергію за період часу, грн.;
E_{n1}, E_{n2}, E_{n3}	– зниження проектних енерговитрат відповідно на 1,2,3 роки;
ES	– щорічні заощадження енергії проекту за поточними цінами;
E^S	– соціальна ефективність;
ES_n	– щорічні заощадження енергії проекту на період аналізу;
E^T	– технологічна ефективність;
EV	– соціально-економічний ефект від впровадження заходів з енергозбереження, грн.
$EV_{сценар}$, $EV_{факт}$	– відповідний соціально-економічний ефект від впровадження заходів з енергозбереження сценарного та фактичного, грн.;

E_{en}	– економічний ефект від впровадження проекту з енергозбереження, частка;
ΔE_1	– приріст ефективності виробництва від запровадження окремих інновацій;
ΔE_2	– приріст ефективності виробництва від запровадження комплексу інновацій;
G	– сума гудвілу на основі оцінки за фактичною сумою прибутку, грн.;
GE	– загальна ефективність з позиції процесного підходу (множина складових), грошові одиниці;
I	– капітальні витрати (інвестування), грн.;
IC	– сума інвестицій, які спрямовані на інноваційний проект, грн.;
IRR	– внутрішня норма прибутковості;
$I_{дох}$	– індекс доходності проекту, відсоток;
$I_{п}$	– початкові інвестиції;
K_t	– розмір інвестицій, грн.;
$k_{зав}$	– відсоток поточного завантаження виробничих потужностей, частка;
$k_{зм}$	– коефіцієнт запасу міцності, частка;
$k_{Пмарж}$	– коефіцієнт маржинального прибутку, частка;
L	– операційний ліверидж, частка;
LCC_i	– витрати «часу життя» і-того проекту з енергозбереження, грн.;
M	– витрати на експлуатацію, грн.;
MAI	– метод аналізу ієрархії;
Mm_n	– різні витрати на експлуатацію і обслуговування на період аналізу;
n	– коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно зовнішнього середовища;
NCF	– чистий грошовий потік, грн.;
NPV	– чистий дисконтований дохід, грн.;
NPV_{cp}	– середнє очікуване значення чистого дисконтованого доходу, грн.;
$O\&M$	– витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання;
$O\&M_n$	– заощадження витрат на обслуговування і експлуатацію за період часу проекту, грн.;
P	– ймовірна оцінка зміни ключових вихідних показників встановлено експертним шляхом, частка;
P_{cred}	– виплата відсотків за позикою, грн.;

PI	– індекс прибутковості проекту, частка;
\overline{PV}_t	– середня величина грошових надходжень у періоді t , грн.;
PV	– майбутні наявні грошові потоки, грн.;
ΔP_{rep}^{perm}	– зміна вартості планових поточних ремонтів, профілактичних оглядів та обслуговування, грн.;
Q	– корисна теплова потужність;
Q	– обсяг виробництва продукції у натуральному виразі;
Q_b	– точка беззбитковості у натуральному виразі;
$Q_{вікна}$	– витрати теплоти крізь вікна;
$Q_{дах}$	– витрати теплоти крізь покрівлю;
$Q_{двері}$	– витрати теплоти крізь двері, Вт;
$Q_{заг}$	– загальні теплові втрати через конструкції споруди;
$Q_{підл}$	– витрати теплоти крізь підлогу;
$Q_{стін}$	– витрати теплоти крізь стіни, Вт;
$Q_{факт}$	– обсяг виробництва (реалізації) у натуральному виразі
$Q_{ц}$	– обсяг продукції за натурального виразу, що забезпечує цільовий прибуток
R	– загальний термічний опір теплопередачі;
$R_{0стін}^{нотр}$	– необхідний термічний опір стін;
$R_{0підл}^{нотр}$	– потрібний термічний опір підлоги;
$R_{0покр}^{нотр}$	– потрібний термічний опір покрівлі;
$R_0 дах$	– термічний опір покрівлі;
R_{ex}	– опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані x від внутрішньої поверхні, $m^2 \cdot год \cdot Па/мг$;
$R_{e\Sigma}$	– опір паропроникненню огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot год \cdot Па/мг$;
R_{xy}	– коефіцієнт критеріальної валідності проекту, частка;
$R_{дол. прои. n}$	– теплові витрати крізь підлогу;
$R_{o. підл.}$	– термічний опір підлоги;
R_{oEO}	– термічний опір перетворювача енергії відновлюваних джерел (енергоактивного огороження);
$R_{оп. стін}$	– термічний опір стін;
S	– ліквідаційна вартість, грн.;
SD_y	– стандартне відхилення критерію успішності, що визначає існуючі відмінності між успішними та неуспішними проектами у прибутку, які вони приносять підприємству, грн.;
S_e	– енергобезпека підприємства;

SPP	– простий термін окупності;
$S_{\text{двері}}$	– площа дверей, м^2 ;
$S_{\text{стін}}$	– площа стін, м^2 ;
T	– час
$t_{\text{вн}}$	– температура внутрішньої поверхні конструктивних елементів (стін) споруди;
$t_{\text{зов}}$	– температура повітря зовнішнього середовища;
$t_{\text{роси}}$	– температура точки роси;
$\Delta t_{\text{н}}$	– нормативний перепад між температурою внутрішньої поверхні огорожень споруди та температурою повітря зовнішнього середовища;
Δt_1	– час між досягненням максимальної ефективності базової та поліпшеної технологій виробництва;
Δt_2	– час між досягненням максимальної ефективності базової та сучасної ресурсощадної технології;
V	– коефіцієнт варіації;
W_0, W_1	– обсяг річного споживання n-го енергоресурсу відповідно до та після реалізації проекту з енергозбереження, кВт·год. (Гкал, м^3 , т.у.п.);
Z_x	– середнє стандартизоване значення головного критерію успішності проектів, частка;
$\alpha_{\text{вн}}$	– коефіцієнт тепловіддачі до поверхні огороження від зовнішнього середовища, наприклад, $\alpha_{\text{вн}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
$\alpha_{\text{зов.}}$	– коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні огороження до зовнішнього середовища, наприклад, $\alpha_{\text{зов.}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
$\alpha_{\text{н}}$	– коефіцієнт віддачі на зовнішні поверхні огороження;
$\Delta \omega$	– збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, у якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою;
$\Delta \omega_{\text{д}}$	– допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, у шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою;
$\Delta \text{П}$	– зростання прибутку за рахунок впровадження проекту, грн.;
η	– коефіцієнт використання сонячної енергії;
$\lambda_{\text{прош. 1,}}$...,	– теплопровідність прошарків зовнішнього огороження (стін/енергоактивного огороження);
$\lambda_{\text{прош. n}}$	
σ	– стандартне відхилення;

$\delta_{прош. 1,}$	– товщина прошарків зовнішнього огородження споруди
$\delta_{прош. 2,}$	(наприклад, стін), м;
....,	
$\delta_{прош. n}$	
$\tau_{вн}$	– температура внутрішньої поверхні стіни;
$\Phi_{В0}$	– рахункове значення відносної вологості;
A	– базова технологія;
AE	– аллокативна (розподільча) ефективність;
Am	– амортизація, грн.;
$A_{річн}$	– середньорічна вартість активів, грн.;
$APP_{O\&M}$	– термін окупності, наведений з урахуванням O&M;
B	– поліпшена базова технологія (запровадження окремих інновацій);
$ВП_{б}$	– точка беззбитковості у відсотках (беззбиткова виробнича потужність)
$ВП_{факт}$	– фактична виробнича потужність;
D	– обсяг виробництва і продажу в грошовому виразі (дохід), грн.;
$D_{б}$	– точка беззбитковості у грошовому виразі, грн.;
$D_{факт}$	– фактичний дохід у грошовому виразі, грн.;
$D_{ц}$	– обсяг продукції у грошовому виразі, що забезпечує цільовий прибуток, грн.;
E	– ефективність виробництва;
E(x)	– парціальний тиск насиченої водяної пари у товщі шарів огорожувальної конструкції;
E_1	– максимальний показник ефективності базової технології;
E_2	– максимальний показник ефективності поліпшеної базової технології;
E_3	– максимальний показник ефективності сучасної ресурсощадної технології;
$e_{в}$	– парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, Па;
$E_{в}$	– значення парціального тиску насиченої водяної пари;
e_3	– парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, що визначається за СНиП 2.01.01 для періоду найбільш холодного місяця року, Па;
$IP_{б}$	– кількість проектів, які були оцінені, одиниць;
$IP_{е}$	– кількість проектів інноваційних енергозберігаючих технологій, які були запровадженні за допомогою даного проекту, одиниць;
H_A	– норма рентабельності активів, частка;

П(С)БО	– Положення (стандарт) бухгалтерського обліку;
$P_{\text{марж}}$	– маржинальний прибуток за певний період часу, грн.;
$P_{\text{опер}}$	– операційний прибуток за певний період часу, грн.;
P_n	– ставка податку на прибуток, частка;
$P_{\text{ц}}$	– цільовий прибуток, грн.;
$P_{\text{чист}}$	– середньорічна сума чистого прибутку, грн.;
$P_{\text{марж}}^{\text{од}}$	– маржинальний прибуток на одиницю, грн./ натуральний показник;
РР	– період окупності проекту, років;
С	– сучасна технологія (комплекс інновацій у виробництво);
$s(x)$	– парціальний тиск водяної пари у товщі шарів огорожувальної конструкції;
C_e	– енерговитрати підприємства;
$C_{\text{загал}}$	– загальні витрати за певний період часу, грн.;
$C_{\text{змін}}$	– змінні витрати за розрахунковий період на весь обсяг виробництва, грн.;
$C_{\text{п}}$	– витрати на впровадження проекту, грн.;
ТЕ	– технічна ефективність;
$C_{\text{од}}^{\text{од}}$	– ціна одиниці виробу, грн./ натуральний показник.

ПЕРЕДМОВА

Енергетична безпека України значною мірою гарантується забезпеченістю власними енергоносіями. На сьогодні практично вся теплова енергія виробляється з викопних енергетичних ресурсів, які на даний час мають високі економічні показники. Їх використання призводить до значного забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами. При спалюванні вуглеводневого палива утворюється вуглекислий газ, внесок якого найбільший при виникненні парникового ефекту в атмосфері. До атомних електростанцій ставлення громадськості насторожене у зв'язку з можливістю важких аварій з радіаційними забрудненнями великих територій. Вирішенню енергетичної проблеми та зниженню забруднення довкілля в Україні (поряд з подальшим розвитком традиційної енергетики і впровадженням енергозберігаючих заходів) буде сприяти нарощування масштабів використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Україна забезпечена власними традиційними енергетичними ресурсами не більш ніж на 40 %. У той же час, виходячи з оцінки обсягу валового виробництва на душу населення, використовується їх на 48 % більше, ніж в індустріально розвинутих країнах. У загальноенергетичному балансі України частка теплової енергії складає приблизно 55 %, з яких до 40 % виробляється на котельнях і теплоелектроцентралях (ТЕЦ) та використовується для теплопостачання об'єктів житлово-комунального господарства, промислових та житлових споруд¹.

Системи енергозабезпечення, у яких в якості енергоносія використовуються відновлювані джерела, як правило мають модульний

¹ ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л. О возможности интеграции солнечных систем тепло- и горячего водоснабжения в существующие теплосети / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А.К. КУЗИН, П.А. КАПУСТЕНКО, Л.М. УЛЬЕВ // Щоквартальний науково-практичний журнал „Інтегровані технології та енергозбереження”. – Харків: НТУ „ХПИ”, 2003. – №2. – С.34-37.

характер, мають невелику потужність (за необхідності нарощуючи її). Широкомасштабне впровадження таких інноваційних систем енергозабезпечення сприятиме запровадженню ряду позитивних результатів, таких як:

- диверсифікація джерел енергопостачання;
- забезпечення незалежності споживачів від великих постачальників енергії та від стану мереж тощо.

Важливим є соціальний ефект розвитку децентралізованого енергопостачання з використанням відновлюваних джерел енергії, тому що підприємства України одержать великі замовлення на поставки серійного або нового обладнання, що призведе до створення нових робочих місць.

Щорічно в Україні виробляється до 200 млрд. кВт·год електроенергії при наявній потужності електростанцій близько 55 ГВт, що близько до європейського рівня. Проте, на комунальні потреби використовується до 800 кВт·год на одного жителя, що значно менше, ніж у розвинутих країнах світу. На теплові електростанції припадає 67 % загального виробництва електроенергії; атомні виробляють 29 %, гідроелектростанції – близько 4 %. Темпи впровадження вітроелектричних та фотоелектричних станцій в Україні ще недостатні².

Одним з факторів, що перешкоджають використанню ВДЕ, є недостатній рівень впровадження системного наукового підходу до формування технічних рішень систем енергозабезпечення, у яких використовується енергія сонячного випромінювання, тепло навколишнього середовища, економічного обґрунтування їх ефективності. Беручи до уваги значні фінансові витрати на спорудження систем енергозабезпечення з комбінованим використанням ВДЕ, дуже важливою є розробка коректних методик їх розрахунку з урахуванням

² Вербовский В.С. Децентрализация электроснабжения с помощью автономных электростанций / В.С. Вербовский, Н.Ю. Павлюк // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – №3. – С.26-36.

вихідних даних конкретного користувача, що буде сприяти мінімізації загальної вартості. В іншому випадку зі значною часткою ймовірності робота таких систем енергозабезпечення буде незадовільною.

Для формування необхідної споживачу системи енергозабезпечення ще на етапі конструктивної розробки потрібне використання системного підходу, який забезпечить науковий, технічний, технологічний, економічний розгляд інноваційних систем енергозабезпечення. У даному навчальному посібнику запропоновано основні елементи такого системного підходу, використання яких нададуть можливість у подальшому легше орієнтуватись у питаннях проектування інноваційних систем енергозабезпечення.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ

Питання, що розглядаються у темі

- 1.1. Наукові засади написання кваліфікаційної роботи
- 1.2. Структура кваліфікаційної роботи
- 1.3. Методи дослідження техніко-економічних питань
- 1.4. Мова і стиль кваліфікаційної роботи

1.1. Наукові засади написання кваліфікаційної роботи

Наукове дослідження – цілеспрямований процес пізнання, який здійснюється з метою викриття закономірностей зміни об'єктів залежно від певних умов місця і часу їх функціонування для подальшого використання їх в практичній діяльності. Це організований процес розумової праці, безпосередньо спрямований на виробництво нових знань. Отримання нових наукових даних – соціальна потреба суспільства.

У Законі України «Про вищу освіту» [7] передбачено, що наукова і науково-технічна діяльність у вищих навчальних закладах є невід'ємною складовою освітньої діяльності й здійснюється з метою інтеграції наукової, навчальної і виробничої діяльності в системі вищої освіти (ст. 65 п. 1). Суб'єктами наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності є насамперед науково-педагогічні працівники, а також особи, які навчаються у вищих навчальних закладах. Як показує досвід, широкий вибір форм організації науково-дослідної роботи студентів має велике значення для створення у вищому навчальному закладі атмосфери творчості. Залучення студентів до наукових досліджень сприяє активізації їх розумової діяльності, самовдосконаленню і самореалізації.

Згідно з Положеннями про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах України [15] за студентами закріплено багаточисельні права, у тому числі і право брати участь у всіх видах науково-дослідних робіт, конференціях, симпозіумах, а також представляти свої роботи для публікації, зокрема у виданнях вищого навчального закладу.

Науково-дослідна робота студентів – це форма організації наукової та дослідної роботи студентів, за якої вони залучаються до активної самостійної (або під керівництвом викладача) науково-дослідної діяльності для формування наукового світогляду, розвитку науково-дослідних умінь, навичок творчого вирішення практичних завдань; це форма сприяння молодим дослідникам в опануванні методології та методів наукового пошуку.

Науково-дослідна та інноваційна робота студентів є найважливішим аспектом формування особистості майбутнього вченого та фахівця високої кваліфікації, слугує потужним засобом селективного відбору кадрів для підготовки молодих учених, збереження і відновлення наукових шкіл. Дослідна діяльність передбачає високу здатність студентів до творчого науково-технічного мислення.

Поняття «науково-дослідна робота студентів» містить два елементи:

1) навчання студентів елементам дослідницької праці, прищеплення ним навиків цього;

2) власне наукові дослідження, що проводяться студентами під керівництвом професорів і викладачів.

Науково-дослідна робота студентів у вищому навчальному закладі відбувається за трьома основними напрямками: науково-дослідна робота у навчальному процесі; науково-дослідна робота студентів у позанавчальний час; науково-організаційні заходи – конференції, конкурси, олімпіади та ін.

Науково-дослідна робота студентів – один із важливих засобів підвищення якості підготовки та виховання спеціалістів з вищою освітою, які здатні творчо використовувати в практичній діяльності новітні досягнення науково-технічного прогресу. Мета залучення студентів до науково-дослідної роботи – це розвиток і використання їх творчого потенціалу для вирішення проблем підвищення ефективності діяльності організацій і підприємств, виховання активних, всебічно розвинених фахівців.

Творча наукова діяльність вимагає особливої підготовки. Знання методології, теорії, техніки, методів і організації науково-дослідної діяльності допоможе молодим фахівцям легко включатися у професійну діяльність, втілювати наукові знання у практичну площину, сприятиме розвитку раціонального творчого мислення. Планування, облік і контроль науково-дослідної роботи студентів спрямовані на досягнення кінцевого результату – оволодіння методологією наукового дослідження та набуття навичок застосування її у практичній і науковій діяльності.

Кваліфікаційна робота – це спеціальна форма наукової роботи, що передбачає опрацювання наукових, законодавчих, архівних джерел, забезпечує їх об'єктивне викладення на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, має відповідні ознаки, яку виконує студент-випускник для отримання диплома про закінчення навчального закладу.

Магістерська робота – післядипломна форма наукової роботи, що передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних, архівних (у тому числі рукописних) джерел на вищому, порівняно з дипломною роботою, рівні, забезпечує об'єктивне викладення опрацьованого матеріалу на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності має свої кваліфікаційні ознаки [12, с. 23].

Написання кваліфікаційної роботи та її захист перед державною екзаменаційною комісією є перевіркою підготовки фахівця до самостійної

діяльності з обраної спеціальності, його здатності самостійно аналізувати стан проблем у певній галузі науки, розробляти необхідні пропозиції.

Мета кваліфікаційної роботи – систематизація, поглиблення й узагальнення отриманих студентами теоретичних знань і практичних навичок, удосконалювання навичок самостійного розв’язування поставлених завдань та їх логічне обґрунтування. [1, с. 170].

Кваліфікаційна робота має відповідати таким вимогам:

- бути актуальною, мати новизну, виконуватись на рівні сучасних досягнень науки і техніки;
- бути спрямованою на вирішення практичних завдань майбутньої діяльності;
- стимулювати у студентів творчий пошук нових пріоритетних наукових рішень;
- містити огляд наукових і методичних праць, пов’язаних з темою дослідження;
- пропонувати оптимальні рішення на основі застосування математичних методів моделювання з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки;
- виконуватися в руслі наукових досліджень керівника, кафедри та інших наукових підрозділів закладу;
- узагальнювати і розвивати науково-дослідницькі вміння студента;
- свідчити про коректне ставлення студента до використання результатів аналізу та опублікованих матеріалів інших авторів, тобто містити посилання на використані джерела. Роботи без посилань на джерела використаного матеріалу до захисту не допускаються [13, с. 14-15].

Важливу роль при написанні кваліфікаційної роботи відіграє підготовчий етап. Він передбачає реалізацію таких завдань:

1. Вибір теми дослідження – один із найважливіших етапів. Тема повинна відповідати таким критеріям, як актуальність, новизна, наявність

джерельної бази, наявність науково-дослідної бази та відповідність тематичній спрямованості випускової кафедри [5, с. 7].

2. Складання плану майбутньої дипломної роботи. Варто пам'ятати: чим детальнішим буде план, тим легше буде визначити основні напрями роботи. Тому до плану варто вносити все, що можна заздалегідь передбачити від час вирішення досліджуваної проблеми.

3. Пошук літературних джерел за темою дослідження оптимально розбити на кілька етапів [1, с. 170]:

- попередній вибір за каталогами, тобто складання списку літератури;

- пошук джерел у відповідності до сформованого списку;

- аналіз першоджерел, їх відбір та копіювання (за потреби).

4. Систематизація зібраного матеріалу. Способи систематизації можуть бути різними, тому кожен студент обирає для себе зручний саме йому.

Робота з джерелами передбачає такі етапи: загальне ознайомлення (ознайомлення зі змістом і швидкий перегляд джерела; уважне читання за розділами (виділення найважливішого тексту); вибіркоче читання тексту (перечитування найважливішого); складання плану прочитаного матеріалу (постановка проблем); виписка з прочитаного (цитата і бібліографічний опис із зазначенням сторінок, звідки взято цитату); оформлення картотек(бібліографічна, виписок, рефератів, іноземної літератури); заставлення та критична оцінка прочитаного (запис зауважень) [12, с. 69]. Працюючи із матеріалом треба обмірковувати наявну наукову інформацію, виробляти власні ідеї, фіксувати власні думки, щоб майбутня робота не перетворювалась на компіляцію або плагіат чужих досліджень.

1.2. Структура кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота складається з таких структурних елементів:

- титульний аркуш;
- зміст;
- перелік умовних скорочень (за необхідності);
- вступ;
- основна частина;
- висновки;
- список використаних джерел;
- додатки (за необхідності).

Обсяг кваліфікаційної роботи суворо не регламентується. Рекомендують дотримуватися таких пропорцій між частинами дипломної роботи: вступ – до 10 %, головна частина – 80...85 %, висновки – 5...10 % від обсягу тексту.

Титульний аркуш є першою сторінкою, але номер не ставиться. Оформлюється титульний лист у суворій відповідності до правил, які можуть визначатись кожним факультетом (чи кафедрою).

У **змісті** зазначаються назви та номери початкових сторінок усіх структурних одиниць дипломної роботи. Заголовки повинні точно повторювати заголовки в тексті. Скорочувати назви у змісті не можна.

Перелік умовних скорочень наводиться у тому випадку, якщо в роботі використовуються досить багато маловідомих скорочень (аббревіатур). Перелік подається у двох колонках: ліворуч перераховані скорочення (в алфавітному порядку), праворуч – їх розшифрування.

Вступ (3-5 сторінок) містить у стислій формі фундаментальні положення, обґрунтуванню яких присвячена магістерська робота. Він починається з преамбули, яка містить інформацію про сутність і стан досліджуваної проблеми, її значення у сучасних умовах. Далі вступ повинен містити такі елементи:

1. Актуальність теми.
2. Об'єкт і предмет дослідження.
3. Мета і завдання дослідження.
4. Методи дослідження.
5. Наукова новизна.
6. Структура роботи.

Вірно сформульована **актуальність** теми свідчить про професіоналізм автора роботи [1, с. 173]. Для обґрунтування значимості дослідження дипломника варто подати короткий аналіз літератури³ з теми, вказати, що дана тема не була вивчена повною мірою до проведення цього дослідження в даному аспекті. Тобто необхідно показати, що дипломна робота спрямована за заповнення певної (хоч і невеликої) прогалини у даній галузі науки. Формулювання актуальності не повинно бути багатослівним.

Далі формулюється головна **мета** дослідження, яка повинна бути досягнена при вирішенні основної актуальної проблеми дипломної роботи. Не слід формулювати мету як «Дослідження...», «Вивчення...», тому що ці слова вказують на засіб досягнення мети, а не на саму мету [9, с. 99].

Відповідно до основної мети виділяють **завдання**, які необхідно вирішити для досягнення мети. Вони повинні бути чітко й лаконічно сформульовані та розташовані таким чином, щоб наступне завдання логічно впливало з попереднього.

Об'єкт дослідження становить область наукових пошуків, у межах якої існує досліджувана проблема.

³ У тексті можна вказувати прізвище автора та назву його роботи, після чого вказати у квадратних дужках порядкове місце даної роботи в списку літератури, наприклад: [2]. Якщо при цьому здійснюється цитування, то цитата береться в лапки «», у дужках вказується сторінка, звідки взята цитата, наприклад: [2, с. 54].

Предмет дослідження є вужчим і більш конкретним, тобто із загальної системи, що становить об'єкт дослідження, виділяється частина або процес, що протікає в системі.

Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження.

У **методах** дослідження наводиться перелік методів, які використовуються у кваліфікаційній роботі (див. п. 1.3).

Наукова новизна повинна містити коротко тези про те, що ж нового для даної галузі науки запропоновано в кваліфікаційній роботі. До ознак наукової новизни роботи належать:

- постановка нової наукової проблеми;
- введення нових наукових категорій і понять;
- застосування нових методів, інструментів, апарату дослідження;
- розробка і наукове обґрунтування пропозицій про відновлення об'єктів, процесів і технологій, використовуваних в економіці й управління;
- розвиток нових наукових уявлень про навколишній світ, природу, суспільство [5, с. 14] тощо.

Наприкінці вступу вказується **структура роботи**, де коротко викладають про що йдеться в кожному розділі. Наприклад: «Логіка дослідження зумовила структуру дипломної роботи: вступ, ...розділи, висновки, список використаних джерел із ... найменувань, ...додатків. Загальний обсяг ... сторінок»

Основна частина кваліфікаційної роботи є найбільш об'ємною частиною. Вона повинна відповідати темі та повністю розкривати її. Основна частина найчастіше поділяється на три розділи, які у свою чергу можуть бути поділені на підрозділи. Номер розділу ставиться після слова «Розділ», без крапки, назва розділу починається з нового рядка. Кожен розділ повинен починатись з нової сторінки. Підрозділи нумерують у

межах кожного розділу: спочатку зазначається номер розділу, через крапку подається номер підрозділу, ставиться крапка (наприклад, 1.1. – перший підрозділ першого розділу), указується назва підрозділу. У кінці розділів та підрозділів повинні бути лаконічні висновки, що одночасно є логічними переходами між структурними частинами.

Зміст основної частини дипломної (магістерської) роботи відрізняється від спеціальності й теми. Найчастіше вона містить огляд літератури, опис експериментальної частини і методики дослідження, опис проведених досліджень, аналіз і узагальнення результатів досліджень, економічний ефект від їх впровадження. Детальніше рекомендації щодо написання основної частини наведені в наступних розділах.

В огляді літератури викладається стан досліджуваного питання за даними попередньо опрацьованої інформації. В експериментальній частині викладають загальний план проведення дослідження, об'єкти дослідження та їхні характеристики, методи розв'язання завдань, кількість повторюваних дослідів, оцінка похибок вимірювання, маловідомі характеристики апаратури й методів дослідження (на загальновідомі методи й аналізи роблять посилання). Потім послідовно викладається хід дослідження із зазначенням технологічних закономірностей. Результати дослідження наводять у вигляді таблиць, графіків, діаграм або математичних залежностей. Ілюстрації і таблиці подаються у науковому тексті безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації позначають словом «Рисунок» і нумерують послідовно в межах розділу за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу та порядкового номера ілюстрації, між якими ставиться крапка (наприклад, Рисунок 1.2 – другий рисунок першого розділу). Подібним чином нумеруються і таблиці; їх назва подається вгорі над таблицею. При

перенесенні таблиці на іншу сторінку над іншими частинами пишуть «Продовження табл.» і вказують її номер.

У наступному розділі зазначають висновки і пропозиції, тобто підсумовуються результати науково-дослідної роботи. Наводяться дані про нові технологічні процеси, розробку наукових основ і нових методів дослідження, упорядкування алгоритмів і програм технологічних процесів, нові якісні та кількісні характеристики досліджуваних об'єктів, економічну ефективність отриманих результатів [12, с. 28].

Основна частина не повинна мати абстрактний характер, не можна допускати нагромадження фактів без їх достатнього осмислення й узагальнення.

У процесі аналізу й узагальнення матеріалу слід дотримуватись наукової етики та принципів академічної доброчесності. Тобто не можна перекручувати факти, висувати безпідставні ідеї, запозичувати чужі думки без посилань на першоджерело.

Розрізняють пряме і непряме цитування положень окремих авторів. Прямі цитати обов'язково беруться в лапки, наводяться дослівно, але вони не повинні бути занадто великі за обсягом. У такому випадку текст цитати береться в лапки і наводиться без жодних змін, зі збереженням особливостей авторського написання, зокрема орфографії, пунктуації і шрифтових виділень. Якщо доводиться цитувати не все речення, а лише окремі слова чи фрази (за умови, що думка автора не буде спотворена), то такі вислови беруться в лапки, пропуск позначається трьома крапками, вказується джерело, звідки запозичена думка.

При непрямому цитуванні думки автора у неспотвореному вигляді подаються своїми словами без лапок, але з обов'язковим зазначенням джерела і сторінки у першоджерелі. При цитуванні та переказі джерел найчастіше використовуються такі словосполучення: *За словами...; На думку...; Як справедливо зазначив / зазначає...; Учений так характеризує*

(описує, подає)...; Автор наголошує на...; З точки зору автора...; Автор виділяє (пропонує, рекомендує, вважає, стверджує, підкреслює)... тощо.

Цитати мають наводитись лише з першоджерел, а не з праць інших авторів. Лише в тих випадках, коли першоджерело недоступне, можна скористатись цитатою, опублікованою в іншому виданні, тоді перед бібліографічним джерелом вказується: «цитуються за:» або «цит. за...». Якщо автор наукового дослідження робить у чужій цитаті певні виділення (курсив, розрядка, жирний шрифт тощо), аби закцентувати увагу на певному понятті чи фразі, то слід у дужках зробити відповідне застереження, вказуючи власні ініціали. Наприклад, (виділено мною. – І. Н.), (курсив наш. – І. Н.), (підкреслено мною. – І. Н.). Доцільно подавати перекази текстів інших авторів, максимально точно дотримуючись їхнього викладу, не допускаючи викривлення думок [14, с. 7].

Кожна цитата неодмінно супроводжується посиланням на використане джерело. Недотримання цих вимог є порушенням авторських прав, тобто плагіатом, і карається за законом. У разі виявлення плагіату дипломна робота не буде допущена до захисту.

У **висновках** (3-5 сторінок) узагальнюються результати усієї роботи. Висновки мають впливати зі змісту окремих розділів і повинні містити короткі тези основних положень дипломної роботи. Доцільно співвіднести отримані висновки з метою і завданнями, поставленими у вступі. Тут повинна бути сформульована проблема, підсумовані основні результати дослідження, подані чіткі пропозиції щодо наукового і практичного використання отриманих результатів [1, с. 175]. Висновки необхідно формулювати точно і лаконічно, вони не повинні бути перевантажені цифровими даними або містити додатковий виклад матеріалу. Також не допускається цитування інших робіт.

Як показує практика, висновки є основою подальшого виступу дипломника під час захисту роботи, тому вони повинні відображати всі аспекти проведеного дослідження. За бажанням висновки можна

оформляти як суцільний текст або у вигляді пронумерованих абзаців, кожний з яких повинен містити логічно завершений і конкретний висновок.

Список використаних джерел оформлюється відповідно до ДСТУ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» [4, 16] і ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [6, 17]. Бібліографічний опис виконуються тією мовою, якою складено документ.

Кількість використаних джерел у кваліфікаційних роботах чітко нерегламентована, але їх повинно бути не менше 30, при цьому більша частина повинна бути видана за останні 5-10 років. Розміщувати бібліографічні описи можна або в алфавітному порядку (тоді джерела латиницею розміщують після кирилиці), або у порядку цитування, що частіше використовується у технічних науках.

У **додатках** розміщують громіздкі повторювані розрахунки; великі таблиці, рисунки, схеми; розрахунок і підтвердження економічного ефекту; опис алгоритмів та ін.

1.3. Методи дослідження техніко-економічних питань

Під час кожного наукового дослідження здійснюється за певними правилами, використовуючи прийоми, сукупність яких визначається поняттям «метод».

У широкому розумінні **метод** (гр. *methodos* – спосіб пізнання) означає спосіб досягнення поставленої мети і завдань дослідження. Це також сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретного завдання. Метод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень. За

своєю сутністю метод є інструментом пізнання об'єктивних законів дійсності і використання їх у практичній діяльності людей [3, с. 99].

Методи, які застосовують у науковому дослідженні, залежать не лише від самого предмету, а й від рівня дослідження. Виділяють емпіричний і теоретичний рівні. Для емпіричного рівня дослідження характерними є методи: спостереження, експеримент, опис, статистика тощо. Для теоретичного рівня дослідження використовують методи аналізу-синтезу, індукції-дедукції, аналогії тощо [19].

Існує багаторівнева класифікація методів наукового пізнання, згідно з якою методи поділяються на загальнофілософські, загальнонаукові, окремонаукові, дисциплінарні та міждисциплінарні [12, с. 32]. Загальні методи – система принципів і прийомів, що мають універсальний характер, є абстрактними, не замінюють методів окремих наук. Методи окремих наук – сукупність способів і принципів пізнання, прийомів і процедур дослідження, що застосовуються в тій чи іншій науці [12, с. 32].

Дослідник як правило самостійно обирає методи для вирішення наукової проблеми. Усі прийняті методичні рішення фіксуються у формі методик. Методика – сукупність методів, прийомів проведення будь-якої роботи. Методика дослідження – це система правил використання методів, прийомів та операцій [11].

Основними компонентами методики дослідження є:

- теоретико-методологічна частина, на основі якої будують методику дослідження;

- історико-теоретична частина, що передбачає дослідження явищ і процесів з урахуванням зв'язків та взаємозалежностей між ними;

- практична частина, у яку входить узагальнення результатів дослідження як логічного завершення наукового пошуку, їх аргументація [19].

Методика дослідження повинна відповідати конкретним завданням дослідження та чітко відображати специфіку досліджуваних об'єктів,

явищ і процесів, а не створювати механічне відображення запозичених різноманітних методів з інших галузей науки.

Більшість наукових досліджень вимагають застосування спеціальних методів вирішення спеціальних проблем конкретних наук. Вони мають специфічний характер, оскільки вони вивчаються, розробляються й удосконалюються в конкретних спеціальних науках [5, с. 11]. Вони визначаються характером досліджуваного об'єкта.

Кожна наука має певну сукупність методів проведення дослідження під час вивчення предмета, яку можна розподілити на такі групи:

- методи накопичення фактів, що мають відношення до об'єкта дослідження (спостереження, реєстрація, вимірювання);

- методи описування фактів або властивостей об'єкта дослідження та факторів, що відображають ці властивості;

- методи аналізу фактів, властивостей, факторів і явищ за різними показниками і критеріями (оцінка, зіставлення, порівняння, класифікація, впровадження, систематизація);

- методи обґрунтування наукових висновків (синтез, доведення, оцінка достовірності);

- методи вибору та обґрунтування наукових рекомендацій (синтез, оцінка, оптимізація);

- методи інтерпретації та експериментальної перевірки висновків і рекомендацій;

- методи техніко-економічної оцінки рекомендацій [12, с. 49].

Існує багато загальних методів наукового пізнання, т.з. загальнонаукових, які використовуються в усіх галузях знань.

Спостереження – засіб пізнання, що дає первинну інформацію про світ у формі сукупності емпіричних тверджень.

Експеримент – метод наукового дослідження, що припускає втручання в природні умови існування предметів і явищ, або відтворення

визначених сторін предметів і явищ у спеціально створених умовах з метою вивчення їх без супутніх обставин, що ускладнюють процес.

Експеримент є окремих випадком спостереження, під час якого можливе вивчення того чи іншого явища в «чистому» вигляді. Важливою характеристикою експерименту є також його повторюваність.

Порівняння – пізнавальна операція, що лежить в основі суджень про подібність або відмінність об'єктів. За допомогою порівняння виявляються якісні та кількісні характеристики предметів.

Історичний (хронологічний) метод – метод дослідження виникнення, формування та розвитку процесів і подій у хронологічній послідовності. У прикладних науках цей метод застосовується при вивченні основних етапів розвитку та формування тих або інших галузей науки і техніки.

Гіпотетичний метод ґрунтується на гіпотезі, науковому припущенні, висунутому для пояснення будь-якого явища, що потребує перевірки й теоретичного обґрунтування. Він застосовується для дослідження нових об'єктів і явищ, які не мають аналогів.

Аксіоматичний метод передбачає використання аксіом, які застосовуються в наукових дослідженнях у вигляді відправних початкових положень для обґрунтування нової теорії.

Системний аналіз – вивчення об'єкта як сукупності елементів, що утворюють систему.

Формалізація – метод дослідження об'єктів, подання їх елементів у вигляді спеціальної символіки.

Цей метод забезпечує узагальненість підходу до вирішення проблем, надає стислості та чіткості фіксації значень завдяки використанню символіки, дає змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати вивчення реальних речей і процесів вивчення цих моделей [12, с. 36].

Аналіз – метод розчленовування цілого предмету на складові частини з метою їх всебічного вивчення.

Синтез – метод поєднання раніше виділених частин предмету в єдине ціле.

Аналіз і синтез є найбільш елементарними і простими прийомами, які становлять фундамент людського мислення [8, с. 55].

Абстрагування – метод наукового пізнання, що полягає в уявному виділенні конкретних ознак та властивостей об'єкта, явища або процесу.

За допомогою абстрагування формується ідеальний образ реальності. Процес абстрагування є складним і має два ступені [8, с. 55]:

1. виділення найважливішого, тобто встановлення факту незалежності чи дуже незначної залежності досліджуваних об'єктів або процесів, явищ, на які не можна не зважати.

2. реалізація можливостей абстрагування, тобто один об'єкт замінюється іншим, простішим, що виступає як «модель» першого.

Узагальнення – це прийом мислення, у результаті якого встановлюють загальні властивості і ознаки об'єктів. Тобто узагальнення здійснюється як перехід від часткового поняття або думки до загального.

Із узагальненням тісно пов'язані індуктивний і дедуктивний методи, які не можуть застосовуватись ізольовано один від одного.

Індукція – форма наукового пізнання, логіка якого розгортається від конкретного до загального, тобто загальне положення виводять логічним шляхом з одиничних суджень.

Основою індукції є досвід, експеримент і спостереження, у процесі яких збираються окремі факти. На підставі аналізу цих фактів встановлюються загальні і повторювальні риси ряду явищ, що входять до певного класу. На основі цього будується індуктивний висновок про приналежність цих рис всьому класові. [8, с. 57]. індуктивні узагальнення зазвичай розглядаються як доведені істини або емпіричні закони.

Дедукція – форма наукового пізнання, логіка якого розгортається від загального до конкретного.

За допомогою дедуктивного методу розширюються можливості розумового процесу дослідження. У широкому розумінні будь-який висновок є дедуктивним. У більш вузькому і специфічному дедуктивним є доведення або виведення твердження на основі законів логіки, що мають достовірний характер.

Гіпотетико-дедуктивний метод – метод наукового дослідження, який полягає у висуванні гіпотез про причини досліджуваних явищ і у виведенні з цих гіпотез висновків шляхом дедукції. Якщо отримані результати відповідають усім фактам, даним у гіпотезі, то її визнають достовірним знанням.

Аналогія – прийом пізнання, при якому на підставі подібності об'єктів в одних ознаках роблять висновок про їх подібність в інших ознаках. Аналогія з простим дозволяє зрозуміти складніше.

Моделювання – вивчення об'єкту (оригіналу) шляхом створення його копії (моделі), яка заміщає оригінал в певних аспектах, що цікавлять дослідника. Застосування цього методу продиктовано необхідністю розкрити такі сторони об'єкту, які неможливо пізнати шляхом безпосереднього вивчення, часто з чисто економічних міркувань.

Розрізняють фізичне та математичне моделювання. У процесі фізичного моделювання фізика явищ у досліджуваному об'єкті та моделі, у їх математичних залежностях однакові. При математичному моделюванні фізика явищ моделі та об'єкта відрізняються, але математичні залежності залишаються однаковими. Математичне моделювання набуває особливої цінності, коли виникає необхідність вивчити дуже складні процеси [9, с. 108].

Метод **класифікації** полягає у розподілі тих чи інших об'єктів по групах (розрядах, відділах) залежно від їх загальних ознак з фіксацією

закономірних зв'язків між класами об'єктів в єдиній системі конкретної галузі знань.

Співвідношення деяких наведених вище загальнонаукових методів можна навести у вигляді схеми (рис. 1.1).

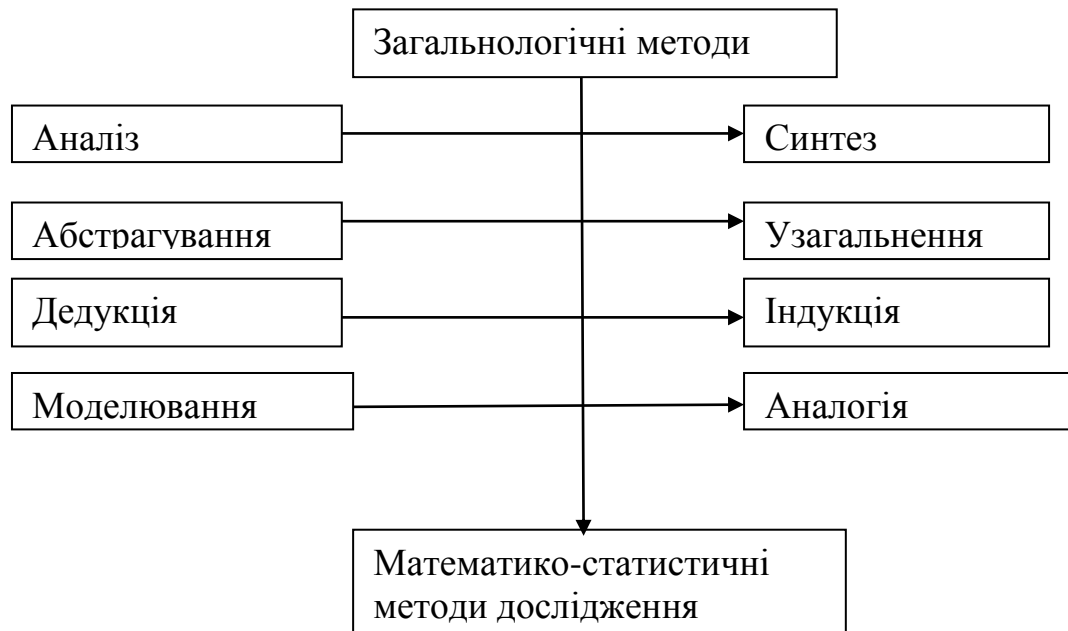


Рисунок 1.1 – Загальнонаукові методи дослідження [8, с. 54].

Велике значення в сучасній науці мають **статистичні методи**, що дозволяють визначити середні значення, характеризуючи всю сукупність предметів, що вивчаються.

На етапі обробки отриманих даних дослідження широко використовують такі **математико-статистичні методи**:

Кореляційний аналіз – процедура для вивчення співвідношення між незалежними змінними, що виявляється у взаємній погодженості спостережуваних змін.

Факторний аналіз – процедура встановлення багатомірних зв'язків змінних величин за кількома ознаками., що дає змогу визначити вплив факторів на досліджувані процеси та явища.

Метод імпліцитних шкал – наочна форма виміру та оцінки отриманих даних, які градуюються за кількістю або інтенсивністю ознак.

Дисперсійний аналіз – статистичний метод аналізу результатів досліджень, що залежать від різних факторів, які діють одночасно, вибір найважливіший із них та оцінка їх впливу.

Регресійний (лінійний) аналіз – статистичний метод дослідження залежності між залежною змінною y і однією або декількома незалежними змінними x_1, x_2, \dots, x_n . Незалежні змінні ще називаються регресійними, а залежні – критерійними.

Метод Монте-Карло (метод статистичного моделювання або статистичних іспитів) – чисельний метод вирішення складних процесів, що мають ймовірний характер подій. Цей метод ґрунтується на використанні випадкових чисел, що моделюють ймовірні процеси, тому є ефективним при використанні ЕОМ.

Таким чином, для пізнання внутрішніх ознак предмета дослідження використовуються загальнонаукові методи та їх поєднання. Ці методи використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях наукового пізнання залежно від мети дослідження.

1.4. Мова і стиль кваліфікаційної роботи

Методологія науки розглядає мову як засіб вираження, фіксації, переробки, передачі та зберігання наукових знань, наукової інформації.

Стилістичні вимоги, що висуваються до наукової роботи, складаються з двох компонентів – вимог сучасної української літературної мови та вимог так званого академічного етикету. Академічний етикет – визначені принципи письмового спілкування членів наукового співтовариства між собою. [12, с. 101]

Кваліфікаційна робота є науковим дослідженням, тому має характеризуватися не лише високим рівнем змісту, відповідною структурою, а й мовним оформленням. Пошук оптимальної форми наукової праці відбувається на кожному етапі дослідження, а не лише на

останньому. Особливі вимоги висуваються до мови і стилю викладу матеріалу. Мовне оформлення тексту повинне відповідати головним вимогам наукового викладу. Культура мови – один з найважливіших показників культури студента-випускника. Тому мові і стилю кваліфікаційної роботи потрібно приділяти серйозну увагу.

Мовностилістичне оформлення кваліфікаційної роботи обумовлюється такими особливостями наукового стилю:

- формально-логічний спосіб викладу матеріалу, наявність міркувань, що сприяють доказу істини, обґрунтуванню основних висновків дослідження;

- смислова завершеність, цілісність та зв'язність думок;
- цілеспрямованість, відсутність емоційного забарвлення;
- об'єктивність викладу, смислова точність, стислість, ясність;
- використання галузевої термінології [2, с. 17].

Стиль писемної наукової мови – це безособовий монолог. Авторське «я» ніби відступає на другий план. Увага зосереджена на змісті та логічній послідовності повідомлення, а не на суб'єкті, тому виклад ведеться від третьої особи (*«автор рекомендує...»*) або від першої особи множини (*«на нашу думку...», «зазначаємо, що...»*); часто використовують безособову форму подачі інформації (*«як було сказано...»*), зокрема конструкції з неозначено-особовими реченнями (*«спочатку проводять відбір об'єктів для аналізу...»*) і речення з безособовими дієслівними формами на -но і -то (*«розроблено комплексний підхід до вивчення...»*).

Науковий виклад складається головним чином з роздумів, метою яких є доведення істин, виявлених у результаті дослідження фактів. Для наукового тексту характерними є завершеність, цілісність і зв'язність [10, с. 25]. Найважливішим засобом вираження логічних зв'язків тут є спеціальні функціонально-синтаксичні засоби зв'язку, що вказують на:

- послідовність думки (*спочатку, насамперед, потім, по-перше, по-друге, отже*);

- ступінь вірогідності повідомлення (*очевидно, безумовно, без сумніву, безперечно, напевне, певно, певна річ, звичайно, (як) відомо, мабуть*);

- зіставлення, протиставлення (*так само, як і; як.., так і; проте, але, навпаки, у той самий час, однак, втім*);

- заперечення (*проте, тимчасом як, але, у той час як, а втім, аж ніяк*);

- послідовність у часі (*спочатку, потім, тепер, насамперед, перш ніж, після того як, одночасно, наприкінці*);

- причинно-наслідкові відношення (*таким чином, тому, завдяки цьому, відповідно до цього, внаслідок цього, крім того, до того ж*);

- перехід від однієї думки до іншої (*раніше ніж перейти до..., звернімося до..., розглянемо, зупинимося на..., розглянувши..., перейдемо до..., необхідно зупинитися на..., необхідно розглянути...)*);

- ілюстрація до сказаного (*наприклад, так, проілюструємо це на...; наведемо (подамо) кілька прикладів, опишемо кілька випадків, коли...)*);

- результат, висновок (*отже, як висновок, на закінчення зазначимо, все сказане дає змогу зробити висновок, підсумовуючи, слід сказати*).

Для наукового тексту, який потребує складної аргументації і виявлення причинно-наслідкових залежностей, властиві складні речення різних видів з чіткими синтаксичними зв'язками. Найчастіше у тексті зустрічаються складнопідрядні речення, оскільки вони відображають причинні, часові, наслідкові та інші відношення. Звідси розмаїття складених сполучників підрядності *завдяки тому, що, тоді як, тому що, замість того щоб, з огляду на те, що, зважаючи на те, що, внаслідок того, що, після того, що, в той час як* та ін. Безособові, неозначено-особові речення в тексті наукових робіт вживаються при описі фактів, явищ та процесів. Називні речення використовуються в назвах розділів,

підрозділів і пунктів, у підписах під рисунками, діаграмами, ілюстраціями.

Основна стилістична риса наукової мови – об'єктивність викладу. Звідси наявність у тексті наукових праць вставних слів і словосполучень на позначення ступеня достовірності повідомлення. Завдяки таким словам інший чи той факт можна подати як достовірний (*дійсно, насправді, зрозуміло*), припустимий (*треба гадати, очевидно*), можливий (*можливо, ймовірно*). Обов'язковою вимогою об'єктивності викладу матеріалу є також вказівка на джерело повідомлення, автора висловленої думки чи якогось виразу, що можна висловити за допомогою спеціальних вставних слів і словосполучень (*за повідомленням, за відомостями, як свідчить, на думку, за даними, на нашу думку* та ін.). [14, с. 8].

У науковій мові поширені вказівні займенники *цей, той, такий*. Вони не тільки конкретизують предмет, а й зазначають логічні зв'язки між частинами висловлювання [10, с. 27] (наприклад, *ці дані служать достатньою підставою для висновку...*). Займенники *щось, децю, що-небудь* через неконкретність їх значення в тексті, як правило, не використовуються.

Під час написання наукової роботи слід уникати:

- розмовного стилю та сленгу;
- гумору, іронії, дошкульності, критиканства;
- незрозумілих аббревіатур і скорочень без їх пояснення;
- мовних штампів;
- надмірного використання дужок;
- наказовості, повчальності;
- тавтології та повторів слів [14, с. 14].

Під час оформлення кваліфікаційної роботи необхідно дотримуватись правил «Українського правопису». Досить поширеними є помилки переносів у тексті, які найчастіше трапляються у таких випадках, коли не можна, наприклад:

1) переносити прізвища, залишаючи в кінці попереднього рядка ініціали (один ініціал) або умовні скорочення (проф., акад. тощо), які до них належать (Т. Г. Шевченко, а не Т. Г. // Шевченко; акад. В. Глушков, а не акад. // В. Глушков). Якщо імена, звання тощо подаються повністю, то прізвища (а також по батькові) можна переносити (Тарас // Григорович Шевченко, академік Агатан-гел // Кримський);

2) роз'єднувати умовні (графічні) скорочення на зразок та ін., вид-во, т-во;

3) відривати скорочені назви одиниць вимірювання від цифр, до яких вони належать (2005 р., а не 2005 // р.; 115 га, а не 115 // га; 20 куб. см, а не 20 куб. // см). Якщо назви мір подаються повністю, то їх можна переносити (1917 // рік, 115 // гектарів);

4) розривати односкладові частини складноскорочених слів, зокрема ініціальні й комбіновані аббревіатури (НАН України, АЕС, МАГАТЕ, НТШ, пед-рада, а не пе-драда) та ін. [18, с. 71-72].

Ще однією особливістю наукової мови є її ясність, тобто вміння писати доступно і дохідливо. Часто автори помилково замість точних кількісних значень використовують слова і словосполучення з невизначеним або занадто узагальненим значенням, наприклад, пишуть *та ін.*, не знаючи, як продовжити перелік, або вводять до тексту словосполучення *цілком очевидно*, коли не можуть викласти інших аргументів. Звороти *відомим чином* або *спеціальним методом* нерідко засвідчують, що автор у першому випадку не знає яким чином, а в другому – який саме метод [10, с. 30].

Причиною неясності висловлювання може стати неправильне розташування слів у реченні. Нерідко доступність і дохідливість називають простотою. Простота викладу сприяє тому, що текст читається легко, думки автора сприймаються без ускладнень. Проте не можна ототожнювати простоту і примітивність. Не слід також плутати простоту із загальнодоступністю наукової мови. Головне у мовностилістичному

оформленні тексту полягає в тому, щоб її зміст за формою викладу був доступний для того кола вчених, на яких ця праця розрахована [10, с. 30].

Загалом, кваліфікаційна робота повинна бути написана чіткою і грамотною мовою без орфографічних, стилістичних і синтаксичних помилок у тексті. Зміст роботи не слід викладати занадто складними, оскільки простота і доступність написаного тексту є гідністю студента і свідчать про оволодіння ним сутності досліджуваної проблеми та культурою наукової мови.

Список використаної літератури

1. Азарян А. А. Основи наукових досліджень: навчальний посібник / А. А. Азарян, Р. С. Азарян. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2010. – 230 с.

2. Верига Ю. А. Методичні рекомендації щодо виконання, оформлення та підготовки до захисту дипломної роботи на отримання освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліста та магістра студентами спеціальності 7.03050901, 8.03050901 «Облік і аудит» / Ю. А. Верига, В. Ю. Захарченко, Ю. О. Ночовна, Г. О. Соболев, С. С. Котова. – 3-тє вид. переробл. та допов. – Полтава : ПУЕТ, 2013. – 100 с.

3. Гетманцева Н. Д. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. / Н. Д. Гетманцева. – К.: КНЕУ, 2009. – 516 с.

4. ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» // Бюлетень ВАК України. – 2008. – № 3. – С. 9-13)

5. Дисертація магістра. З чого починати?: Методичні рекомендації щодо підготовки та виконання наукових досліджень під час написання магістерських дисертацій для студентів видавничо-поліграфічного інституту / Уклад. Л.-І. Й. Назаркевич. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 28 с.

6. ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [Електрон.ресурс]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с. – Режим доступу: <http://lib.pu.if.ua/files/dstu-8302-2015.pdf>

7. Закон України «Про вищу освіту» [Електрон.ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>

8. Каламбет С. В. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. / С. В. Каламбет, С. В. Іванов, Ю. В. Півняк. – Дніпропетровськ: Герда, 2015. – 192 с.

9. Ковальчук В. В. Основи наукових досліджень: навчальний посібник / В. В. Ковальчук, Л. М. Моїсєєв. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 208 с.

10. Матвієнків С. М. Дипломна та магістерська роботи як кваліфікаційне дослідження / С. М. Матвієнків. – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2013. – 67 с.

11. Методи наукової роботи [Електрон.ресурс]. – Режим доступу: http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/u_nurse/lectures_stud.htm

12. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посібник / Уклад. В. М. Михайлов та ін.. – Х.: ХДУХТ, 2014. – 220 с.

13. На шляху до наукової творчості: методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів / уклад.: В. В. Іваненко, Г. Г. Кривчик, І. С. Накашидзе. – Д.: Ліра, 2017. – 28 с.

14. Основи наукового мовлення / уклад.: О. А. Бобер, С. А. Бронікова, Т. Д. Єгорова та ін.. – К.: НАДУ, 2012. – 48 с.

15. Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0173-93>

16. Приклади бібліографічних записів [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrbook.net/zakony/prykl_bib_zap.pdf

17. Приклади оформлення використаних джерел відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015. «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». [Електрон. ресурс]. – К.: ВД «Академперіодика» НАН України – Режим доступу: <http://www.nas.gov.ua/publications/news/Documents/BB.pdf>

18. Український правопис. – К.: Науково-виробниче підприємство «Видавництво "Наукова думка" НАН України», 2012. – 290 с.

19. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень: навч. посібник [Електрон. ресурс] / В. Є. Юринець. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 178 с. – Режим доступу: http://ism-lnu.podia.com.ua/wp-content/vidannia/pidr/metod_nauk_dosl.pdf

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОРУД

Питання, що розглядаються у темі

- 2.1 Надходження сонячної енергії до поверхні перетворювачів енергії відновлюваних джерел
- 2.2 Характеристики перетворювачів енергії сонячного випромінювання
- 2.3 Визначення тепло-, повітря- вологозахистних властивостей перетворювачів енергії сонячного випромінювання
- 2.4 Обґрунтування параметрів сезонного ґрунтового акумулятора для системи енергозабезпечення з використанням перетворювачів енергії сонячного випромінювання
- 2.5 Розрахунок добового бака-акумулятора
- 2.6 Розширювальний бак як елемент системи енергозабезпечення

Відомо багато варіантів схемних рішень систем енергозабезпечення споруд [3]. Аналіз літературних даних, які наведені в [3-5], свідчить, що тільки за наявності умов, коли споруда розглядається як єдина енергетична система можливо визначити оптимальне рішення складу та схемної побудови системи енергозабезпечення, впровадження якого призведе до суттєвого зменшення енергоспоживання. Такий підхід, також, передбачає, зменшення енергоємності в кожному із ланцюгів загальної схеми енергозабезпечення. Це дозволяє зменшити не тільки загальне споживання в системі енергозабезпечення, а також оптимізувати параметри мікроклімату в приміщеннях споруди (відповідно до вимог споживача та в рамках чинних нормативних державних документів).

Оптимізація системи енергозабезпечення споруд різного призначення (рекреаційні, житлові, промислові) передбачає послідовність теплотехнічних розрахунків (тобто алгоритм) [6]:

- визначення розрахункових внутрішніх умов та їх необхідної забезпеченості: граничні та оптимальні комфортні та технологічні умови для всього року та окремо для холодної пори року та теплої пори року;

- визначення розрахункових зовнішніх умов з урахуванням заданого коефіцієнту забезпеченості у вигляді кліматичних параметрів відповідно для холодного, теплого періоду року та для всього року;

- вибір об'ємно-планувальних та конструктивних рішень захисту споруд; пасивних заходів боротьби з переохолодженням та перегрівом споруд;

- визначення тепло-, повітря-вологозахисних властивостей всіх видів огорожень; створення ефективних за захисними властивостями в окремих перерізах конструкцій, а також конструкцій з регульованими захисними властивостями;

- розрахунок втрат та надходжень теплоти через зовнішні огороження (враховуючи сонячну радіацію, масообмін), а також від технологічного та побутового обладнання;

- розрахунок теплового балансу приміщень, визначення граничних значень (зима, літо) та річного ходу вимірювань теплового режиму приміщень споруди;

- оцінка природного пасивного теплового режиму споруди та його вимірювання протягом року. Виявлення низькопотенційного джерела викидів теплоти, холоду в споруді, вторинних енергоресурсів технологічного процесу, їх режимних характеристик;

- оцінка регульованого активного теплового режиму споруди; визначення встановленої потужності, режиму роботи та регулювання активних систем опалювання, охолодження, вентиляції та кондиціонування повітря;

– вибір схемних рішень та елементів систем опалювання, охолодження, вентиляції та кондиціонування повітря, включаючи використання сонячної енергії, вторинних енергоресурсів технологічного процесу, низькопотенційної теплоти, яка втрачається в споруді, та інші нетрадиційні джерела енергії;

– визначення показників ефективності прийнятого рішення систем кондиціонування мікроклімату споруди з ефективним використанням енергії.

2.1. Надходження сонячної енергії до поверхні перетворювачів енергії відновлюваних джерел

2.1.1. Добова зміна інтенсивності сонячної радіації

При проведенні розрахунків складу систем, які в якості основного енергоносія використовують енергію сонячного випромінювання необхідним є наявність показників інтенсивності сонячної радіації. Тобто це інформація про кількість сумарної (променевої та дифузійної) сонячної енергії, що надходить на 1 м^2 поверхні за одиницю часу. Числові значення цієї величини, визначені під час метеорологічних спостережень протягом тривалого часу та віднесені до середнього дня кожного місяця, наведені в довідниках [7, 8]. Вважається, що протягом світлового дня інтенсивність сонячної енергії змінюється приступками з погодинним кроком. Приклад наведено на рис. 2.1.

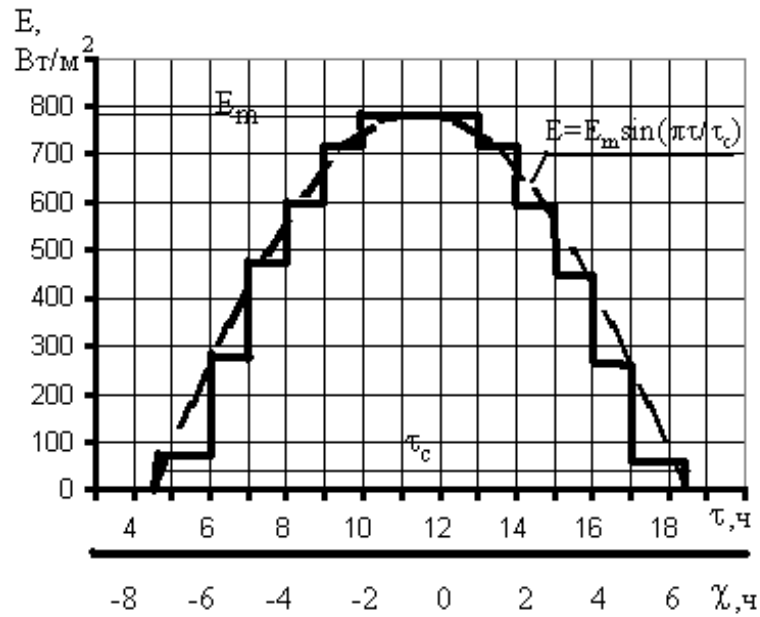


Рисунок 2.1 – Добова зміна сумарної радіації у м. Київ на 15 серпня при ясному небі

Протягом світлового дня інтенсивність радіації змінюється безперервно: зростає від нульового значення (схід сонця) до максимального (у полудень) і знову знижується до нуля (захід сонця). До полудня потужність сонячного випромінювання дещо нижча, ніж після полудня, але їх різниця, як показують розрахунки, не перевищує 1,5 % від кількості енергії, що надходить. Тому приймають, що надходження енергії симетричне відносно полудня.

У літературних джерелах [7, 9] представлено математичну залежність (2.1), яка відображує закономірність зміни потужності сонячної радіації, яка надходить на горизонтальну поверхню протягом світлового дня:

$$E = E_m \cdot \sin \frac{\tau}{\tau_c} \quad (2.1)$$

де: τ – час, який відраховується зі сходу сонця, год.;

τ_c – тривалість світлового дня, год.

У формулі (2.1) поточний час відраховується зі сходу сонця, момент якого змінюється протягом року. Це створює певні незручності при деяких обчисленнях. Для зручності розрахунків в [7] запропоновано використовувати проміжок часу (χ), який відраховується від полудня (2.2):

$$\chi = \tau - 12 \quad (2.2)$$

Тоді залежність (2.1) трансформується у (2.2.):

$$E = E_m \cdot \cos \pi \frac{\chi}{\tau_c} \quad (2.3)$$

де: $\tau_c = \chi_{зах} - \chi_{сх}$.

Час χ пов'язаний з азимутом A сонця, який відміряється від південного напрямку (2.4).

$$A = 15 \cdot \chi. \quad (2.4)$$

Математична залежність (2.4.) дозволяє відобразити закономірність зміни інтенсивності сонячної радіації з азимутальним положенням сонця. Таким чином використання (2.1) та (2.4) у ряді випадків дозволяє спростити аналітичні розрахунки:

$$E = E_m \cdot \cos \pi \frac{A}{A_c} \quad (2.5)$$

де: A_c – сумарний азимут сонця за світловий день.

2.1.2. Розподіл сонячної енергії по території України

Відомо [9], що рівень сонячної інсоляції в кожному місяці року залежить від географічної широти місцевості (ϕ). Відповідно до довідникових джерел [7, 9, 10] – відхилення інтенсивності радіації від широтного значення більше, ніж на 4 %, зустрічаються рідко. Отже, можна розрахунковим шляхом отримати дані відносно прогнозованого рівня інсоляції для будь-якого регіону.

Україна за своїм географічним положенням займає порівняно невелику смугу (порядку 7 град. п. ш.), тому на її території інтенсивність сонячної радіації радикальних змін не зазнає. Аналітичним шляхом отримано наступну лінійну залежність для розрахунку рівня інтенсивності сонячної радіації (наприклад, відносно м. Київ, знаходиться на широті $\varphi_6 = 50,5$ град. п. ш.):

$$E_m = E_{m6} / 1 + 0,024(\varphi_6 - \varphi). \quad (2.6)$$

де: E_{m6} – базове значення інтенсивності сонячної радіації при безхмарному небі у м. Київ;

φ_6 – координати базової широти місцевості, для м. Київ це значення 50,5 град. п. ш.;

φ – координати місцевості, для якої проводиться розрахунок.

Залежність (2.6) дозволяє об'єктивно розглянути потенціал сонячної радіації при безхмарному небі для будь-якого регіону України.

У [7, 8] наведено приклад, який відображує рівень впливу на енергетичний потенціал який привносяться завдяки природним умовам (наявність хмарності, туманів, та ін.). Наприклад, згідно з розрахунками, річне надходження сонячної радіації у м. Одесі буде всього на 17,5 % вище, ніж у м. Чернігові. Суттєвий вплив на кількість енергії, що надходить, мають місцеві кліматичні умови. Розрахунки показують, що для наведеного прикладу врахування впливу хмарності веде до значного зменшення кількості енергії, що надходить. Річне надходження сонячної радіації у м. Одеса виявляється в 1,54 рази більше, ніж у м. Чернігів.

За методиками, наведеними у [7, 9] для розрахунку енергетичного потенціалу, що надходить до геліосистеми запропоновано використовувати коефіцієнт сонячного сяння (ψ_c).

Коефіцієнт сонячного сяння являє собою усереднене відношення сонячної енергії, що надійшла, до можливого її значення при безхмарному небі та прозорій атмосфері. Значення таких коефіцієнтів

наводяться у [7] для кожного місяця і практично для всієї території України.

Згідно з [7, 9] таким коефіцієнт, як і кількість сонячних днів у місяці, має ймовірний характер і його значення одержане на основі багаторічних спостережень. Наведені у довідниковій літературі дані свідчать про те, що в кожному конкретному році значення ψ_c можуть дуже відрізнятись одне від одного. Використання ψ_c спрощує аналітичні розрахунки.

2.1.3 Надходження сонячної енергії на поверхню перетворювача енергії сонячного випромінювання

Відомо, що найбільша кількість сонячної енергії надходить на площину, що є перпендикулярною до напрямку сонячних променів. Оскільки сонце переміщується у вертикальному та горизонтальному напрямку, то доцільним є наявність обертання одночасно відносно двох осей: горизонтальної та вертикальної. Для технічного забезпечення цієї умови потрібна система слідкування за положенням сонця, що значно ускладнює систему енергозабезпечення та знижує її надійність.

В якості прикладу розрахунку надходження енергії сонячного випромінювання на поверхню перетворювача сонячного випромінювання доцільним є випадок, розглянутий в [7, 8] (тобто перерахунок рівня сонячної радіації з горизонтальної поверхні на похилу).

Найбільш поширеними є плоскі нерухомі геліоколектори, які встановлюються під деяким кутом $\beta_{ГК}$ до горизонту і звернені теплосприймаючою поверхнею на південь. При цьому кількість сонячної енергії, що надходить на них, буде відрізнятись від кількості енергії, яка припадає на горизонтальну поверхню. Тому в теплових розрахунках з використанням метеоданих доводиться перераховувати рівень сонячної радіації з горизонтальної поверхні на похилу.

Сонячна енергія E , яка надходить на похилу поверхню, має три складові [9]: пряму радіацію E_{np} , дифузійну складову $E_{диф}$ і відбиту енергію $E_{від}$. Основною складовою є пряма радіація, розрахунок якої проводиться відповідно до (2.7):

$$E_{np} = E \cdot (1 - \psi_{диф}) \cdot \cos j, \quad (2.7)$$

де: $\psi_{диф}$ – коефіцієнт, який характеризує частку дифузійного випромінювання у загальній сонячній радіації, $\psi_{диф} = E_{диф} / E$;

j – кут між нормаллю до поверхні та напрямком сонячного променя (рис. 2.2).

$E_{диф}$ – дифузійна складова сонячної енергії, що надходить на поверхню перетворювача.

Відповідно до [9], дифузійна складова визначається кутом нахилу поверхні до горизонту $\beta_{перетв}$:

$$E_{диф} = \psi_{диф} \cdot E \cdot \frac{1 + \cos \beta_{перетв}}{2} \quad (2.8)$$

Від кута $\beta_{перетв}$ залежить кількість енергії $E_{від}$, яка відбита від земного покриву:

$$E_{від} = E \cdot r_a \cdot \frac{1 - \cos \beta_{перетв}}{2}, \quad (2.9)$$

де: r_a – альбедо землі.

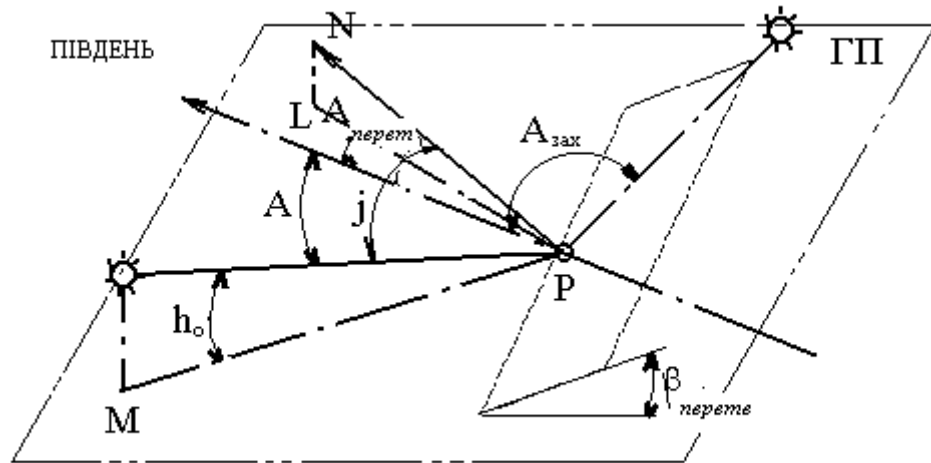


Рисунок 2.2 – Характерні кути при освітленні похилого перетворювача сонячної енергії

де: ГП – горизонтальна поверхня; PN – нормаль до площини перетворювача сонячного випромінювання; PL – проекція нормалі на горизонтальну поверхню; ОР – сонячний промінь; МР – проекція сонячного променя на горизонтальну поверхню; $\beta_{перетв}$ – кут нахилу площини перетворювача сонячного випромінювання; А – азимут сонця; $A_{перетвор}$ – азимут встановлення перетворювача сонячного випромінювання; $A_{зах}$ – азимут заходу сонця; h_o – висота сонця; j – просторовий кут промінь сонця та нормаллю.

Отже, інтенсивність сонячної енергії [7, 9], яка надходить на похилу поверхню

$$E_{перетвор} = E \cdot \left[(1 - \psi_{диф}) \cdot \cos j + \psi_{диф} \frac{1 + \cos \beta_{перетвор}}{2} + r_a \frac{1 - \cos \beta_{перетвор}}{2} \right] \quad (2.10)$$

При відсутності хмар $\psi_{диф}$ є достатньо стійкою величиною [7, 10] і в межах України від широти місцевості практично не залежить. Значення рекомендується приймати такими:

- зимові місяці $\psi_{диф} = 0,3$;
- інші місяці року $\psi_{диф} = 0,21$.

На величину $\psi_{диф}$ суттєво впливає хмарність. При середній хмарності частка дифузійної складової коливається у межах 0,6...0,8

взимку і 0,3...0,55 влітку. Через невизначеність зміни $\psi_{диф}$ у хмарну погоду потужність сонячної радіації доцільно обчислювати як при ясному небі, а вплив хмарності та прозорості атмосфери в [7, 8] рекомендується враховувати за допомогою коефіцієнту сонячного сяння ψ_c .

Значення цього коефіцієнту залежить від альbedo землі. Відповідно до літературних джерел [7, 9] на значення альbedo землі r_a впливає характер місцевості, вид і стан рослинного покриву, наявність снігу та інші фактори. У літні місяці альbedo землі доволі стійке [7, 9], його значення коливаються у межах $r_a = 0,16...0,26$. У зимові місяці при чорному ґрунті $r_a = 0,07...0,15$, а при наявності снігового покриву – $r_a = 0,89$. При теплотехнічних розрахунках рекомендується [7, 9] приймати в літній період $r_a = 0,2$, в зимовий період $r_a = 0,7$.

Для визначення рівня інсоляції, що надходить на похилий перетворювач сонячної енергії (геліоколектор, енергоактивне огороження) доцільно визначити закономірність зміни кута j протягом світлового дня. У [7, 9] наведено математичний вираз для визначення залежності кута j від схилення сонця (Δ), широти місцевості (φ), азимутів сонця (A) та похилого перетворювача сонячної енергії ($A_{перетвор}$), а також від кута його установки $\beta_{перетвор}$ (рис. 2.2):

$$\begin{aligned} \cos j = \sin \Delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta_{перетвор} - \sin \Delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta_{перетвор} \cdot \cos A_{перетвор} + \cos \Delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta_{перетвор} \cdot \cos A + \\ \cos \Delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta_{перетвор} \cdot \cos A_{перетвор} \cdot \cos A + \cos \Delta \cdot \sin \beta_{перетвор} \cdot \sin A_{перетвор} \cdot \sin A. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Коли нормаль похилого геліоколектора спрямована строго в південному напрямку, то $A_{перетвор} = 0$, $\cos A_{перетвор} = 1$, $\sin A_{перетвор} = 0$. Тоді вираз (2.11) спрощується і набуває такого вигляду:

$$\cos j = \sin \Delta \cdot \sin(\varphi - \beta_{перетвор}) + \cos A \cdot \cos \Delta \cdot \cos(\varphi - \beta_{перетвор}) \quad (2.12)$$

Схилення сонця (в градусах) може бути обчислене за формулою представленою в [7, 9]:

$$\Delta = 23,45 \cdot \left(\frac{284 + m_d}{365} \cdot 360 \right), \quad (2.13)$$

де m_d – порядковий номер дня у році.

Відповідно до залежності (2.13), можна визначити:

– азимути сходу A_{cx} та заходу $A_{зax}$ сонця у вибраний день на широті вибраної місцевості (за умови припущення $\cos \varphi = 0$):

$$A_{cx} = -A_{зax}; \quad A_{зax} = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \Delta) \quad (2.14)$$

– азимути початку (A_1) та завершення (A_2) освітлення площини похилого перетворювача сонячної енергії:

$$A_1 = -A_2; \quad A_2 = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta_{\text{перетвор}}) \cdot \operatorname{tg} \Delta] \quad (2.15)$$

Коефіцієнт перерахунку інтенсивності прямої радіації сонця, у [7, 8] запропоновано визначати відповідно математичної залежності:

$$R_{\text{мит}} = \frac{\cos j_{\text{перетвор}}}{\cos j_{\text{перетвор}}} = \frac{\cos \Delta \cdot \sin(\varphi - \beta_{\text{перетвор}}) + \cos A \cdot \cos \Delta \cdot \cos(\varphi - \beta_{\text{перетвор}})}{\sin \Delta \cdot \sin \varphi + \cos A \cdot \cos \Delta \cdot \cos \varphi} \quad (2.16)$$

Доцільним є використання середнього коефіцієнту перерахунку прямої радіації за період освітлення перетворювача сонячної енергії. Обчислення запропоновано проводити відповідно до математичної залежності:

$$R = \frac{\pi \cdot \frac{A_2}{180} \cdot \sin \Delta \cdot \sin(\varphi - \beta_{\text{перетвор}}) + \cos \Delta \cdot \cos(\varphi - \beta_{\text{перетвор}}) \cdot \sin A_2}{\pi \cdot \frac{A_2}{180} \cdot \sin \Delta \cdot \sin \varphi + \cos \Delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin A_2} \quad (2.17)$$

Коефіцієнт перерахунку прямої радіації згідно з [7, 9] пропонується визначати як відношення кількості прямої радіації, яка надійшла на похилий перетворювач сонячного випромінювання, до кількості прямої радіації, яка надійшла на горизонтальну поверхню протягом світлового дня:

$$R_c = \frac{\cos \Delta \cdot \cos(\varphi - \beta_{перетвор}) \cdot \sin A_2 + \pi \cdot \frac{A_2}{180} \sin \Delta \cdot \sin(\varphi - \beta_{перетвор})}{\cos \Delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin A_{зах} + \pi \cdot \frac{A_{зах}}{180} \sin \Delta \cdot \sin \varphi} \quad (2.18)$$

У ряді випадків, коли в розрахунках вводиться тривалість світлового дня, цей коефіцієнт перерахунку прямої радіації використовувати зручніше.

Середньодобовий коефіцієнт перерахунку сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні на похилий перетворювач енергії сонячного випромінювання [7, 9] обчислюється з урахуванням дифузійної складової та відбитої енергії (2.10):

$$\kappa = (1 - \psi_{диф}) \cdot R + \psi_{диф} \frac{1 + \cos \beta_{перетвор}}{2} + r_a \cdot \frac{1 - \cos \beta_{перетвор}}{2} \quad (2.19)$$

Проведений в літературних джерелах [7, 9] аналіз зміни кількості сонячної енергії, яка надходить на похилий перетворювач енергії сонячного випромінювання за певний період часу, показує, що найбільше його значення досягається в тому випадку, коли кут установки перетворювача відносно горизонту:

$$\beta_{перетвор} = \varphi - \Delta_{сер}, \quad (2.20)$$

де: $\Delta_{сер}$ – середнє значення схилення сонця за період функціонування перетворювача енергії сонячного випромінювання.

За умови режиму цілорічної експлуатації геліосистеми $\Delta_{сер} = 0$ та оптимальне значення кута $\beta_{перетвор} = \varphi$. У зимовий період року $\Delta_{сер} < 0$, $\beta_{перетвор} > \varphi$, а в літні місяці, навпаки: $\Delta_{сер} > 0$, $\beta_{перетвор} < \varphi$.

2.2 Характеристики перетворювачів енергії сонячного випромінювання

У системах енергозабезпечення, у яких в якості основного енергоносія використовується енергія відновлюваних джерел, основними конструктивними елементами є перетворювачі енергії сонячного випромінювання. Такими перетворювачами є геліоколектори, енергоактивні огороження.

У літературних джерелах досить ґрунтовно представлено інформацію про конструкції та принципу роботи геліоколекторів. Інформація стосовно конструкції енергоактивних огорожень та їх конструктивних особливостей представлена в [3, 15-24]. У даному виданні надано інформацію щодо такої конструкції перетворювача енергії сонячного випромінювання як геліопрофіль.

2.2.1. Геліопрофіль «ТЕПС»

Геліопрофіль «ТЕПС» [25, 26] є складовою частиною енергоактивних огорожувальних будівельних конструкцій (енергоактивних огорожень – дах, фасади) та є технічним елементом «2 в 1»: будівельний покрівельний (фасадний) конструкційний матеріал і тепловий сонячний колектор з рідким і повітряним контурами теплоносіїв. Геліопрофіль виготовляється методом екструзії з корозійностійкого алюмінієвого сплаву (довжина до 6,8 м). Геліопрофіль (рис. 2.3) має теплопоглинальну поверхню, циліндричний канал для рідкого теплоносія, трапецеїдальний канал для повітряного теплоносія та елементи зчеплення. Поверхня геліопрофілю має захисне покриття «зелене хроматування». Теплопоглинальна поверхня може бути пофарбована порошковою фарбою в любий темний колір, або покрита селективним покриттям.

Підключення геліопрофілю до контуру рідкого теплоносія може здійснюватись з допомогою штуцерів різної конструкції або іншими конструктивними рішеннями. Підключення до контуру повітряного теплоносія здійснюється за допомогою спеціальних повітропроводів або повітропроводів, сформованих завдяки конструктивному виконанню енергоактивного огороження.

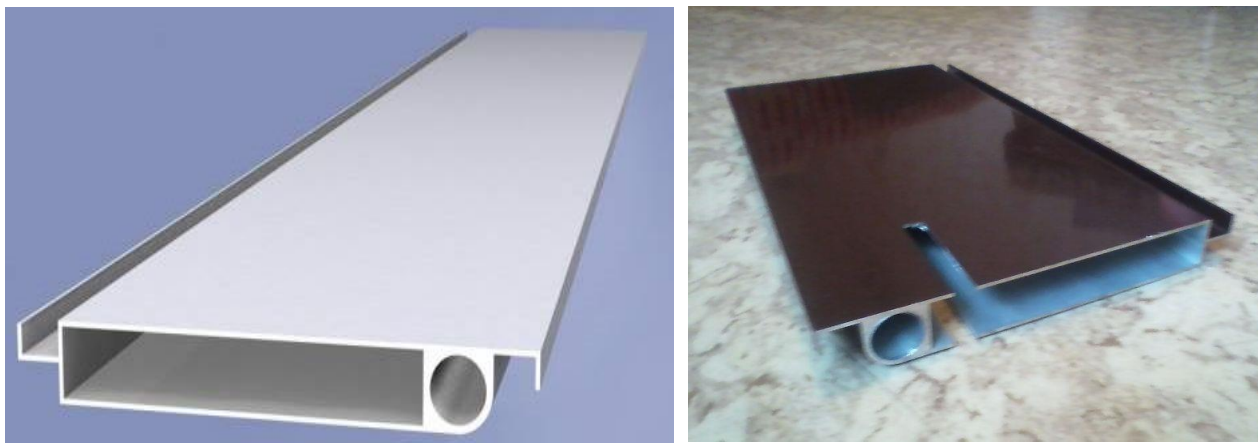


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд геліопрофілю "ТЕПС"

Трапецеїдальний канал для повітряного теплоносія може бути використаний для розміщення теплоакумулюючої речовини із зміною агрегатного стану. У цьому випадку геліопрофіль виконує і функцію добового акумулятора теплоти.

2.2.2. Геліопрофіль «ФОТОН»

Геліопрофіль «ФОТОН» [26] є одним із варіантів багатофункціональних енергоактивних огорожень. Він поєднує функції будівельних покрівельних (фасадних) конструкційних матеріалів і теплових сонячних колекторів з рідким і повітряним контурами теплоносіїв. Геліопрофіль „Фотон” виготовляється методом екструзії з корозійностійкого алюмінієвого сплаву та може мати довжину до 6,8 м. Геліопрофіль „Фотон” (рис. 2.4) має теплопоглинальну поверхню,

циліндричний канал для рідкого теплоносія та елементи зчеплення. Конструкція геліопрофілю дозволяє формувати з іншими конструктивними елементами енергоактивного огороження канал для повітряного теплоносія.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд геліопрофілю «ФОТОН»

Підключення геліопрофілю до контуру рідкого теплоносія може здійснюватись з допомогою штуцерів різної конструкції. Підключення до контуру повітряного теплоносія здійснюється за допомогою спеціальних повітропроводів або повітропроводів, передбачених конструкцією енергоактивного огороження. Кожен геліопрофіль «ФОТОН» доцільно оздоблювати прошарком прозорої теплоізоляції.

Теплопоглинальна поверхня має покриття «чорне анодування» або може бути покрита селективним покриттям. На рис. 2.5 показано вузол зчеплення двох елементів з геліопрофілю «ФОТОН».



Рисунок 2.5 – Вузол зчеплення двох сусідніх елементів з геліопрофілю «ФОТОН»

2.2.3 Електрогеліопрофіль «ФОТОН-Е»

Електрогеліопрофіль «ФОТОН-Е» [29] є складовою частиною енергоактивних огорожувальних будівельних конструкцій (енергоактивних огорожень – дах, фасади) та є технічним елементом «3 в 1»: будівельний покрівельний (фасадний) конструкційний матеріал, тепловий сонячний колектор з рідким і повітряним контурами теплоносіїв та сонячна батарея. Профіль-підложка виготовляється методом екструзії з корозійностійкого алюмінієвого сплаву. Електрогеліопрофіль (рис. 2.6) має теплопоглинальну поверхню, циліндричний канал для рідкого теплоносія та елементи зчеплення. Конструкція електрогеліопрофілю дозволяє формувати з іншими конструктивними елементами енергоактивного огороження канал для повітряного теплоносія. На

теплопоглинальній поверхні електрогеліопрофілю розташовані фотоелектричні перетворювачі. Кожен електрогеліопрофіль має індивідуальну прозору теплоізоляцію.

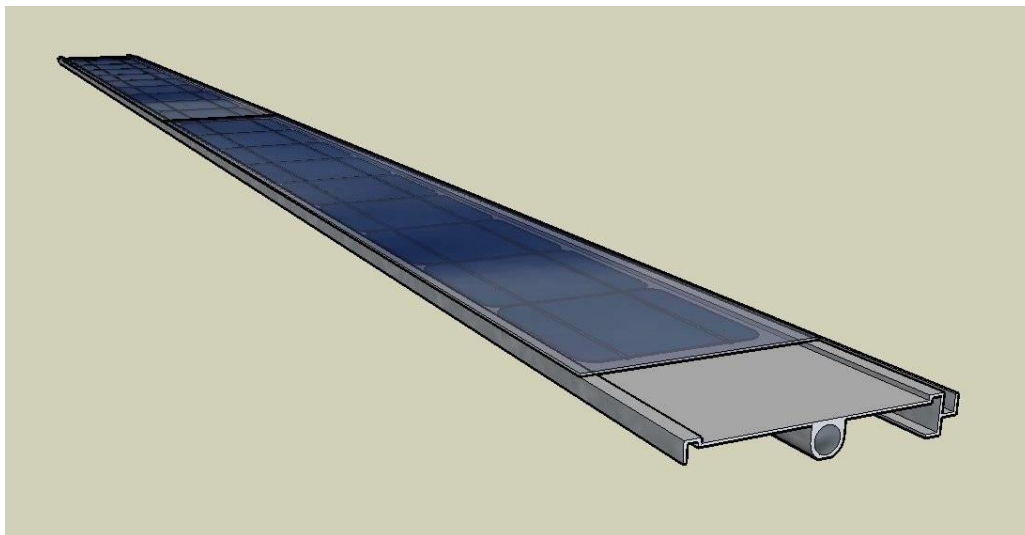


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд електрогеліопрофілю «ФОТОН-Е»

Підключення геліопрофілю до контуру рідкого теплоносія може здійснюватись за допомогою штуцерів різної конструкції або іншими конструктивними рішеннями. Підключення до контуру повітряного теплоносія здійснюється за допомогою спеціальних повітропроводів або повітропроводів, сформованих завдяки конструктивному виконанню енергоактивного огороження.

Для організації промислового виробництва розроблено пропозиції щодо двох типорозмірів електрогеліопрофілю. Їх основні характеристики наведені в табл. 2.1.

Тип фотоелектричних перетворювачів – монокристалічні кремнієві, псевдоквадрат 125 x 125 мм.

Геліопрофіль монтується на елементи каркасу – поперечні бруси. Між ними розміщується шар теплоізоляції (у даному випадку мат) захищений будівельними плівками: гідробар'єром і паробар'єром. На тильній стороні демонстраційного фрагменту змонтовано імітацію

гіпсокартону. Нижній за розташуванням брус має кріплення у вигляді опорних і технологічних комбінованих елементів «шпилька-гвинт». Верхній брус має тільки опорне кріплення. Технологічний елемент кріплення використовується для фіксації геліопрофілю при його монтажі та демонтажі. Відповідно, геліопрофіль має з одного краю два монтажні циліндричні отвори, а з другого – монтажний паз. Нижній (по монтажу) край геліопрофілю за допомогою гаєк закріплюється на брусі жорстко, а верхній, на пазу – вільно. Паз дає можливість терморозширення геліопрофілю в поздовжньому напрямку. На опорні елементи кріплення «шпилька-гвинт» монтуються елементи повітропроводів, теплоізоляційні дистанційні полоси та конструктивні профілі для монтажу прозорої теплоізоляції (сотового полікарбонату). Між листом прозорої теплоізоляції і геліопрофілями монтується прозорий дистанційний профіль. Повітропровід сформовано з листового теплоізолюваного матеріалу. Конструкція ущільнюється герметиком.

Таблиця 2.1

Основні характеристики електрогеліопрофілю «Фотон-Е»

№	Характеристика	ФОТОН-Е1	ФОТОН- Е2
1	Габаритні розміри, Д x Ш x В, мм	2600 x 180 x 28	5000 x 180 x 28
2	Установочна ширина, мм	175	175
3	Вага, кг	8 – 9	14 – 16
4	Номінальна електрична потужність, Вт	47	94
5	Номінальний струм, А	5,2	5,2
6	Номінальна напруга, В	9	18
9	Теплова потужність, Вт	150 – 250	300 – 500

Контур рідкого теплоносія утворено циліндричними каналами геліопрофілів та підвідним і відвідним колекторами («гребінками»). Циліндричні канали закінчуються штуцерами з алюмінієвого сплаву «різьба-ялинка». Штуцера з'єднуються з гребінками гнучкими шлангами для компенсації терморозширень елементів контуру. Гребінки (підвідні колектори) змонтовані всередині повітропроводів.

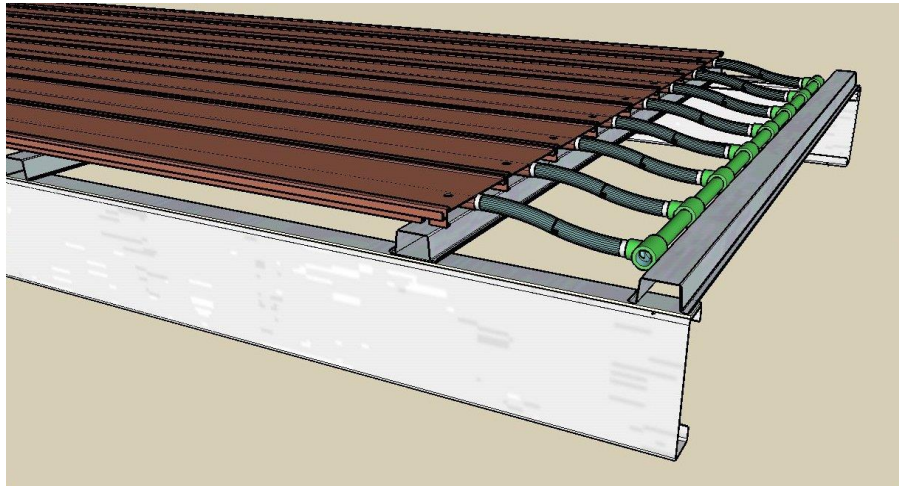


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд колектора підведення рідинного контуру



Рисунок 2.8 – Схемне зображення теплоізоляції енергоактивного огороження

Нижче розглянуто варіант конструктивного виконання демонстраційного фрагменту енергоактивного огороження на каркасі з легких сталевих прогонів розмірами $\sim(2,0 \times 1,5)$ м (рис. 2.7-2.10). В якості

типової стільникової одиниці енергоактивного огороження вибрано конструктив з використанням в якості зовнішньої прозорої теплоізоляції листа ливарного полікарбонату розмірами (2,05 x 3,05) м.

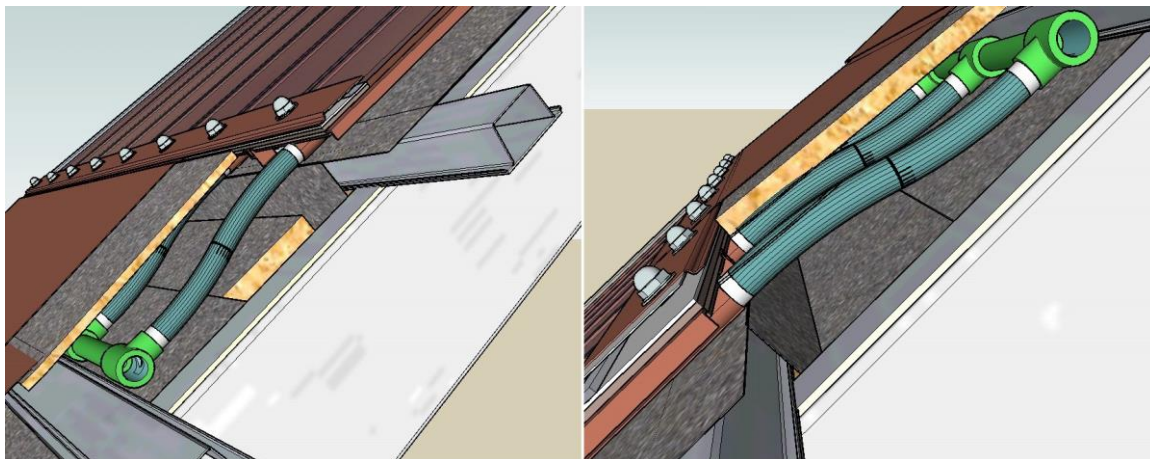


Рисунок 2.9 – Нижні та верхні повітряні та рідинні контури теплоносіїв



Рисунок 2.10 – Енергоактивний дах

2.3. Визначення тепло-, повітря- вологозахистних властивостей перетворювачів енергії сонячного випромінювання

Для визначення необхідних теплових режимів, які сприятимуть встановленню необхідного мікроклімату споруди необхідна інтенсифікація/оптимізація процесу теплопередачі в матеріалах і прошарках, із яких виконані конструкції споруди.

При розрахунку системи енергозабезпечення необхідним параметром є визначення теплових витрат, що присутні в будь-якій споруді. Для цього насамперед необхідно встановити геометричні показники споруди, які беруть участь у процесі теплопереносу. Тобто крок 1 алгоритму розрахунку теплових витрат передбачає визначення даних про площу огорожувальних конструкцій, крізь які проходить процес теплообміну. Для цього насамперед треба встановити такі геометричні параметри, як периметр споруди, площа кожної стіни споруди, площа поверхні вікон та дверей.

Крок 2 алгоритму розрахунку передбачає розрахунок термічного опору теплопередачі (R) конструкцій споруди. Щільність теплового потоку через плоску конструкцію споруди, яка відокремлює зовнішнє та внутрішнє середовище характеризується загальним термічним опором теплопередачі. Загальний опір конструкції споруди складається з частних термічних опорів теплопередачі прошарків [10, 11].

Визначення термічного опору стін необхідно для забезпечення інтенсифікації теплопередачі в матеріалах конструкції споруди. Для інтенсифікації теплопередачі необхідно зменшувати загальний термічний опір теплопередачі (R). Тобто за умови зменшення частного опору теплопередачі будь-якого з прошарків конструкції споруди можливе зниження загального термічного опору теплопередачі.

Визначення даного параметра доцільно розпочинати з розгляду теплофізичних властивостей конструктивних матеріалів, які будуть

використовуватись в процесі формування споруди. Основними параметрами, які необхідно при цьому враховувати, є:

- товщина прошарків стін (м),
- товщина прошарків стелі (м),
- термічний опір теплопередачі вікон ($\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$),
- товщина підлоги (м),
- теплопровідність прошарків зовнішньої огорожувальної конструкції (стіни/перетворювача енергії сонячного випромінювання (наприклад, енергоактивного огороження)) ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$),
- теплопровідність прошарків стелі ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$),
- теплопровідність прошарків підлоги ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$).

Приклади параметрів конструктивних матеріалів [12] необхідних для розрахунку наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Фізико-технічні параметри матеріалів конструкцій споруди

Матеріал	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності λ , ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$)	Приклад можливої товщина прошарку матеріалу δ , (мм)
Гіпсокартон	0,21	10
Повітряний проміжок	0,143	20
Силікатна цегла	0,76	250
Цементно-вапняковий розчин	0,87	10
Силікатна цегла	0,76	120
Мінераловатні мати	0,064	75
Геліопрофіль ТЕПС	-	23

Загальний термічний опір теплопередачі розраховується відповідно до залежності:

$$R_{\sum m.o.} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{прош1}}{\lambda_{прош1}} + \frac{\delta_{прош2}}{\lambda_{прош2}} + \dots + \frac{\delta_{прош n}}{\lambda_{прош n}} + \frac{1}{\alpha_{зов}}, \quad (2.21)$$

де: $\delta_{прош. 1}, \delta_{прош. 2}, \dots, \delta_{прош. n}$ – товщина прошарків зовнішнього огородження споруди (наприклад, стін), (м)

$\lambda_{прош. 1}, \lambda_{прош. 2}, \dots, \lambda_{прош. n}$ – теплопровідність прошарків зовнішнього огородження (стін/енергоактивного огородження);

$\alpha_{зов.}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні огородження до зовнішнього середовища, наприклад, $\alpha_{зов.}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі до поверхні огородження від зовнішнього середовища, наприклад, $\alpha_{вн}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + \sqrt{V}), \quad (2.22)$$

де: α_n – коефіцієнт віддачі на зовнішні поверхні огородження;

V – мінімальна з швидкостей вітру по румбам. Відповідно до [13] це значення дорівнює 2,4 м/с.

Відповідно до запропонованого алгоритму доцільно проводити розрахунок термічного опору теплопередачі таких конструктивних елементів споруди як стеля, підлоги (над неопалювальним підвалом) та ін. Відповідну характеристику вікон та дверей доцільно розглядати згідно з [13].

Крок 3 алгоритму розрахунку теплових втрат є визначення потрібного термічного опору огорожуючих конструкцій споруди (наприклад, стін), який забезпечить необхідний для споживача мікроклімат приміщення.

Відповідно до нормативних документів мінімальна температура повітря зовнішнього середовища, наприклад для 2 кліматичної зони (м. Дніпро) має значення $t_{зов.} = -19(^{\circ}\text{C})$.

Згідно з [13] температуру внутрішнього повітря у споруді та нормативний перепад між температурою внутрішньої поверхні стін та зовнішнім середовищем, наприклад, $t_v=21(^{\circ}\text{C})$, $\Delta t_n=6(^{\circ}\text{C})$.

$$R_{оп.стін}^{нотр} = \frac{t_v - t_{зов.}}{\Delta t \cdot \alpha_{вн}} n, \quad (2.23)$$

де: $R_{оп.стін}^{нотр}$ – потрібний термічний опір стін;

n – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно зовнішнього середовища. Для стін приймається $n=1$.

Зазвичай огорожувальні конструкції споруд є багат шаровими елементами. При оздобленні споруди елементами пасивної ізоляції, а особливо енергоактивної термоізоляції (наприклад, енергоактивні огороження), цей фактор буде визначальним при розгляді необхідного термічного опору. Таку увагу даний фактор заслуговує в наслідок наявних економічних та технічних чинників. При недостатньому термічному опорі буде відсутній необхідний ефект енергозбереження. За наявності недоцільно масивної теплової ізоляції присутній негативний економічні затрати та масогабаритні показники. Розрахунок опору багат шарового огороження доцільно проводити за (2.21).

Для ефективного запровадження заходів з енергозбереження необхідно, щоб потрібний термічний опір огороження був більшим за отриманий термічний опір, тобто необхідне виконання умови:

$$R_{оп.стін}^{нотр} < R_{оп.стін}$$

Крок 4 алгоритму – розрахунок теплових втрат споруди крізь елементи конструкції.

1) Визначення теплових витрат крізь стіни в холодну пору року. Такий показник доцільно розраховувати за наступною залежністю:

$$Q_{стін} = \frac{S_{стін}}{R_{оп.стін}} (t_{вн} - t_{зов}) \cdot n, \quad (2.24)$$

де: $Q_{стін}$ – витрати теплоти крізь стіни, Вт

$S_{стін}$ – площа стін (m^2)

$R_{оп. стін}$ – термічний опір стін;

2) Визначення витрат теплоти крізь двері

$$Q_{двері} = \frac{S_{двері}}{0,6 \cdot R_{оп. стін}} (t_{вн} - t_{зов}) \cdot n, \quad (2.25)$$

де: $Q_{двері}$ – витрати теплоти крізь двері, (Вт)

$S_{двері}$ – площа дверей, m^2

3) Визначення витрат теплоти крізь вікна

Згідно з [13] знаходимо термічний опір вибраної конструкції склопакетів $R_{вікон}$:

$$Q_{вікон} = n_{вікон} \frac{S_{вікон}}{R_{вікон}} (t_{вн} - t_{зов}) \cdot n, \quad (2.26)$$

де: $Q_{вікна}$ – витрати теплоти крізь вікна.

Загальні теплові втрати через конструкції споруди

$$Q_{заг} = Q_{стіна1} + Q_{стіна2} + \dots + Q_{стінаn} + Q_{вікно1} + Q_{вікно2} + \dots + Q_{вікно n} + Q_{стеля} + Q_{підлога} \quad (2.27)$$

При проектуванні системи опалення доцільно розглядати тепловтрати в окремо взятих приміщеннях (наприклад, не потребують опалення гардероб, комора та ін.).

Важливим фактором, що впливає на мікроклімат приміщень є вологісний режим огорожувальних конструкцій споруди. Крок 5 алгоритму розрахунку передбачає розрахунок цього параметра.

Згідно з [13] необхідне проведення оцінки вологісного режиму конструкцій споруди. Для зовнішніх огорожувальних конструкцій (стіни, дах) обов'язкове виконання умови:

$$\Delta\omega \leq \Delta\omega_D, \quad (2.28)$$

де : $\Delta\omega$ – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, у якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою;

$\Delta\omega_D$ – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, у шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою, що встановлюється згідно з табл. 2.3 залежно від виду матеріалу.

Таблиця 2.3

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу $\Delta\omega_D$ в конструкції в холодний період року [13]

Найменування матеріалу	Допустиме збільшення вологості матеріалу, у шарі якого може відбуватися конденсація вологи, $\Delta\omega_D$, %
Мінераловатні та скловолоконні вироби	2,5
Пінополістірол	2,0
Пінополіуретан	3,0
Плити з карбамідо-формальдегідних пінопластів	7,0
Ніздрюваті бетони (газобетон, пінобетон, газосилікати тощо)	1,2
Бетони легкі	1,2
Вироби перлітові	2,0
Плити з природних органічних та неорганічних матеріалів	7,0
Вироби з кремнезиту	2,5
Цегляне мурування	1,5
Піногазоскло	1,5
Мурування з силікатної цегли	2,0
Засипки з керамзиту, шунгізиту	3,0
Важкий бетон, цементно-піщаний розчин	2,0

Відповідно до [13] зона конденсації визначається за характером розподілу парціального тиску водяної пари $c(x)$ і насиченої водяної пари $E(x)$ у товщі шарів огорожувальної конструкції. Парціальний тиск водної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x (Па), визначається за:

$$c(x) = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}}, \quad (2.29)$$

де: e_B – парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря (Па), що визначається за рахунковим значенням відносної вологості φ_{B0} залежно від призначення будинку згідно з [13] і значенням парціального тиску насиченої водяної пари E_B , що залежить від температури за формулою (2.30);

e_3 – парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, що визначається за [13] для періоду найбільш холодного місяця року, Па;

$R_{e\Sigma}$ – опір паро проникненню огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

R_{ex} – опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані x від внутрішньої поверхні, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

$$e_B = 0,01\varphi_{B0}E_B, \quad (2.30)$$

Таким чином, при розрахунку комфортних умов, які необхідно підтримувати в споруді, розраховується температура точки роси:

$$t_{роси} = \tau_{вн} - \Delta t_n, \quad (2.31)$$

де: $t_{роси}$ – температура точки роси;

де $\tau_{вн}$ – температура внутрішньої поверхні стіни.

Розрахунок температури внутрішньої поверхні стіни (повинна бути не нижчою за температуру точки роси внутрішнього повітря) проводиться відповідно до залежності:

$$\tau_{вн} = t_{вн} - \frac{t_{вн} - t_n}{R_{остін}^{номр} \cdot \alpha_в} \cdot n, \quad (2.32)$$

У [13] проводиться порівняння виконання умови $\tau_{вн} < t_{роси}$. При її дотриманні на внутрішніх поверхнях стін не буде утворюватись конденсат.

На вологісний режим впливають також наявність вологопритоків від осіб, що знаходяться в приміщенні ($\omega_{1\text{ особи}} = 100$ г/год.), вологопритоки від обладнання (наприклад, $\omega_{обл.} = 300$ г/год.) та інших впливових факторів. Загальний вологоприток буде сумарною величиною цих впливових факторів.

Крок 6 алгоритму розрахунку є визначення теплових витрат крізь підлогу ($R_{дол. прош. п}$).

Для розрахунку теплових витрат крізь підлогу необхідно проведення аналізу термічного опору підлоги. У [13] наведено інформацію про фізико-технічні параметри конструктивних матеріалів необхідних для розрахунку (приклад наведено у табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Фізико-технічні параметри конструктивних матеріалів

Назва матеріалу	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м · К)	Приклад можливої товщина прошарку матеріалу δ , (мм)
Паркет	0,2	12
Зшитий пінополіофелін	0,036	5
Керамзитовий гравій	0,14	70
Залізобетон	1,86	250

$$R_{підл. прошп} = \frac{\delta_{прошп}}{\lambda_{прошп}}, \quad (2.33)$$

Подальший розрахунок потрібного термічного опору підлоги доцільно проводити з урахуванням температури ґрунту [13], наприклад, $t_2=4(^\circ\text{C})$.

Вибираємо за [13] нормативний перепад між температурою внутрішньої поверхні підлоги та повітрям, наприклад, $\Delta t_n=2(^\circ\text{C})$.

$$R_{0\text{нідл}}^{\text{норм}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_2}{\Delta t_n \cdot \alpha_в} \cdot n, \quad (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} \quad (2.34)$$

де: $R_{0\text{нідл}}^{\text{норм}}$ – потрібний термічний опір підлоги;

n – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно зовнішнього середовища.

Так як підлога є багатошарковою конструкцією, то подальший розрахунок термічного опору всієї конструкції долівки необхідно проводити з урахуванням такої особливості.

Встановлюємо величину коефіцієнту тепловіддачі на зовнішній поверхні підлоги α_n (Вт/(м²·К)).

$$R_{0\text{нідл}} = \frac{1}{\alpha_в} + R_{\text{парк}} + R_{\text{ізол}} + R_{\text{зрав}} + R_{\text{бет}} + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.35)$$

де: $R_{0\text{нідл}}$ – термічний опір підлоги.

$$R_{0\text{нідл}}^{\text{норм}} < R_{0\text{нідл}}$$

Виходячи з наявної інформації про термічний опір підлоги можливий подальший розрахунок витрат теплоти крізь підлогу.

$$Q_{\text{нідл}} = \frac{S_{\text{нідл}}}{R_{0\text{нідл}}} \cdot (t_в - t_{\text{ґрун}}) \cdot n_{\text{нідл}}, \quad (2.36)$$

де: $Q_{\text{нідл}}$ – витрати теплоти крізь підлогу.

Для розгляду теплових втрат усієї споруди необхідно інформація щодо такого конструктивного елемента як термічний опір покрівлі

($R_{\text{дах. прош. n}}$). Кроком 7 алгоритму розрахунку є визначення теплових витрат крізь покрівлю.

Відповідно до [13] проводимо вибір параметрів конструктивних матеріалів даху. Приклади параметрів конструктивних матеріалів необхідних для розрахунку наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Фізико-технологічні параметри конструктивних матеріалів

Назва матеріалу	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м · К)	Приклад можливої товщина прошарку матеріалу δ , мм
Сонячний колектор з об'ємним поглинанням		36
Металочерепиця	58	1
Руберойд	0,17	15
Зшитий пінополіофелін	0,036	40

$$R_{\text{дахпрошн}} = \frac{\delta_{\text{дахпрошн}}}{\lambda_{\text{дахпрошн}}}, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} \quad (2.37)$$

Відповідно до алгоритму розрахунку проводиться визначення потрібного термічного опору покрівлі.

Знаходимо температуру поверхні покрівлі [13], наприклад, $t_{\text{покр}}=18(^\circ\text{C})$. Вибираємо нормативний перепад між температурою внутрішньої поверхні покрівлі та повітрям Δt_n , наприклад, $\Delta t_n=4(^\circ\text{C})$.

Розраховуємо потрібний термічний опір покрівлі, відповідно до залежності:

$$R_{\text{опокр}}^{\text{нотр}} = \frac{t_{\text{покр}} - t_n}{\Delta t_{\text{покр}} \cdot \alpha_v} \cdot n, (\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}),$$

де: $R_{\text{опокр}}^{\text{нотр}}$ – потрібний термічний опір покрівлі;

$n=1$ – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно до повітря.

Дах споруди доцільно розглядати як конструкцію, яка конструктивно складається з різних прошарків. Тому термічний опір покрівлі залежить від термічного опору всіх прошарків конструкції.

Визначаємо коефіцієнт віддачі на зовнішні поверхні даху α_n , наприклад, $\alpha_n=23$ (Вт/(м²·К)).

Визначення термічного опору покрівлі проводиться за залежністю:

$$R_{o\ дах} = \frac{1}{\alpha_e} + R_{кол} + R_{мет} + R_{руб} + R_{изол} + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт,}$$

де: $R_{o\ дах}$ – термічний опір покрівлі.

Для оптимальної теплоізоляції покрівлі доцільно орієнтуватись на наступну залежність:

$$R_{o\ дах}^{номр} < R_{o\ дах}$$

При інтегруванні до покрівлі споруди систем перетворювання енергії відновлюваних джерел, наприклад, енергоактивного огороження або геліоколектора, необхідно враховувати особливості його побудови, розміщення та вплив на теплотехнічні характеристики конструктивних елементів споруди (крок 8 алгоритму розрахунку – визначення теплових витрат).

Визначаємо коефіцієнт віддачі на зовнішній поверхні перетворювача енергії відновлюваних джерел (наприклад, геліоколектора, енергоактивного огороження). Для сонячного колектора з об'ємним теплопоглинанням $\alpha_n = 23$ Вт/(м² · К).

$$R_{o\ перетвор} = \frac{1}{\alpha_e} + R_{перетвор} + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт),} \quad (2.38)$$

де: $R_{o\ перетвор}$ – термічний опір перетворювача енергії відновлюваних джерел (наприклад, енергоактивного огороження).

Крок 9 алгоритму розрахунку є визначення загальних витрат теплоти крізь покрівлю. Розрахунок проводиться за такою залежністю:

$$Q_{\text{дах}} = \frac{S_{\text{дах}}}{R_{o \text{ дах}}} \cdot (t_{\text{дах}} - t_n) \cdot n, \text{ (Вт)}, \quad (2.39)$$

де: $Q_{\text{дах}}$ – витрати теплоти крізь покрівлю;

S – площа покрівлі, м^2 ;

$R_{o \text{ дах}}$ – термічний опір покрівлі;

$t_{\text{дах}}$ – температура зовнішньої поверхні покрівлі.

При цьому необхідно брати до уваги те, що наявність системи перетворювання сонячного випромінювання, яка розташована на поверхні покрівлі, призводить до зміни теплових витрат крізь покрівлю. Витрати теплоти крізь перетворювач енергії відновлюваних джерел (енергоактивне огороження, геліоколектор).

$$Q_{\text{кол}} = \frac{S_{\text{перетвор}}}{R_{o \text{ перетвор}}} \cdot (t_{\text{покр}} - t_n) \cdot n, \text{ (Вт)}, \quad (2.40)$$

де $Q_{\text{перетвор}}$ – витрати теплоти крізь перетворювач енергії сонячного випромінювання (наприклад, енергоактивне огороження), розташоване на покрівлі споруди.

На тепловий баланс споруди суттєво впливає наявність людей та розміщеного в приміщеннях обладнання. Кроком 11 алгоритму розрахунку є визначення розрахунку теплонадходжень від людей, які знаходяться в приміщеннях споруди

$$Q_{\text{люд}} = q_{\text{люд}} \cdot n_{\text{люд}}, \quad (2.41)$$

де: $Q_{\text{люд}}$ – теплонадходження від людей, (Вт),

$q_{\text{люд}}$ – теплонадходження від однієї людини, прийнятна величина 70 Вт;

$n_{\text{люд}}$ – кількість людей у споруді;

При розрахунку загальних теплових втрат необхідним є врахування теплонадходжень від освітлювального обладнання, яке розміщено в приміщеннях споруди.

Крок 12 алгоритму розрахунку – визначення сумарних теплових втрат. При цьому враховуються теплові втрати таких конструктивних елементів споруди як стіни, двері, вікна, підлога, покрівля та враховуються зменшення теплових втрат завдяки наявності перетворювача сонячної енергії (наприклад, енергоактивного огороження та ін.).

$$Q = Q_{\text{стін}} + Q_{\text{двер}} + Q_{\text{вікн}} + Q_{\text{нідл}} + Q_{\text{покр}} + Q_{EO} - Q_{\text{люд}} - Q_{\text{світ}}, \text{ (Вт)} \quad (2.42)$$

При розрахунку корисної теплової потужності Q і коефіцієнту використання сонячної енергії η перетворювача енергії сонячного випромінювання необхідно враховувати [14] ряд умов.

$$Q = K \cdot F \cdot \xi \cdot \frac{t_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - t_{\hat{a}\hat{o}}}{\ln \frac{t_{\delta} - t_{\hat{a}\hat{o}}}{t_{\delta} - t_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}} \quad (2.43)$$

$$\eta = \frac{K \cdot \xi}{E} \cdot \frac{t_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - t_{\hat{a}\hat{o}}}{\ln \frac{t_{\delta} - t_{\hat{a}\hat{o}}}{t_{\delta} - t_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}} \quad (2.44)$$

де: Q – корисна теплова потужність, Вт;

K – коефіцієнт теплових втрат перетворювача енергії сонячного випромінювання, Вт / (м²·К);

F – площа огорожувальної конструкції, м²;

ξ – конструктивний коефіцієнт;

E – інтенсивність сонячної радіації, що надходить на поверхню огорожувальної конструкції, Вт/м²;

H – коефіцієнт використання сонячної енергії;

t_p , t_{ex} , $t_{вих}$ – відповідно рівноважна температура теплопоглинальної поверхні, температури рідкого теплоносія на вході й виході з енергоактивного огороження, °С.

Рівноважна температура теплопоглинальної поверхні енергоактивного огороження розраховується відповідно до залежності:

$$t_p = \frac{\gamma}{K} \cdot E + t_{oc}, \quad (2.45)$$

де: γ – коефіцієнт сприйняття сонячної радіації теплопоглинальною поверхнею;

t_{oc} – температура навколишнього середовища, °С.

Для подальшого прогнозування ефективності функціонування перетворювача енергії сонячного випромінювання доцільно проведення розрахунку конструктивного коефіцієнту. Розрахунок проводиться таким чином:

$$\xi = \frac{G \cdot c}{F \cdot K} \ln \frac{t_p' - t_{ex}}{t_p' - t_{вих}}, \quad (2.46)$$

де: G – витрата теплоносія, кг/с;

c – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К);

t_p' – розрахункова рівноважна температура геліопрофіля, °С.

Розрахункова рівноважна температура перетворювача енергії сонячного випромінювання залежить від витрати теплоносія, його температур на вході й виході, середньоінтегральної температури теплосприймаючої поверхні, які є змінними величинами. На її значення також впливають:

– конструктивні проектні характеристики перетворювачів енергії сонячного випромінювання;

– коефіцієнт сприйняття сонячної енергії й коефіцієнт теплових втрат. Аналітичне визначення розрахункової рівноважної температури проводиться при порівнянні теплового балансу зразка перетворювача енергії сонячного випромінювання:

$$q_{nod} = q_{ногл} + q_{ном} \quad (2.47)$$

де: q_{nod} – щільність підведеного теплового потоку, Вт /м²;

$q_{ногл}$ – щільність теплового потоку, поглиненого теплоносієм, Вт /м²;

$q_{ном}$ – теплові втрати в навколишнє середовище, Вт /м².

Щільність теплового потоку, який поглинається теплоносієм, розраховується з використанням експериментальних даних відповідно до математичної залежності:

$$q_{ногл} = \frac{G \cdot c \cdot (t_{вих} - t_{ex})}{F} \quad (2.48)$$

Експериментальні дані, які використовуються в розрахунках, приймаються наведеними до одного моменту часу.

Теплові втрати енергоактивного огороження в навколишнє середовище розраховуються з використанням експериментальних даних за формулою:

$$q_{ном} = K \cdot (t_n' - t_{oc}), \quad (2.49)$$

де: t_n' – середньоінтегральна температура теплопоглинальної поверхні перетворювача енергії сонячного випромінювання, °С.

Коефіцієнт теплових втрат перетворювача енергії сонячного випромінювання є розрахунковою величиною й залежить від його конкретних особливостей.

Середньоінтегральна температура [14] теплопоглинальної поверхні (як середньозважена), розраховується за таким алгоритмом:

– температура поверхні посередині перетворювача енергії сонячного випромінювання (при відсутності термопари біля рідинного каналу) по довжині розраховується як середня від обчислених пропорційних співвідношень показань інших термопар, розташованих на сприймальній поверхні конструкції;

– температури елементів зони «ребро–канал» приймаються рівними температурам суміжних елементів поверхні в зоні повітряного каналу;

– температури елементів зони «ребро» розраховуються як середні від температур суміжних елементів поверхні в зоні повітряного каналу й пропорційно до розрахованих температур нижньої протилежної поверхні перетворювача енергії сонячного випромінювання.

За припущенням, що енергія, яка поглинається теплоносієм дорівнює нулю, можна записати рівняння для визначення розрахункової рівноважної температури перетворювача енергії сонячного випромінювання у вигляді:

$$t_p' = t_{oc} + \frac{q_{nod}}{K}, \quad (2.50)$$

З іншого боку, з рівняння теплового балансу для будь-якого миттєвого стану параметрів енергоактивного огороження при експлуатації можна записати рівняння для визначення щільності підведеного теплового потоку у вигляді:

$$q_{nod} = \frac{G \cdot c \cdot (t_{eux} - t_{ex})}{F} + K \cdot (t_n' - t_{oc}). \quad (2.51)$$

Після відповідних перетворень математична залежність для визначення миттєвого значення розрахункової рівноважної температури поверхні перетворювача енергії сонячного випромінювання приймає такий вигляд:

$$t_p' = t_n' + \frac{G \cdot c \cdot (t_{eux} - t_{ex})}{K \cdot F}. \quad (2.52)$$

2.4 Обґрунтування параметрів сезонного ґрунтового акумулятора для системи енергозабезпечення з використанням перетворювачів енергії сонячного випромінювання

Відомим фактом є те, що потреба в опалюванні не співпадає з наявністю сонячного тепла. Сезонний ґрунтовий акумулятор тепла є невід'ємною конструктивною складовою системи теплозабезпечення, у якій в якості енергоносія використовується енергія сонячного випромінювання. Ефективність функціонування системи теплозабезпечення залежить від вибору типу акумулятора та його об'єму. При проектуванні системи енергозабезпечення визначальними факторами виступає площа систем теплового акумуляування та капітальні затрати на її створення. Оптимізація габаритів та місткості обладнання, необхідного для створення системи теплового акумуляування призведе до зниження економічних затрат на створення всієї системи енергозабезпечення. Експериментальні дані наведені в [26, 27] свідчать про те, що необхідно акумуляувати близько 23 % річної потреби тепла для потреб гарячого водозабезпечення (за умови мінімального використання систем перетворення сонячного випромінювання).

У [26, 27] наведено приклади конструкцій теплових акумуляторів. Коли в якості середовища для накопичення тепла використовується вода, доцільним є її циркуляція через теплообмінник (для передавання тепла до акумулятора). У випадку акумулятора прихованого тепла може бути відсутня можливість циркуляції самого середовища-накопичувача. Коли проходить затвердіння середовища-накопичувача, наприклад, гідрата солі, тепло повинно проходити через середовище-накопичувач, а обладнання повинно мати відповідну конструкцію. Велика площа для потоку тепла дозволить запобігти утворенню надмірних температурних градієнтів. Необхідно зважати на той факт, що при тривалому збереженні тепла потоки тепла малі відносно до об'єму середовища-накопичувача і

проблеми теплопередачі не виникнуть. Теплопередача достатньо добре відбувається за допомогою простого бака вузького перерізу, при цьому теплообмінник контактує зі стінками або вмонтований до них.

Відповідно до методу, наведеного в [26], пропонується використовувати багатоступеневий механізм переносу тепла з використанням рідкого середовища, наприклад нафти або води. Бак акумулятор наповнюють рідиною, а ємності із середовищем-накопичувачем занурюють до нього. Завдяки використанню циліндричних ємностей забезпечується вільна циркуляція рідини між ними. У випадку коли ємність має відносно невеликий діаметр, можливо досягнення необхідного рівня теплопередачі між рідиною та масою середовища-накопичувача тепла. Рідина може циркулювати через необмежену кількість теплообмінників для переносу тепла в акумулятор або з нього.

Тому необхідним є розрахунок теплового сезонного акумулятора тепла, алгоритм якого наведено нижче.

1. Проведення оцінки терміну опалювального сезону (τ). Наприклад, опалювальний сезон для м. Дніпро триває в середньому з 15 жовтня по 15 квітня (тобто це 26 тижнів = 182 днів = 15724800 сек.).

2. Визначення кількості теплової енергії, яку необхідно „завантажити” в сезонному акумуляторі тепла

$$Q = I_2 \cdot \tau, \text{ (Дж)} \quad (2.53)$$

де: Q – кількість теплової енергії, необхідна для збереження необхідного теплового балансу об’єкта

τ – час

3. Визначення кількості теплоти яка може акумулюватись в сезонному тепловому акумуляторі:

$$Q = C_{p \text{ гр}} \cdot \rho_{\text{гр}} \cdot V_{\text{ак}} \cdot \Delta T, \text{ (Дж)} \quad (2.54)$$

де: $\rho_{\text{гр}}$ – щільність ґрунту, кг/м^3 ;

$C_{p \text{ гр}}$ – теплоємність ґрунту, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$V_{ак}$ – об'єм сезонного теплового акумулятора;

ΔT – перепад температур теплоносія в сезонному теплому акумуляторі від початку опалювального сезону до його закінчення

Вибирається значення перепаду температур теплоносія в сезонному теплому акумуляторі від початку опалювального сезону до його закінчення, наприклад, $\Delta T=10^0$.

Для визначення об'єму сезонного теплового акумулятора позначимо його геометричні розміри (м): ширина – a , b , висота (глибина) – c . Таким чином, використовуємо припущення, що об'єм акумулятора $V_{ак} = a \cdot b \cdot c$. Щільність та теплоємність ґрунтів певної місцевості визначається за довідниковими даними, наприклад, для м. Нікополь переважна більшість ґрунтів має наступні параметри: $\rho_{гр.} = 2660 \text{ кг/м}^2$, $c_{р гр.} = 3200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$. Таким чином, у випадку, коли конструктивно перевагу надано вертикальному ґрунтовому акумулятору з (2.29) можливо визначити глибину свердловини.

$$Q = c_{р гр.} \cdot \rho_{гр.} \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \Delta T,$$

$$c = \frac{Q}{c_{р гр.} \cdot \rho_{гр.} \cdot a \cdot b \cdot \Delta T} \quad (2.55)$$

Кількість теплоти, яку можна отримати з одного погонного метра свердловини (q) варіюється від 25 Вт/м до 80 Вт/м.

Необхідна довжина теплопроводу для отримання розрахункової потужності:

$$l_{необх.} = \frac{Q}{q}, \text{ (м)} \quad (2.56)$$

Кількість свердловин (n) знаходимо як

$$n = \frac{l_{необх.}}{c} \quad (2.57)$$

Для рівномірного розподілу теплового навантаження свердловини за однією з методик [28, 29] доцільно проводити їх розміщення за схемою (рис. 2.6) – по вершинах рівносторонніх трикутників.

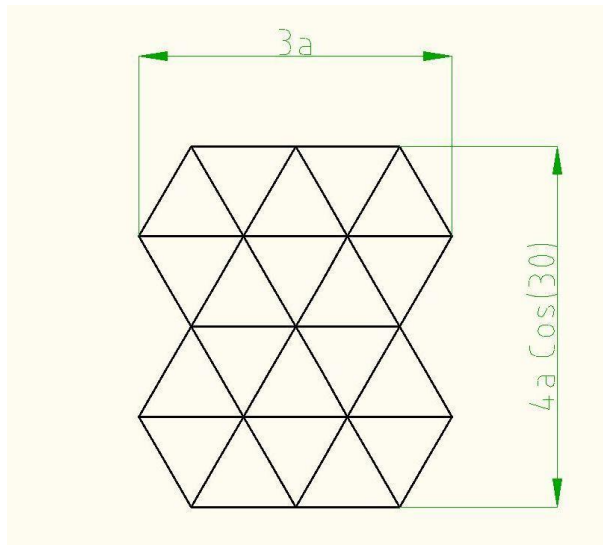


Рисунок 2.11 – Схема розміщення свердловин в ґрунтовому сезонному акумуляторі тепла (вид зверху)

Надалі, відповідно до запропонованого алгоритму, доцільним є проведення розрахунку кількості теплоти з погонного метра вертикального ґрунтового акумулятора. У якості прикладу вибрано конфігурацію:

- з'єднання контурів свердловин у загальну систему виконано паралельно;
- кожна свердловина виконана по схемі труба в трубі;
- поліпропіленові труби 4 та 2 дюйми (110x18,4 та 63x10,5 відповідно), $D_{\text{вн.}} = 73.2\text{мм}$, $D_{\text{зовн.}} = 110\text{мм}$, $d_{\text{вн.}} = 42\text{мм}$, $d_{\text{зовн.}} = 63\text{мм}$;
- коефіцієнт теплопровідності поліпропіленової труби (довідникова величина), $\lambda_{\text{п.п.}} = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- коефіцієнт теплопровідності пропіленгліколя, $\lambda_{\text{пг}} = 0,218 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- кінематична в'язкість пропіленгліколю, $\nu_{\text{пг}} = 4,45 \cdot 10^{-6}$.

Визначення кількості теплоти, яку повинен отримати теплоносії з одного погонного метра сезонного теплового акумулятора, доцільне за наступною математичною залежністю:

$$q_{\text{нотр}} = \frac{Q}{l_{\text{необх.}} \cdot n}, \text{ (Вт/м)} \quad (2.58)$$

Відповідно до запропонованого алгоритму наступним етапом розрахунку є визначення фактичної кількості отриманої енергії на погонний метр теплового акумулятора. При цьому враховується швидкість руху теплоносія та проводиться порівняння з прийнятим припущенням (у разі розбіжності до 5 % – припущення вважається вірним).

Проведення розрахунку доцільно за такими кроками:

– визначення об’ємних витрат теплоносія в одному контурі

$$V'_1 = \frac{V'}{n}, \text{ (м}^3\text{/с)} \quad (2.59)$$

– визначення еквівалентного діаметру кільцевого перерізу для зовнішньої труби теплового акумулятора:

$$d_{\text{екв.}} = \frac{4F}{P} = \frac{4\pi \cdot (D_{\text{вн.}}^2 - d_{\text{зовн.}}^2)}{4\pi \cdot (D_{\text{вн.}} + d_{\text{зовн.}})} = D_{\text{вн.}} - D_{\text{зовн.}}, \text{ (мм)} \quad (2.60)$$

– визначення площі кільцевого поперечного перерізу ґрунтового теплового акумулятора:

$$S_k = \frac{\pi \cdot (D_{\text{вн.}}^2 - D_{\text{зовн.}}^2)}{4}, \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.61)$$

– визначення швидкості руху теплоносія в зовнішній трубі ґрунтового вертикального теплового акумулятора:

$$V = \frac{V'_1}{S_k}, \text{ (м/с)} \quad (2.62)$$

– визначення числа Рейнольдса та режиму руху теплоносія в зовнішній трубі ґрунтового вертикального теплового акумулятора:

$$Re = \frac{V \cdot d_{екв.}}{V_{нз.}} \quad (2.63)$$

за умови, коли $Re \ll 2300$, наявний ламінарний режим потоку теплоносія.

– визначення теплопередачі через стінку ґрунтового вертикального теплового акумулятора (в наведеному прикладі це теплопередача через циліндричну стінку):

$$Q = \pi \cdot l \cdot \Delta T \cdot K, \quad (2.64)$$

де: K – коефіцієнт теплопередачі циліндричної стінки;

l – загальна довжина трубопроводу;

ΔT – різниця між температурою теплоносія та ґрунтом біля стінки акумулятора теплоти (наприклад, приймається 10°).

– коефіцієнт теплопередачі циліндричної стінки K визначається як:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{\ln \left[\frac{d_2}{d_1} \right]}{2 \cdot \lambda} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} \quad (2.65)$$

– визначення параметрів теплообміну зовнішньої труби:

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{\alpha_2 \cdot D_{вн.}} + \frac{\ln \left[\frac{D_{зовн.}}{D_{вн.}} \right]}{2 \cdot \lambda_{н.п.}} + \frac{1}{\alpha_3 \cdot D_{зовн.}} \quad (2.66)$$

де: α_2 – тепловіддача від теплоносія до стінки зовнішньої труби,

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_{нз.}}{d_{екв.}} \quad (2.67)$$

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до ґрунту (наприклад, $\alpha_3 = 34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$).

– визначення критерію Нуссельта

$$Nu_2 = \frac{3,66 + 0,0688 \cdot Pe \cdot \frac{d_{екв.}}{l_1}}{1 + 0,04 \cdot \left(Pe \cdot \frac{d_{екв.}}{l_1} \right)^{\frac{2}{3}}} \cdot \varepsilon_2 \cdot \psi_2 \quad (2.68)$$

$$\text{де: } Pe = \frac{V \cdot d_{екв.}}{\alpha} = Re \cdot Pr$$

Значення критерію Pr є довідниковим показником.

Необхідно дотримання таких умов:

$$\frac{1}{Pe} \cdot \frac{l_1}{d_{екв.}} \gg 0,004, \text{ при цьому } \varepsilon_2 = 1.$$

$$\psi_2 = \left(\frac{\mu_{ст.}}{\mu_p} \right)^{-0,14}$$

– визначення кількості теплоти, отриманої на погонний метр зовнішньої труби вертикального сезонного теплового акумулятора:

$$q_2 = 10 \cdot \pi \cdot K_2, \text{ (Вт/м)} \quad (2.69)$$

Для встановлення параметрів теплообміну внутрішньої труби вертикального ґрунтового теплового акумулятора, доцільним є такий алгоритм розрахунку:

– визначення площі теплообміну (площа труби):

$$S = \frac{\pi \cdot d_{вн.}^2}{4}, \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.70)$$

– визначення швидкості руху теплоносія у внутрішній трубі:

$$V = \frac{V'_I}{S}, \text{ (м/с)} \quad (2.71)$$

– визначення значення числа Рейнольдса та режим руху теплоносія у внутрішній трубі:

$$Re = \frac{V \cdot d_{вн.}}{\nu_{нг.}} \quad (2.72)$$

У разі $Re \ll 2300$ – ламінарний режим потоку.

$$Pe = \frac{V \cdot d_{\text{вн}}}{a} = Re \cdot Pr. \quad (2.73)$$

За умови $\frac{l}{Pe} \cdot \frac{l_1}{d_{\text{вн}}} \gg 0,004$, значення критерію Nu розраховується відповідно до (2.68), $\varepsilon_1 = 1$

– визначення кількості теплоти, отриманої на погонний метр внутрішньої труби:

$$q_1 = 10 \cdot \pi \cdot K_1, \text{ (Вт/м)} \quad (2.74)$$

– визначення загальної кількості отриманої теплоти на погонний метр:

$$q_{\text{заг.}} = q_1 + q_2, \text{ (Вт/м)} \quad (2.75)$$

– проведення порівняння отриманого результату з необхідним:

$$q_{\text{заг.}} \approx q_{\text{нотр.}} \quad (2.76)$$

За умови виконання (2.76) проведення перерахунку не потрібно.

– визначення вкладу в загальний теплосбір внутрішньої труби:

$$\frac{q_1}{q_{\text{заг.}}} \cdot 100\% \quad (2.77)$$

– визначення вкладу в загальний теплосбір зовнішньої труби:

$$\frac{q_2}{q_{\text{заг.}}} \cdot 100\% \quad (2.78)$$

Для проведення розрахунку гідравлічних втрат сезонного теплового акумулятора доцільна наступна послідовність.

На рис. 2.12 представлена еквівалентна гідравлічна схема розміщення труб у вертикальному сезонному тепловому акумуляторі. Відповідно до рис. 2.12 підвідним трубопроводом виступає внутрішня труба (на схемі внутрішній діаметр показано як d_1). Зворотним трубопроводом є кільцевий переріз між зовнішньою та внутрішньою трубами (еквівалентний діаметр на схемі позначено як d_2).

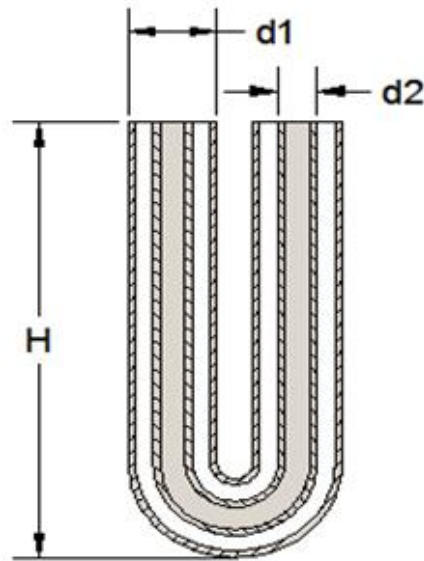


Рисунок 2.12 – Еквівалентна гідравлічна схема розміщення труб в вертикальному сезонному тепловому акумуляторі

У схемі присутні місцеві гідравлічні втрати при повороті потоку на 180° , раптовому звуженні каналу, підвідному та зворотному стандартних поворотах на 90° під час з'єднання труб системи. Відповідно до запропонованого алгоритму передбачено:

1) гідравлічний розрахунок для підвідного трубопроводу.

– визначення гідравлічних втрат у трубопроводі (Па):

$$\Delta P_{тр.1} = \lambda_1 \cdot \frac{h}{d_{вн.}} \cdot \frac{\rho_{нг.} \cdot V_1^2}{2}, \quad (2.79)$$

для ламінарного режиму $\lambda = \frac{64}{Re}$.

– визначення місцевих втрат:

$$\Delta P_{міст.1} = \frac{\rho_{нг.} \cdot V_1^2}{2} \cdot \sum \xi_i, \quad (2.80)$$

де: ξ_i – раптове звуження. Розраховується відповідно до математичної залежності:

$$\xi_i = 0.5 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_{екв.}}{d_{ен.}} \right)^2 \right] \quad (2.81)$$

Наприклад:

при повороті на 180° з переходом на менший діаметр $\xi = 3,5$

при стандартному повороті на 90° $\xi=0,34$.

– визначення загальних гідравлічних втрат підвідного трубопроводу:

$$\Delta P_1 = \Delta P_{тр.1} + \Delta P_{міц.1}, \text{ (Па)} \quad (2.82)$$

2) Розрахунок гідравлічних втрат для зворотного трубопроводу проводиться відповідно до алгоритму, наведеного вище.

3) Розрахунок гідравлічні втрати однієї свердловини вертикального ґрунтового теплового акумулятора. Такі гідравлічні втрати є сумою гідравлічних опорів у підвідному та зворотному трубопроводах акумулятора:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \text{ (Па)} \quad (2.83)$$

4) Визначення сумарних гідравлічних втрати усього вертикального ґрунтового теплового акумулятора:

$$\Delta P_{сум.} = \Delta P \cdot n, \text{ (Па)} \quad (2.84)$$

5) Визначення втрат напору в пристрої:

$$h_{акум.} = \frac{\Delta P_{сум.}}{\rho \cdot g}. \quad (2.85)$$

б) Розрахунок гідравлічних втрати з'єднаного трубопроводу. При цьому необхідно проведення розрахунку загальної довжини з'єднаного трубопроводу ($l_{підв.}$), діаметр з'єднаного трубопроводу ($d_{підв.}$), шорсткість поверхні порожнин труб (Δx).

Відповідно до запропонованого алгоритму розрахунку:

– визначення швидкості руху теплоносія у з'єднальному трубопроводі:

$$V_{nidv} = \frac{V'}{S_{nidv}} = \frac{4 \cdot V'}{\pi \cdot d_{nidv}}, \text{ (м/с)} \quad (2.86)$$

– визначення числа Рейнольдса та режим руху теплоносія в зовнішній трубі:

$$Re_{nidv} = \frac{V_{nidv} \cdot d_{nidv}}{V_{nz.}} \quad (2.87)$$

– визначення гідравлічних втрат у трубопроводі:

$$\Delta P_{nidv} = \lambda_{nidv} \cdot \frac{l}{d_{nidv}} \cdot \frac{\rho_{nz.} \cdot V_{nidv}^2}{2} \quad (2.88)$$

Розрахунок коефіцієнту гідравлічного тертя, λ_{nidv} доцільно проводити за формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta x}{d_{nidv}} + \frac{68}{Re_{nidv}} \right)^{0,25} \quad (2.89)$$

– визначення втрат напору з'єднального трубопроводу:

$$h_{nidv} = \frac{\Delta P_{nidv}}{\rho \cdot g}, \text{ (м)} \quad (2.90)$$

7) Визначення об'єму пропіленгліколю в акумуляторі та з'єднувальному трубопроводі:

$$V_{об.акум.} = n \cdot H \cdot (S_l + S_k) + l_{nidv} \cdot S_{nidv}, \text{ (м}^3\text{)} \quad (2.91)$$

2.5 Розрахунок добового бака-акумулятора

Існують інші конструкції пристрою [26], відповідно до яких повітря може циркулювати через акумулятор, а не через рідину. Розмір акумулятора в цьому випадку збільшується, але у цього способу наявна практична перевага. Не обов'язкова герметичність бака-акумулятора, зменшується ймовірність корозії. Для переносу тепла в акумулятор або з нього можливо використання повітря.

Можливий також інший варіант для переносу тепла – повітря, яке використовується для переносу тепла як у середовище-накопичувач, так і від нього, рециркулює всередині бака-акумулятора (рис. 2.13-2.15). Повітря може також циркулювати через сонячний колектор або енергоактивне огороження для нагрівання акумулятора чи подаватись у приміщення з метою обігріву або охолодження. Використання повітря в якості теплоносія потребує великої площі поверхні для передавання тепла при низькій різниці в температурі для запобігання надмірного споживання енергії вентилятором.

Аналіз літературних джерел [28] показав, що на даний час представлено великий асортимент баків-акумуляторів, які дозволяють реалізувати великий спектр схем організації високоефективних систем опалення та гарячого водопостачання.

Компанія Ariston (Італія) [28] виготовляє сталеві баки-акумулятори BC2S, які функціонують за методом непрямого нагрівання. Вони ефективно використовуються в системах з перетворювачами енергії сонячного випромінювання.

Бак захищений титановим емалевим покриттям і оснащений двома спіральними теплообмінниками. Є вихід для підключення комплекту рециркуляції. Використовується магнієвий анод. Комплект ТЕНів потужністю 3 кВт (200, 300 л) або 6 кВт (450 л). Ємність баків серії – від 200 до 450 л. Потужність - від 27 до 30 кВт. Продуктивність контуру

гарячого водопостачання (при $\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 671–757 л / год.
Максимальний робочий тиск в теплообміннику – 7 бар, робоча температура – до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2.13 – Загальний вигляд добового теплового бака-акумулятора BC2S

Компанія Bosch (Німеччина) пропонує баки непрямого нагріву води для використання з геліосистемами. Зокрема, вертикальні бівалентні баки WST 290/400-5 SCE і WST SK 500-1 Solar оснащені напірним емальованим резервуаром зі сталі.



Рисунок 2.14 – Загальний вигляд бака непрямого нагріву води типу WST

Теплоізоляція виготовлена з матеріалу без застосування фтор-хлор-вуглеводневих речовин. Кожух – з полівінілхлоридної плівки на пластифікованої основі. Для захисту від накипу є магнієвий анод. Баки мають функції запобігання перегріву води, захисту від замерзання, термічної дезінфекції. Об'єм баків-акумуляторів від 290 до 449 л. Габарити найменшого бака (висотах x діаметр) – 1835 x 600 мм. Вага – 115 кг. Максимальний робочий тиск – 10 бар. Крім того, компанія випускає комбінований сонячний бак-накопичувач WST SP 750 Solar (741 л). Він оснащений термометром, NTC-датчиком температури, нижньої гільзою для температурного датчика геліосистеми, магнієвим анодом, ручним пристроєм для видалення повітря. Бак є напірним сталевим резервуаром, у якому знаходиться внутрішній накопичувач гарячої води. Кожух – з ПВХ плівки з теплоізоляцією 100 мм, замок «блискавка» – на бічній стороні. Габарити 2040 x 950 мм. Вага – 237 кг. Максимальний робочий тиск – 10 бар.

Теплові баки-акумулятори, представлені фірмою Drazice (Чехія), об'ємом 250 – 1000 л можуть приєднуватись до декількох джерел енергії. Баки можна додатково обладнати одним або декількома електричними нагрівачами. Максимальний тиск бака – 6 бар. Максимальна температура опалювальної води в баку – 90 °С. Розміри найменшою моделі (висота × діаметр) – 1990 x 600 мм. Вага без води – 78 кг.

Компанія Vaillant (Німеччина) для систем енергозабезпечення з використанням енергії сонячного випромінювання пропонує бівалентні водонагрівачі непрямого нагріву auroSTOR VIH S 300 ... 2000, які мають два змійовикових теплообмінника, що працюють від сонячного контуру і контуру газового котла. Крім того в асортименті компанії – комбінована буферна накопичувальна ємність системи опалення з вбудованим водонагрівачем для гарячого водопостачання auroSTOR VPS SC 700 (система «бак в баку»). Для використання в поєднанні з тепловими насосами призначені ємнісні водонагрівачі непрямого нагріву geoSTOR

VIN RW 300, які мають зміювик з більшою площею теплообміну. У лінійці продукції також представлені буферні накопичувальні ємності для організації складних систем тепlopостачання з тепловими насосами, підлоговими і навісними газовими котлами всіх типів, твердопаливними котлами, сонячними системами: allSTOR VPS 500 ... 2000.

Баки-акумулятори компанії Viessmann (Німеччина) – це ємнісні водонагрівачі для приготування гарячої води в поєднанні з котлами та перетворювача енергії сонячного випромінювання: Vitocell 100-U (сталеві з внутрішнім підігрівом, з покриттям Ceraprotect, двома нагрівальними спіралями, 300 л); Vitocell 100-B (зі сталі з покриттям Ceraprotect, для бівалентного нагріву, 300 і 500 л); Vitocell 300-B (з нержавіючої сталі, для бівалентного нагріву, 300 і 500 л). Для приготування гарячої води з використанням теплових насосів і сонячних колекторів також рекомендуються сталеві ємнісні водонагрівачі Vitocell 100-V (тип CVW) обсягом 390 л.

Український виробник фірма «Автоматік» виготовляє теплоакумуляційні баки серій EA, EAB, EAI, виготовлені з чорної сталі без внутрішнього покриття. Термоізоляція виконана з м'якого пінополіуретану товщиною 100 мм. Обшивка виготовлена з штучної шкіри (дерматину). Максимальна робоча температура баків – 100 °С. Максимальний робочий тиск: для бака – 3 бар, для теплообмінника – 10 бар. Серія EAB має внутрішню ємність з нержавіючої сталі, а серія EAI – швидкісний теплообмінник з «нержавійки» для ГВП.

Теплові акумулятори фірми «Теплобак» (Україна) серії ВТП виготовляються з конструкційної сталі S235J і зсередини покриті біокерамічним полімерним покриттям.



Рисунок 2.15 – Загальний вигляд теплового добового акумулятора фірми «Теплобак»

Його еластичність запобігає утворенню мікротріщин на акумуляторі внаслідок температурних коливань і незначних деформацій. Залежно від моделі бак обладнаний одним (ВТП-1), двома (ВТП-2) або трьома (ВТП-3) фланцями, які безпосередньо призначені для монтажу додаткових фланцевих теплообмінників або сухих ТЕНів. У цих баках відсутні теплообмінники, вони використовуються для накопичення гарячої або холодної води. У баки ВТП-4 і ВТП-5 вбудований один теплообмінник з нержавіючої сталі в нижній частині бака для підключення будь-якого джерела тепла. Модель ВТП-6 обладнана двома теплообмінниками з нержавіючої сталі, які дають можливість експлуатувати бак в бівалентних системах. Теплоакумулятори серії ВТН виготовлені з харчової нержавіючої сталі марки AISI 304. Утворення накипу в цих баках запобігається за рахунок гладкості поверхні стінок бака і теплообмінника, а ревізійний фланець дозволяє очистити дно ємності від надлишкового накипу.

У конструкції теплоакумулятора моделі ВТН-1 передбачено наявність двох теплообмінників, які дозволяють використовувати бак в

бівалентних системах. У моделі ВТН-2 – один теплообмінник в нижній частині, до якого підключається будь-яке джерело тепла. Особливістю моделі ВТН-2-Плюс є використання в конструкції бака теплообмінника збільшеної площі, що дозволяє підвищити ефективність використання низькотемпературних джерел тепла. Теплоакумулятор моделі ВТН-3 – без теплообмінників, для використання в якості бака-накопичувача гарячої або холодної води. Ємність бака: ВТП – від 400 до 10000 л; ВТН – 400 – 4000 л. Максимальні робочі характеристики для обох серій: тиск – 6 бар; температура – 95 °С

Наявність такого широко спектру конструктивів добових теплових баків-акумуляторів призводить до необхідності проведення розрахунку параметрів, пов'язаних з потужністю системи енергозабезпечення.

Для розрахунку системи теплозабезпечення пропонується алгоритм розрахунку основних параметрів бака-акумулятора. Відповідно до нього необхідно визначити:

- геометричні параметри бака-акумулятора (наприклад, приймаємо у вигляді циліндру);
- наявність електричного догрівача;
- температура робочої речовини усередині бака-акумулятора $t_{\alpha}=55-60^{\circ}\text{C}$ (відповідно до вимог державних стандартів);
- температура навколишнього середовища $t_{\text{зов}}=21^{\circ}\text{C}$ (відповідно до ДСТУ-НБВ.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків»);

Відповідно до запропонованого алгоритму, проводиться:

- визначення оптимальної товщини теплоізолюючого прошарку

$$\delta_{i3} = \frac{2 \cdot \lambda_{i3}}{d_{\text{вн}}}, \quad (\text{м}) \quad (2.92)$$

де: λ_{i3} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляційного прошарку;

$d_{\text{вн}}$ – діаметр внутрішньої поверхні бака-акумулятора.

– визначення зовнішнього діаметра бака акумулятора

$$d_{зоб.} = d_{вн.} + 2 \cdot \delta_{із}, \quad (м) \quad (2.93)$$

де: $d_{зоб.}$ – зовнішній діаметр добового теплового акумулятора.

– визначення термічного опору теплоізоляції

$$R_{із} = \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}, \quad (2.94)$$

де: $R_{із}$ – термічний опір теплоізоляції, ($м^2 \cdot Вт/К$).

– визначення внутрішньої площі теплоізоляції

$$F_{вн} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2}{4} + H \cdot \pi \cdot d_{вн}, \quad (2.95)$$

де: $F_{вн}$ – площа внутрішнього прошарку теплоізоляції добового теплового баку-акумулятора, ($м^2$).

– визначення зовнішньої площі теплоізоляції:

$$F_{зоб.} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{зоб.}^2}{4} + H \cdot \pi \cdot d_{зоб.}, \quad (2.96)$$

де: $F_{зоб.}$ – площа зовнішнього прошарку теплоізоляції добового теплового баку-акумулятора. ($м^2$).

– визначення розрахункової площі шару теплоізоляції:

$$F_{із} = \frac{F_{вн} + F_{зоб.}}{2}, \quad (2.97)$$

де: $F_{із}$ – площа прошарку теплоізоляції добового теплового баку-акумулятора, $м^2$.

– визначення витрат теплоти крізь стінки баку-акумулятора

$$Q = \frac{F_{із}}{R_{із}} \cdot (t_a - t_n), \quad (2.98)$$

де: Q – витрати теплоти крізь стінки бака-акумулятора, Вт.

2.6 Розширювальний бак як елемент системи енергозабезпечення

При розрахунку системи енергозабезпечення споруди необхідним є розміщення такого конструктивного елемента як розширювальний бак. Розширювальний бак, або експанзомат (від англійського «expanse» – розширювати), виконує такі функції:

– компенсує надлишок води, який утворюється в процесі нагрівання;

– поповнює нестачу води при зниженні температури, або в разі незначних втрат.

Алгоритм його розрахунку наведено нижче.

1. Визначення граничного тиску повітря подушки:

$$P_0 = P_{CT} + 0,3 \cdot 10^5 + P_D, \quad (2.99)$$

де: P_D – тиск насиченої пари при максимальній температурі (табл. 2.6)

P_{CT} – статистичний тиск стовпа рідини (Па). Визначається за наступною залежністю:

$$P_{CT} = H \cdot g \cdot \rho_{ПГ} \quad (2.100)$$

2. Визначення величини максимального робочого тиску:

$$P_e = P_{sv} - 0,5 \cdot 10^5, \quad (2.101)$$

де: P_{sv} – максимальний тиск в системі. Вищезазначена залежність прийнятна за умови $P_{sv} < 5 \cdot 10^5$ Па. Максимальний тиск в системі відповідає залежності:

$$P_{sv} = H_{emp} \cdot g \cdot \rho_{ПГ} + P_{CT}, \quad (2.102)$$

Значення коефіцієнту розширення та тиску пари для температур

t° C	40	50	60	70	80	90	100	105	110
Вода,	0,0074	0,0118	0,0168	0,0224	0,0287	0,0356	0,0432	0,0472	0,0514
P _д , бар	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,4
П-г.,	0,0239	0,0300	0,0364	0,0431	0,0502	0,0576	0,0653	0,0693	0,0735
P _д , бар	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2

3. Розрахунок об'єму розширення:

$$V_B = V_\alpha \cdot \varepsilon' + V_r, \quad (2.103)$$

де: V_α – фактичний об'єм теплоносія в контурі, розраховується за залежністю $V_\alpha = V_{об. акум} + V_{об. гк} + V_{об. пар}$;

ε' – коефіцієнт розширення (табл. 2.6);

$V_\alpha \cdot \varepsilon'$ – фізичний об'єм розширення;

V_r – резервний об'єм розширення, який розраховується за залежністю:

$$V_r = V_\alpha \cdot 0,5\% + 0,8л \quad (2.104)$$

4. Розрахунок об'єму бака в початковому стані проводиться виходячи із закону Бойля-Маріотта для початкового P_0 і максимального P_e тиску:

$$P_0 \cdot V_n = P_e \cdot V_2 \quad (2.105)$$

де: V_n – об'єм бака в початковому стані

V_2 – об'єм розширення теплоносія. $V_2 = V_n - V_B$

5. Визначення коефіцієнту стискання

$$K = \frac{P_e - P_0}{P_e} \quad (2.106)$$

Таким чином, для розрахунку об'єму розширювального бака доцільно використовувати залежність:

$$V_n = \frac{V_B}{K}. \quad (2.107)$$

Виходячи з отриманих параметрів проводиться вибір з наявного промислового асортименту розширювальних баків.

У системі теплозабезпечення необхідним конструктивним елементом є насосна група. До цієї групи можна віднести відцентрові насоси.

Пропонується алгоритм розрахунку відцентрового насосу, який передбачає вибір конструкції (наприклад, одноступінчасту відцентрову конструкцію).

– визначення витрат теплоносія:

$$Q_m = Q_{\text{сум.}} \cdot 1,5, \text{ (Вт);}$$

$$m = \frac{Q_m}{C_p \cdot (t_2 - t_1)}, \text{ (кг/с);}$$

– визначення об'ємних витрат рідини:

$$Q = \frac{m}{\rho}, \text{ (м}^3\text{/с);}$$

– визначення потрібного напору:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}, \text{ (м);}$$

– визначення коефіцієнту швидкохідності:

$$n_s = 3.65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}};$$

– визначення об'ємного ККД:

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 0.68 \cdot n_s^{-\frac{2}{3}}};$$

– визначення гідравлічного ККД:

$$D_{зв} = 4.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}, \text{ (м);}$$

$$\eta_z = 1 - \frac{0.42}{(\log(D_{36}) - 0.172)^2};$$

– визначення механічного ККД: приймаємо $\eta_{\text{мех}} = 0.95$;

– визначення дискового ККД: приймаємо $\eta_d = 0.92$;

– визначення загального ККД:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_d;$$

– визначення потужності насосу:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \frac{H}{\eta}, (Вт);$$

– визначення крутного моменту на валу:

$$M_{кр} = 97500 \cdot \frac{N}{\eta}, (кгс/см);$$

– визначення діаметру вала та втулки:

$$\tau_{дон} = 10 \cdot 10^7 \left(\frac{кгс}{см^2} \right);$$

$$d_в = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0.2 \cdot \tau_{дон}}}, (м);$$

приймаємо діаметр вала та діаметр втулки:

$$d_в = d_{вт} = 0.01 (м);$$

– визначення витрат через робоче колесо:

$$Q' = \frac{Q}{\eta_{об}}, (м^3/с);$$

– визначення діаметру вхідного патрубку та входу до лопаток:

$$D_0 = 4.5 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q'}{n}}, (м);$$

$$D_0 = D_1, (м);$$

– визначення висоти лопаток на вході:

$$\xi = 1;$$

$$b_1 = \frac{D_0^2 - d_{em}^2}{4 \cdot D_1 \cdot \xi}, \text{ (м)}$$

– визначення меридіональної складової швидкості на вході:

$$C_{m1} = \frac{Q' \cdot K_1}{\pi \cdot D_1 \cdot b_1}, \text{ (м/с);}$$

наприклад, $K_1 = 1,12$.

– визначення колової швидкості:

$$U_1 = \frac{\pi \cdot n \cdot D_1}{60}, \text{ (м/с);}$$

- визначення кутового потоку на вході:

$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{C_{m1}}{U_1}\right)$$

– визначення кутової установки лопаток на вході в колесо:

$$\beta_{1л} = \beta_1 + i;$$

наприклад, $i=5$.

– визначення товщини лопаток:

$$\delta_{1л} = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ (м);}$$

– визначення кількості лопаток:

$$z = \left(1 - \frac{1}{K_1}\right) \cdot \frac{\pi \cdot D_1 \cdot \sin(\beta_{1л})}{\delta_{1л}}$$

– визначення кількості лопаток: наприклад, приймаємо $z = 6$;

– визначення теоретичного напору насосу:

$$H_m = \frac{H}{\eta_z}, \text{ (м);}$$

– визначення колової швидкості на виході з колеса:

$$U_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot H_m}{\bar{H}_m}}, \text{ (м/с);}$$

наприклад, $\bar{H}_m = 0.75$.

– визначення зовнішнього діаметру колеса:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ (рад/с);}$$

$$D_2 = \frac{2 \cdot U_2}{\omega}, \text{ (м);}$$

– визначення меридіональної складової швидкості на виході з колеса:

$$C_{m2} = 1.05 \cdot C_{m1}, \text{ (м/с);}$$

– визначення висоти лопатки на виході з колеса:

$$b_2 = \frac{K_2 \cdot Q'}{\pi \cdot D_2 \cdot C_{m2}}, \text{ (м);}$$

наприклад, $K_2=1,1$.

– визначення кута установки лопаток на виході з колеса:

вибираємо кут установки на виході, наприклад, $\beta_{2л} = 30^\circ$;

– визначення поправки на кінцеву кількість лопаток:

$$\psi = 0.6 + \sin(\beta_{2л});$$

$$P_\infty = 2 \cdot \frac{\psi}{z} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}, \text{ (Па);}$$

– визначення теоретичного напору при нескінченній кількості лопаток:

$$H_\infty = (1 + P_\infty) \cdot H_m, \text{ (м);}$$

– визначення колової швидкості у другому наближенні:

$$U_2' = \frac{C_{2m}}{\operatorname{tg}(\beta_{2л})} + \sqrt{\frac{C_{2m}}{2 \cdot \operatorname{tg}(\beta_{2л})} + H_\infty}, \text{ (м/с);}$$

$$\frac{|U_2 - U_2'|}{U_2};$$

– визначення діаметру колеса у другому наближенні:

$$D_2' = \frac{2 \cdot U_2'}{\omega}, (\text{м});$$

– визначення колової потужності:

$$\eta_{\text{зк}} = \frac{H_m}{H_m};$$

$$C_{2U} = 0.72 \cdot U_2', (\text{м/с});$$

$$H_{\text{см}} = \eta_{\text{зк}} \cdot H_m - \frac{C_{2U}^2}{2}, (\text{м});$$

$$D_y = \frac{D_1 + D_2'}{2}, (\text{м});$$

$$R_y = 0.5 \cdot D_y, (\text{м});$$

$$R_2 = \frac{D_2}{2}, (\text{м});$$

$$\Delta P_y = H_{\text{см}} - \frac{U_2'^2}{8} \cdot \left[1 - \left(\frac{R_y}{R_2} \right)^2 \right], (\text{Па});$$

Приймаємо, наприклад, $\mu=0,4$ та $\delta_y = 0,001$, (м).

$$Q_{\text{утеч}} = \mu \cdot \pi \cdot D_y \cdot \delta_y \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P_y}, (\text{м}^3/\text{с});$$

$$Q' = Q + Q_{\text{утеч}};$$

$$N_u = H_m \cdot Q' \cdot \rho \cdot g, (\text{Вт}).$$

Для розрахунку вихідного пристрою проводиться визначення:

– радіусу входу в дифузор:

$$R_2' = 1.05 \cdot R_2, (\text{м});$$

– кута потоку на виході:

$$\alpha_2 = \arctg \left(\frac{C_{m2}}{C_{2u}} \right);$$

– радіусу спірального збірника:

$$R'(\varphi) = R_2' \cdot e^{\frac{b_2}{b_2'} \cdot \text{tg}(\alpha_2) \cdot \varphi};$$

$$R(\varphi) = \frac{R(0) + R'(\varphi)}{2}.$$

Дані розрахунку заносять до табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Радіус спірального збірника

№	$\varphi, (^\circ)$	$R, (м)$
1	0	0,02781
2	30	0,02905
3	60	0,03040
4	90	0,03189
5	120	0,03351
6	150	0,03528
7	180	0,03722
8	210	0,03934
9	240	0,04166
10	270	0,04420
11	300	0,04697
12	330	0,05000
13	360	0,05331

– середнього радіусу спіралі у вихідному перерізі:

$$R_{ср} = \frac{R(360) + R_2'}{2}, (м);$$

– середньої швидкості у вихідному перерізі:

$$C_{ср} = \frac{C_{2U} \cdot R_2'}{R_{ср}}, (м/с);$$

– площі виходу зі спірального дифузору:

$$f_{\kappa} = \frac{Q}{C_{ср}}, (м^2);$$

Приймаємо величину $C_{вих}$, наприклад, $C_{вих}=3$ м/с.

$$f_{вих} = \frac{Q}{C_{вих}}, (M^2);$$

– діаметру входу в конічний дифузор:

$$d_{\kappa} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\kappa}}{\pi}}, (M);$$

– діаметру виходу з конічного дифузору:

$$d_{вих} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{вих}}{\pi}}, (M);$$

– довжини дифузору:

$$l_{\kappa} = 6 \cdot d_{\kappa}, (M);$$

– довжини циліндричної частини дифузору:

$$l_{\kappa y} = 0.25 \cdot l_{\kappa}, (M);$$

– діаметру вхідного пристрою:

Приймаємо $C_{вх}$, наприклад, $C_{вх}=4$ м/с.

$$F_{вх} = \frac{Q}{C_{вх}}, (M^2);$$

$$d_{вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{вх}}{\pi}}, (M).$$

Контрольні питання для перевірки знань до розділу 2:

1. Які регіональні особливості необхідно враховувати при проектуванні енергоефективних споруд?
2. Які особливості утилізації тепла при використанні відновлюваних джерел енергії?
3. Які фактори визначають доцільність підвищення теплоізоляції базових огорожень споруди?
4. Яка послідовність виконання теплотехнічних розрахунків заходів з енергозбереження?
5. Які заходи енергозбереження необхідно передбачити при проектуванні систем енергозабезпечення?

6. Яка споруда вважається енергоактивною?

7. Які фактори сприяють підвищенню ступеню використання відновлюваних джерел енергії в системах енергозабезпечення споруд різного призначення.?

8. Які прийоми розміщення перетворювачів енергії сонячного випромінювання в теплову енергію в об'ємнопросторовій структурі споруд?

9. Які особливості необхідно враховувати при проектуванні систем енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії?

10. Наведіть приклади комплексного використання відновлюваних джерел енергії.

Список використаної літератури

1. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л. О возможности интеграции солнечных систем тепло- и горячего водоснабжения в существующие теплосети / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А. К. КУЗИН, П. А. КАПУСТЕНКО, Л. М. УЛЬЕВ // Щоквартальний науково-практичний журнал «Інтегровані технології та енергозбереження». – Харків: НТУ «ХПИ», 2003. – №2. – С.34-37.

2. ВЕРБОВСКИЙ В. С. Децентрализация электроснабжения с помощью автономных электростанций / В. С. ВЕРБОВСКИЙ, Н. Ю. ПАВЛЮК // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – №3. – С.26-36.

3. ГАБРИНЕЦЬ В. О. Формування схемних рішень системи акліматизації споруд в робочому середовищі альтернативних джерел енергії: монографія / В. О. ГАБРИНЕЦЬ, Л. В. НАКАШИДЗЕ, Г. І. СОКОЛ, О. Л. МАРЧЕНКО, Т. В. ГІЛЬОРМЕ. – Дніпро: ДНУ імені Олеся Гончара, ПП «Ліра ЛТД», 2016. – 146 с.

4. ТАБУНЩИКОВ Ю. А. Энергоэффективное высотное здание [Електрон. ресурс] / Ю. А. ТАБУНЩИКОВ, Н. В. ШИЛКИН, М. М. БРОДАЧ // АВОК. – 2002. – №3. – Режим доступу: [http:// www.abok.ru.html](http://www.abok.ru.html).

5. Мхитарян Н. М. Гелиоэнергетика. Системы, технологии, применение / Н. М. Мхитарян. – К.: Наукова думка, 2002. – 290 с.
6. Ртищева А. С. Методы моделирования теплоэнергетических процессов: Методические материалы / А. С. Ртищева. – Ульяновск: Типография УлГТ, 2007. – 328 с.
7. Сиворакша В. Ю. Теплові розрахунки геліосистем: монографія / В. Ю. Сиворакша, В. Л. Марков, Б. Є Петров ін. – Д.: ДНУ, 2003. – 123с.
8. Сиворакша В. Е. Оценка эффективности использования солнечной энергии в отопительной системе / В. Е. Сиворакша, В. Л. Марков, Б. Е. Петров, К. Е. Золотько // Экотехнологии и ресурсосбережение. – К., 2005. – №6. – С. 15–18.
9. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. / Г. Раушенбах. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 397 с.
10. Трофименко А. В. Методичні вказівки до розрахунку сонячного колектора / А. В. Трофименко. – Д.: ДНУ, 2006. – 24с.
11. Тепло- и массообмен. Технический эксперимент: Справочник / Под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 513 с.
12. Бобров Ю. Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 268 с.
13. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 33 с.
14. Фокин В. М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена / В. М. Фокин, Г. П. Бойков, Ю. В. Видин. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2005. – 192 с.
15. Накашидзе Л. В. Основные элементы инновационной комплексной системы климатизации, с использованием энергии альтернативных источников / Л. В. Накашидзе, В. А. Габринец //

Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития: Сб. научн. трудов. – Вып. 68. – Дн-ск: ГВУЗПГАСА, 2013. – С. 240-243.

16. Накашидзе Л.В. Улучшение эксплуатационных характеристик сооружений при использовании энергии альтернативных источников / Л. В. Накашидзе // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2014. – №23. – С. 84-89.

17. Габрінець В. О. Особливості побудови енергоактивних огорожень у складі систем енергозабезпечення на основі ВДЕ / В. О. Габрінець, Л. В. Накашидзе В. Л. Марков, С. О. Митрохов. Г. І. Зарівняк // Відновлювана енергетика. – №3. – К.: ІВЕ НАН України, 2010. – С. 31-34.

18. Накашидзе Л. В. Вибір конструкційних матеріалів для сонячного колектора / Л. В. Накашидзе // Відновлювана енергетика. – №2. – К.: ІВЕ НАН України, 2012. – С. 6-13.

19. Накашидзе Л. В. Основні вимоги до енергоактивних огорожень / Л. В. Накашидзе // Відновлювана енергетика. – №1. – К.: ІВЕ НАН України, 2013. – С. 48-51.

20. Накашидзе Л. В. Теплотехнічні особливості побудови енергоактивного огороження / Л. В. Накашидзе // Відновлювана енергетика. – №2. – К.: ІВЕ НАН України, 2013. – С. 49-53.

21. Накашидзе Л. В. Некоторые особенности теплообмена в энергоактивных ограждающих конструкциях / Л. В. Накашидзе // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. Сб. научн. трудов. – Вып. 69. – Дн-ск: ГВУЗПГАСА, 2013. – С. 59-66.

22. Патент на корисну модель UA 109070, Україна, МПК F24G 2/50, E04B 1/76 Енергоактивне огороження /

Л. В. Накашидзе, М.В. Шевченко, В. О. Габрінець (Україна), опубл. 01.08.2016. бюл №15, заявл. 16.02.2016

23. Габрінець В. О. Дослідження особливостей побудови енергоактивних огорожень як елементів систем енергозабезпечення / В. О. Габрінець, В. Л. Марков, Г. І. Зарівняк, С. О. Митрохов // Проблемы высокотемпературной техники: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2011. – С. 7-14.

24. Пат. на корисну модель 61489, Україна МПК F24G 2/50, E04B 1/76 Енергоактивне огороження / В. О. Габрінець, Г. І. Зарівняк, С. О. Митрохов, Л. В. Накашидзе (Україна), № u201014333; Заявл. 30.11.2010, Видача патенту 25.07.2011, бюл. №14.

25. Страшко В. В. Методика експериментального определения температуры поверхности гелиопрофиля ТЕПС / В. В. Страшко // Научно-технический журнал «Экотехнологии и ресурсосбережение» – 2007. – №1. – С.25-28.

26. Страшко В. В. Совместная работа энергоактивной ограждающей конструкции и грунтового сезонного аккумулятора тепла в режиме зарядки / В. В. Страшко // Научно-технический журнал «Энергосбережение и ресурсосбережение». – 2009. – №5. – С.31-36.

27. Ogorek J. Sonnenheizung mit Zukunft / J. Ogorek // Mod. Gebäudetechn. – 2002. – №1-2. – P. 12-15.

28. Баки-аккумуляторы тепла [Електрон.ресурс]. – Режим доступа: <https://aw-therm.com.ua/baki-akkumulyatory-tepla>

29. Применение сезонного грунтового аккумулятора, работающего без теплового насоса [Електрон.ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekopower.ru/primenenie-sezonnogo-gruntovogo-akk/>

30. Energy Building / Ediled by E. V. Sarnatsky and N. P. Selivanov. – Moscow: Stroyizdat, 1987. – 376 p.

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ІННОВАЦІЙ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Питання, що розглядаються у темі

- 3.1. Проектний аналіз (інвестиційний аналіз) комерційної спроможності проектів з енергозбереження
- 3.2 Дослідження чутливості результуючого показника при запровадженні енергозберігаючих проектів
- 3.3 Маржинальний аналіз як інструмент прийняття управлінських рішень щодо запровадження проектів з енергозбереження
- 3.4 Концепція життєвого циклу проектів
- 3.5 Ефективність впровадження технічних пропозицій з енергозбереження
- 3.6 Методика визначення вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження
- 3.7 Організаційно-економічні засади дослідження технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження

У результаті розробки технічного аспекту проекту з енергозбереження суб'єкт господарювання (промислові підприємства, підприємства сфери ЖКГ, сільськогосподарські тощо) і фізичні особи отримують у своє розпорядження програму технічної модернізації енергетичної системи. Для реалізації даної програми потрібні значні інвестиції. Необхідно показати привабливість енергоефективного проекту для всіх груп стейкхолдерів (зацікавлених осіб): енергогенеруючих, енергорозподільчих та енергоспоживчих груп (промислові об'єкти, об'єднання співвласників багатоквартирних будинків – ОСББ та ін.),

інвесторів. Сьогодні існує велика кількість теоретичних та практичних методичних розробок оцінювання привабливості проектів, зокрема заходів з енергозбереження. На ринку розповсюджено безліч програмних IT-програм, що дозволяють провести необхідний аналіз та сформулювати висновки щодо доцільності альтернативних проектів.

3.1. Проектний аналіз (інвестиційний аналіз) комерційної спроможності проектів з енергозбереження

Для всіх інвестиційних проектів притаманний часовий лаг (затримка) між моментом початку інвестування й моментом, коли проект починає приносити прибуток. Рентабельність, вартість відкладених рішень і відхилення від витрат є головними параметрами для ухвалення рішень з енергетичних питань, особливо якщо планується проводитися модернізація підприємства при впровадженні енергозберігаючих технологій на основі застосування альтернативних джерел енергії.

Існують декілька методів розрахунку часу для повернення інвестицій при впровадженні енергозберігаючих проектів: від простого та регульованого терміну окупності до більш складного розрахунку витрат «часу життя» (термін служби проекту або LCC) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Показники розрахунку часу, необхідного для повернення інвестицій при впровадженні енергозберігаючих проектів

№ з/п	Найменування показника	Формула розрахунку	Особливості показника
1	2	3	4
1	Простий термін окупності	$SPP \text{ (рік)} = (In/ES \text{ (за рік)})$ де SPP – простий термін окупності; In – початкові інвестиції; ES – щорічні заощадження енергії проекту за поточними цінами.	Швидкі, прості та зрозумілі розрахунки надають суттєві дані для невеликих і середніх інвестицій. Вони також забезпечують «первісну оцінку» для великих інвестицій. Метою цих розрахунків є визначення того, коли будуть компенсовані кошти, інвестовані в конкретний проект.

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
2 2.1	Приведений термін окупності Зміни в експлуатації та обслуговуванні (O&M)	$APP_{O\&M}(pik) = \frac{I}{ES_n + Mm_n}$ <p>де: $APP_{O\&M}$ – термін окупності, наведений з урахуванням O&M; ES_n – щорічні заощадження енергії проекту на період аналізу; Mm_n – різні витрати на експлуатацію і обслуговування на період аналізу; n – період аналізу.</p>	Нове обладнання може потребувати більше або менше робіт на O&M.
2.2	Зміни в енергетичних витратах	$APP_e(pik) = \frac{I}{E_{n1} + E_{n2} + E_{n3}}$ <p>де: APP_e – термін окупності, наведений для проектних енерговитрат; E_{n1}, E_{n2}, E_{n3} – зниження проектних енерговитрат відповідно на 1, 2, 3 роки.</p>	Термін окупності є функцією енергетичних витрат, цей підхід може більш точно відображати вплив нестабільності цін на енергію. Складність полягає в передбаченні майбутніх енергетичних витрат.
3	Спрощений оборот грошових коштів	$SCF = (E_n + O\&M_n) - I_n$ <p>де SCF – спрощений оборот грошових коштів; E_n – заощадження витрат за енергію за період часу; $O\&M_n$ – заощадження витрат на обслуговування і експлуатацію за період часу.</p>	SCF зважає різницю у витратах на спожите паливо плюс різницю у витратах на обслуговування та експлуатацію (O&M).
4	Витрати «часу життя» (проекту)	$LCC = I - S + M + R + C_e$ <p>де LCC – витрати «часу життя» (проекту); I – капітальні витрати (інвестування); S – ліквідаційна вартість; M – витрати на експлуатацію; R – витрати на заміну; C_e – витрати на енергію.</p>	Врахування факторів: ліквідаційна вартість, строк служби обладнання, податки, відсоток та ін.
5	Вартість відкладених рішень	$CoD = - (E_n + O\&M_n) + I_n$ <p>де CoD – вартість відкладених рішень; E_n – заощадження витрат за енергію за період часу.</p>	Потенційні заощадження дорівнюють таким же потенційним втратам, якщо підприємство не застосовує енергозберігаючі технології.

Для наочності розрахунків показників розрахунку часу, необхідного для повернення інвестицій при впровадженні енергозберігаючих проектів, наведемо декілька прикладів.

Приклад 3.1. Запропоновані до впровадження три винаходи альтернативних джерел енергії, дані у табл. 3.2. Необхідно визначити, який з трьох проектів є найбільш рентабельним за показником індексу доходності.

Таблиця 3.2

Дані за запропонованими до впровадження винаходів
альтернативних джерел енергії

№ винаходу	Необхідна сума інвестицій на впровадження, млн. грн.	Передбачуваний дохід від впровадження, млн. грн.
1	20	8
2	40	10
3	50	14

Визначимо індекс доходності за формулою (3.1):

$$I_{дох} = \frac{D_t}{K_t} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де: $I_{дох}$ – індекс доходності проекту, відсоток;

D_t – передбачуваний дохід від впровадження, грн.;

K_t – розмір інвестицій, грн.;

t – період впровадження, роки.

По першому винаходу:

$$I_{дох}^1 = \frac{8 \text{ млн.}}{20 \text{ млн.}} \times 100\% = 40\% .$$

По другому винаходу:

$$I_{дох}^2 = \frac{10 \text{ млн.}}{40 \text{ млн.}} \times 100\% = 25\%$$

По третьому винаходу:

$$I_{дох}^3 = \frac{14 \text{ млн.}}{50 \text{ млн.}} \times 100\% = 28\%$$

При виборі винаходів за показником індексу доходності використовують умову: $I_{дох} \rightarrow \max$. Відповідно, обирається економічно

доцільним буде вибір винаходу № 1 – у нього найбільший індекс доходності (40 %).

Приклад 3.2. Вартість інноваційного проекту з енергозбереження на основі використання альтернативних джерел енергії 15 млн. грн. (нульовий рік впровадження). Очікування грошові потоки для даного проекту на три роки представлені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Грошові потоки за інноваційним проектом з енергозбереження

Рік	0	1	2	3
Грошовий потік, млн. грн.	- 150	77	82	90

Ставка дисконтування дорівнює 23 %. Необхідно оцінити проект за такими показниками та зробити висновки щодо економічної доцільності впровадження проекту: чистий дисконтований дохід (NPV), внутрішня норма прибутковості (IRR), період окупності інноваційного проекту (PP), дисконтований період окупності проекту (DPP), індекс прибутковості (PI), коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту (ARR).

Чистий дисконтований дохід (NPV) – це поточна вартість майбутніх доходів (різниці надходжень і витрат) за мінусом витрат поточного періоду. NPV враховує залежність потоків коштів від часу. Якщо $NPV > 0$, то протягом свого життя інноваційний проект відшкодує первинні витрати й забезпечить одержання прибутку. Негативна величина NPV означає, що задана норма прибутку не забезпечується, і проект є збитковим. При $NPV = 0$ проект тільки окупає видатки, але ще не приносить доходу. Чистий дисконтований дохід визначається за (3.2):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t} \quad (3.2)$$

де: NPV (Net Present Value) – чистий дисконтований дохід, грн.;

CF (Cash Flow) – грошовий потік в t рік, грн.;

d – ставка дисконтування, яка заснована на прогнозі необхідної прибутковості.

Таблиця 3.4

Розрахунок чистого дисконтованого доходу (NPV)

Рік	Грошовий потік (CF), млн. грн.	Коефіцієнт дисконту (23 %) $1/(1+d)^t$	Сума PV (Present Value), грн. (при $d=23\%$), млн. грн.
0	- 150	1	- 150
1	77	0,813	$77 \times 0,813 = 62,6$
2	82	0,661	$82 \times 0,661 = 54,20$
3	90	0,537	$90 \times 0,537 = 48,36$
NPV при $d=23\%$:			$-150+62,6+54,2+48,36 = 15,17$ млн. грн.

Але для зменшення трудомісткості процесів розрахунків можливо використати різноманітні програмні продукти. Так, у наших прикладах при розрахунках використано MS Excel 2016. Розрахунок чистого дисконтованого доходу (NPV) за допомогою фінансової функції **ЧПС**. На рис. 3.1. представлено показано скріншот розрахунків, на рис. 3.2 – розраховані значення.

За результатами розрахунків чистого дисконтованого доходу можливо зробити висновок, що **NPV > 0**, тобто протягом свого життя інноваційний проект відшкодує первинні витрати й забезпечить одержання прибутку.

Внутрішня норма прибутковості (IRR) – норма дисконту, при якому поточна приведена вартість майбутніх надходжень на даний інноваційний проект буде дорівнює витратам на ці інновації. Визначається методом ітеративного підбору; коли чиста наведена вартість, тобто різниця між наведеними наявними витратами на інноваційний проект і наведеними наявними надходженнями (тобто прибуток) по даному проекту буде дорівнювати нулю, ставка дисконтування, що дала б такий результат, і буде внутрішньою нормою прибутку по проекту.

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Ставка дисконтування, d=			23
3						
4			Грошові потоки			
5		Період	"+"	"-"	Фактор	PV
6		0		150	=1/СТЕПЕНЬ(1+\$F\$2/100;B6)	=-D6*E6
7		1	77		=1/СТЕПЕНЬ(1+\$F\$2/100;B7)	=C7*E7
8		2	82		=1/СТЕПЕНЬ(1+\$F\$2/100;B8)	=C8*E8
9		3	90		=1/СТЕПЕНЬ(1+\$F\$2/100;B9)	=C9*E9
10			=СУММ(C6:C9)	=СУММ(D6:D9)		=СУММ(F6:F9)
11						
12		NPV=	=ЧПС(F2/100;C6:C9)-D6			

Рисунок 3.1 – Розрахунок NPV за прикладом 3.2 (скрін з екрану)

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Ставка дисконтування, d=			23
3						
4			Грошові потоки			
5		Період	"+"	"-"	Фактор	PV
6		0		150	1	-150
7		1	77		0,813	62,60
8		2	82		0,661	54,20
9		3	90		0,537	48,36
10			249	150		15,17
11						
12		NPV=	15,17			

Рисунок 3.2 – Розраховані значення NPV за прикладом 3.2 (скрін з екрану)

Розраховується IRR за (3.3):

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{NCF_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3.3)$$

де: IRR (Internal Rate of Return) – внутрішня норма прибутковості;
NCF – чистий грошовий потік, грн.

У випадку, коли грошові потоки нерівномірні, і жодні комп'ютерні програми недоступні, IRR може бути знайдена таким чином:

1. Розрахуємо NPV, використовуючи процентну ставку d_1 .
2. NPV позитивна, тоді виберемо іншу ставку d_2 вище, ніж d_1 (наприклад, 27%).
3. Розрахуємо NPV, використовуючи d_2 .
4. Для підвищення точності розрахунків повторить процедуру кілька разів, щоб інтервал (d_1 - d_2) був мінімальним і можна було вибрати значення IRR з даного інтервалу. У нашому прикладі $d_2 = 29\%$.

Таблиця 3.5

Розрахунок внутрішньої норми прибутковості (IRR)

Рік	Грошовий потік (CF), млн. грн.	Коефіцієнт дисконту ($d = 30\%$)	Сума PV, грн. (при 30 %)
0	- 150	1	- 150
1	77	0,77	$77 \times 0,77 = 59,29$
2	82	0,59	$82 \times 0,59 = 48,38$
3	90	0,46	$90 \times 0,46 = 41,4$
Разом NPV при ставці $d=30\%$:			-150+59,29+48,38+41,4= - 1,23 млн. грн.

При зміні ставки з 23 % до 30 %, NPV стало негативним (з 15,17 млн. грн. до - 1,23 грн.), отже, у цьому інтервалі $NPV = 0$ (при якійсь ставці більшої 23 %, але меншої 30 %).

Тепер розрахуємо величину IRR:

$$IRR = 23\% + \left[(15,17 - 0) \cdot \frac{(30\% - 23\%)}{(15,17 - (-1,23))} \right] = 23\% + 6,41\% = 29,41\%$$

IRR більше ставки дисконту (29,59 % > 23 %), інноваційний проект можна прийняти.

Для визначення IRR в Excel використовуються вбудована функція =ЧИСТВНДОХ (). У нас в прикладі доход від проекту подав у різні інтервали часу. Для цього можна використовувати фінансову функцію

Excel = ВСД () (рис. 3.3 та рис. 3.4). В підсумку прибутковість від вкладень до інвестиційного проекту складає 29,59 %.

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Ставка дисконтування, d=			23
3						
4		Період	CF			
5		0	-150			
6		1	77			
7		2	82			
8		3	90			
9			=СУММ(C5:C8)			
10						
11		IRR=	=ВСД(C5:C8;F2/100)			

Рисунок 3.3 – Розрахунок IRR за прикладом 3.2 (скрін з екрану)

Період окупності проекту (PP) – тривалість періоду, яке необхідне для повного відшкодування інвестиційних витрат по проекті. Тобто він вимірює відрізок часу, необхідний для відшкодування суми початкових інвестицій.

Він розраховується розподілом початкових інвестицій на грошові потоки від інноваційного проекту (якщо грошові потоки постійні й незмінні) за формулою (3.4):

$$PP = \frac{IC}{CF} \quad (3.4)$$

де: PP (Pay-Back Period) – період окупності проекту, років;

IC – сума інвестицій, які спрямовані на інноваційний проект, грн.;

CF (Cash Flow) – чистий грошовий потік (постійний), грн.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Ставка дисконтування, d=				23
3						
4		Період	CF			
5		0	-150			
6		1	77			
7		2	82			
8		3	90			
9			99			
10						
11		IRR=	29,41%			

Рисунок 3.4 – Розраховані значення IRR за прикладом 3.2 (скрін з екрану)

У випадку, коли чисті грошові потоки нерівномірні, період окупності може бути знайдений як підсумовування сукупних грошових потоків.

Таблиця 3.6

Розрахунок сукупного грошового потоку

Рік	Грошовий потік (CF), млн. грн.	Сукупний грошовий потік, млн. грн.
0	- 150	
1	77	77
2	82	159
3	90	249

Можна побачити, що період окупності менше 2 років, тому що сукупний потік за 2 роки більше первісних інвестицій (159 млн. грн. > 150 млн. грн.). Розрахуємо строк окупності на другому році для інвестицій, що не окупилися, після першого року:

$$PP = 1 + \frac{150 - 77}{159} = 1.46 \text{ роки} .$$

Строк окупності інноваційного проекту складає близько 2 роки.

Дисконтований період окупності проекту (DPP) – тривалість періоду, протягом якого сума чистих доходів, дисконтованих на момент

завершення інвестицій, буде дорівнювати сумі інвестицій, та визначається за формулою (3.5):

$$DPP = \frac{IC}{\overline{PV}_t} \quad (3.5)$$

де: DPP (Discounted Payback Period) – дисконтований період окупності, років;

\overline{PV}_t – середня величина грошових надходжень у періоді t , грн.;

У нашому прикладі:

$$IC = 150 \text{ млн. грн.}, \quad \overline{PV}_t = \frac{62,6 + 54,24 + 48,36}{3} = 55,07 \text{ млн. грн.}$$

$$DPP = \frac{150}{55,07} = 2,72 \text{ років.}$$

Дисконтований період окупності складає 2,73 років, що більше майже на 1 рік ніж звичайний термін окупності.

Індекс прибутковості (PI) – відношення загальної величини майбутніх наявних грошових потоків до початкових інвестиційних витрат. Цей коефіцієнт використовуються як спосіб для ранжирування інноваційних проектів у порядку привабливості за формулою (3.6):

$$PI = \frac{\sum PV}{ICO} \quad (3.6)$$

де: PI – індекс прибутковості проекту, частка;

PV – майбутні наявні грошові потоки, грн.

$$\sum PV = 62,6 + 54,24 + 48,36 = 165,2 \text{ млн. грн.}$$

$$PI = \frac{165,2}{150} = 1,1.$$

У зв'язку з тим, що індекс прибутковості проекту більше 1, то проект вважається економічно доцільним.

Коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту (ARR) – показник, що відображає рентабельність об'єкта інвестицій без обліку дисконтування, розраховується за (3.7):

$ARR = \frac{CF_{cp}}{IC} \quad (3.7)$
--

де: ARR – коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту, частка;
 CF_{cp} – середній грошовий потік об'єкта інвестицій за розглянутий період, грн.

$$CF_{cp} = \frac{77 + 82 + 90}{3} = 83 \text{ млн. грн.}$$

$$ARR = \frac{83}{150} = 0,55.$$

Коефіцієнт рентабельності інвестиційного більше 0, це є позитивним явищем.

У табл. 3.7 показана таблиця критеріїв вибору інвестиційного проекту на основі розглянутих коефіцієнтів. Дані показники дозволяють дати експрес-оцінку привабливості проекту.

Таблиця 3.7

Вибір інвестиційного проекту на основі розрахунку коефіцієнтів
інвестиційного аналізу

Показник	Критерій вибору інвестиційного проекту
Статистичні методи оцінки ефективності інвестицій	
Період окупності проекту	$PP \rightarrow \min$
Коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту	$ARR > 0$
Динамічні методи оцінки ефективності інвестицій	
Чистий дисконтований дохід	$NPV > 0$
Внутрішня норма прибутковості	$IRR > WACC$
Дисконтований період окупності проекту	$DPP \rightarrow \min$
Індекс прибутковості	$PI > 1$

У нашому прикладі всі коефіцієнти інвестиційного аналізу досліджуваного інноваційного проекту відповідають критеріям, тобто проект є економічно доцільним.

Використання коефіцієнтів оцінки інвестиційних проектів дозволяє вибрати найбільш привабливі об'єкти для вкладень. Ми розглянули як

статистичні, так і динамічні оцінки методів, на практиці, перші підходять для відображення загальної характеристики об'єкта, тоді як динамічні дозволяють більш точно оцінити параметри інвестицій. У сучасній економіці, у час кризи, використання даних показників ефективно на порівняно не великий горизонт інвестиції. Але на тільки зовнішні фактори, на оцінку впливають і внутрішні – складність точного визначення майбутніх грошових надходжень від проекту. Показники дають у більшій мірі фінансову характеристику інвестицій та не розкривають причинно-наслідних зв'язків з отриманими доходами (важко оцінити венчурні проекти та стартапи). У той же час, простота розрахунку коефіцієнтів дозволяє вже на першій стадії аналізу виключити неприбуткові проекти. Існують рекомендовані річні величини порогової рентабельності (табл. 3.8), що визначають клас інвестицій у енергозберігаючі проекти.

Таблиця 3.8

Рекомендовані річні величини порогової рентабельності

Клас інвестицій у енергозберігаючі проекти	IRR
Вкладення з метою збереження позицій на ринку	6 %
Оновлення основних виробничих фондів	12 %
Вкладення з метою економії поточних витрат	15 %
Вкладення з метою збільшення доходів	20 %
Ризикові капітальні вкладення	25 %

Відмова від впровадження проекту з енергозбереження зіткнеться із втраченою вигодою, кількісна оцінка якої вартість відкладених рішень. Вартість відкладених рішень враховують потенційні заощадження, що дорівнюють таким же потенційним втратам, якщо підприємство не застосовує енергозберігаючі технології [1]:

$$\text{CoD} = - (E_n + O\&M_n) + I_n, \quad (3.8)$$

де: CoD (Co-Cost of Delay) – вартість відкладених рішень;

E_n – заощадження витрат за енергію за період часу;

$O\&M_n$ (Operations & Maintenance) – заощадження витрат на обслуговування і експлуатацію за період часу проекту;

I_n – початкові інвестиції.

Приклад 3.3.

Розрахуємо втрачену економічну вигоду (проведемо аналіз вартості відкладених рішень). Вхідні дані: щорічний рахунок промислового підприємства за спожиті паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) 210 млн. грн., обслуговування й експлуатація (O&M) існуючого устаткування 0 грн., проєктовані заощадження 7 % енергії, необхідні початкові інвестиції в проєкт 10 млн. грн., період дії проєкту 5 років.

Проблемна ситуація: якщо проєкт затримається на 1 рік, яка буде вартість відкладених рішень.

Розрахуємо вартість заощадження за проєктом:

$$E_n = 210 \text{ млн.} \times 5\% = 10,5 \text{ млн. грн}$$

Визначимо, суму щорічних витрат для досягнення таких заощаджень:

$$\frac{10 \text{ млн}}{5 \text{ років}} = 2 \text{ млн. грн}$$

Чисті втрати від затримки впровадження проєкту через рік будуть дорівнювати:

$$-10,5 \text{ млн.} + 2 \text{ млн.} = -8,5 \text{ млн. грн.}$$

Тепер розрахуємо вартість затримки впровадження проєкту для 6 років (без урахування амортизації, дисконтованої вартості грошей або регулювань O&M) – 10,5 млн. грн. вартість заощадження за проєктом на 6-й рік, після сплати інвестицій:

$$8,5 \text{ млн.} \times 5 \text{ років} + 10,5 \text{ млн.} = 53 \text{ млн. грн.}$$

Таким чином сума втраченої вигоди при затримки на 1 рік складає 8,5 млн. грн., на 6 років – 53 млн. грн.

Показники рентабельності не можуть бути визначені без розгляду додаткових умов: кваліфікація персоналу з експлуатації й обслуговування, умови роботи енергоємного устаткування та ін. Швидкість, з якою заощадження енергії компенсують початкові інвестиції (інвестиції в енергоефективність), повинна стати основним чинником оцінки енергетичної модернізації порівняно з іншими інвестиціями. Коли підприємство наважується залучити власний персонал та власний капітал, першим етапом впровадження інвестиційного проекту в енергозберігаючі технології є оцінка вартості відкладених рішень. При цьому оцінка періоду затримки прийняття управлінських рішень повинна бути економічно обґрунтована – як довго затримка має місце (від концепції до ухвалення рішення). Керівництво підприємства повинно розуміти проблему «потенціалу енергоефективності» та вартості відкладених рішень.

3.2 Дослідження чутливості результуючого показника при запровадженні енергозберігаючих проектів

Отриманню прибутку та його максимізації сприяють різноманітні поточні управлінські рішення в сфері енергозбереження (наприклад, прийняття проекту з енергозбереження, припинення використання відповідного виду енергії, визначення мінімально можливої ціни реалізації енергії споживачам тощо). Це потребує здійснення аналізу витрат за певним обраним напрямом дій, впливу енергетичних витрат на отримання прибутку. При цьому управління енерговитратами керівництво підприємство здійснює з метою збільшення рентабельності підприємства в цілому.

Саме питанням взаємозв'язку витрат, обсягу діяльності та прибутку займається **аналіз чутливості** – визначення впливу вхідних параметрів діяльності (об'єму виробництва, витрат тощо) на вихідний параметр (прибуток). Він спрямований на дослідження змін, які відбуваються з операційним прибутком підприємства під впливом змін певних параметрів його діяльності.

Існує декілька методів аналізу чутливості. Одним з цих методів аналіз ймовірних оцінок відхилень результуючого показника **методом сценаріїв**. Алгоритм аналізу інвестиційних ризиків методом сценаріїв такий [2]:

1. Визначають 3 варіанти змін ключових вхідних показників (песимістичний, найбільш ймовірний, оптимістичний).

2. По кожному варіанті змін експертним шляхом встановлюють його ймовірну оцінку.

3. Для кожного варіанту розраховують ймовірне значення чистого дисконтованого доходу (NPV) за формулою (3.9):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(Q \times (C^{od} - C_{змін}^{od}) - C_{пост} - Ам) \times (1 - П_n) + Ам}{(1 + d)^t} - I_n \quad (3.9)$$

де: Q – обсяг виробництва продукції у натуральному виразі;

C^{od} – ціна одиниці виробу, грн./ натуральний показник;

$C_{змін}^{od}$ – змінні витрати на одиницю продукції, грн./ натуральний показник;

$C_{пост}$ – постійні витрати за розрахунковий період на весь обсяг виробництва, грн.;

$Ам$ – амортизація, грн.;

$П_n$ – ставка податку на прибуток, частка;

I_n – початкові інвестиції, грн.

1. Визначають середнє очікуване значення NPV за (3.10):

$$NPV_{cp} = \sum NPV \times P \quad (3.10)$$

де: NPV_{cp} – середнє очікуване значення чистого дисконтованого доходу, грн.;

P – ймовірна оцінка зміни ключових вихідних показників встановлено експертним шляхом, частка.

2. Обчислюють стандартне відхилення за (3.11):

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (NPV_i - NPV_{cp_i})^2 \times P_i} \quad (3.11)$$

де: σ – стандартне відхилення; i – сценарій.

3. Для визначення ступеня ризику інвестиційного проекту з енергозбереження розраховується коефіцієнт варіації за (3.12):

$$V = \frac{\sigma}{NPV_{cp}} \quad (3.12)$$

де: V – коефіцієнт варіації.

Приклад 3.2.1 Варіанти змін ключових вихідних показників встановлено експертним шляхом з ймовірною оцінкою P надано в табл. 3.9.

Визначимо середнє очікуване значення NPV за (3.10):

$$NPV_{cp} = 5,77 \text{ млн.} \times 0,3 + 9,17 \text{ млн.} \times 0,5 + 14,09 \times 0,2 = 9,134 \text{ млн. грн}$$

Обчислимо стандартне відхилення за формулою (3.11):

$$\sigma = \sqrt{(5,77 - 9,134)^2 \times 0,3 + (9,17 - 9,134)^2 \times 0,5 + (14,09 - 9,134)^2 \times 0,2} = 2,883 \text{ (млн.грн)}$$

Розраховуємо коефіцієнт варіації за (3.12):

$$V = \frac{2,883}{9,134} = 0,317$$

Варіанти змін ключових вихідних показників

№ з/п	Найменування показники	Умовне позначення показника	Одиниці виміру	Сценарій		
				Песимістичний P=0,3	Середній P=0,5	Оптимістичний P=0,2
1	Норма дисконту	d	%	30	20	10
2	Термін проекту	t	років	5	5	5
3	Початкові інвестиції	In	млн. грн.	10	10	10
4	Грошовий потік в рік	CF	млн. грн.	3,5	4,2	5,1
5	Чиста поточна вартість проекту	NPV	млн. грн.	5,77	9,17	14,09

На підставі отриманих результатів, можливо зробити такий висновок: ризик запропонованого інвестиційного проекту з енергозбереження незначний, тому що середнє значення NPV (9,134 млн. грн.) ненабагато вище прогнозу експертів за середнім сценарієм (з найвищою ймовірною оцінкою) – 9,17 млн. грн., а значення коефіцієнта варіації (0,317) значно менше 1.

3.3 Маржинальний аналіз як інструмент прийняття управлінських рішень щодо запровадження проектів з енергозбереження

Іншим методом визначення впливу факторів енерговитрат на прибуток, є **аналіз співвідношення «витрати – обсяг – прибуток» (Cost-Volume-Profit Relationships, надалі – CVP)**. Але існує низка припущень, які покладені в основу цього аналізу і обмежують сферу його застосування [3]: ціна реалізації продукції не залежить від обсягу її продажу; усі витрати підприємства слід розглядати як змінні або як постійні; протягом періоду, що аналізується, поведінку витрат і доходів можна описати лінійною функцією (змінні витрати прямо залежать від обсягів діяльності підприємства, а постійні витрати залишаються

незмінними); єдиним чинником, що впливає на витрати та доходи, є обсяг продажу; обсяги виробництва та продажу однакові; підприємство виготовляє і реалізує один вид продукції або в нього стабільна номенклатура випуску.

У процесі **CVP**-аналізу обчислюються й аналізуються такі показники [4]: маржинальний прибуток (збитки); коефіцієнт маржинального прибутку; рівноважний обсяг операційної (виробничої) діяльності (точка беззбитковості); рівень безпеки операційної діяльності; обсяг операційної діяльності (обсяг виробництва), що забезпечує цільову прибутковість; операційний ліверидж (операційна залежність), який дає змогу оперативно аналізувати залежність прибутку від динаміки обсягу продукції і структури витрат.

Зв'язок між витратами, обсягом виробництва та прибутком можливо визначати аналітично (за допомогою формул) або графічно (графіки). При використанні **CVP**-аналізу залежність прибутку від величини витрат та обсягу діяльності лінійною та формалізовано можливо описати за формулою (3.13):

$$\begin{cases} C_{загал} = Q \times C_{змін}^{од} + C_{пост}, \\ D = Q \times Ц^{од}. \end{cases} \quad (3.13)$$

де: $C_{загал}$ – загальні витрати за певний період часу, грн.;

Q – обсяг виробництва продукції у натуральному виразі;

$C_{змін}^{од}$ – змінні витрати на одиницю продукції, грн./ натуральний показник;

$C_{пост}$ – постійні витрати за розрахунковий період на весь обсяг виробництва, грн.;

D – обсяг виробництва і продажу в грошовому виразі (дохід), грн.;

$Ц^{од}$ – ціна одиниці виробу, грн./натуральний показник.

Загальні витрати підприємства ($C_{загал}$) залежно від змін обсягів виробництва складаються з сукупності поділяються на умовно-змінні (змінні) ($C_{змін}$) та умовно-постійні (постійні) ($C_{пост}$). Наприклад, витрати на енергію при виробництві продукції, робіт, послуг, яка витрачена на машини, обладнання в цеху, – це змінні витрати; витрати на енергію при опаленні будівель та споруд, на офісну техніку у адміністрації, – це постійні витрати діяльності. Використання дефініції «умовно» обумовлюється тим, що для кожного окремого підприємства витрати можуть бути як змінні, так і постійні (зокрема, в залежності від особливості технологічного процесу, організаційної структури тощо).

У процесі **CVP** - аналізу використовують два виду прибутку: операційний та маржинальний прибутку. Операційний прибуток визначається як різниця між доходами та загальними витратами (3.14):

$$P_{опер} = D - C_{загал} \quad (3.14)$$

де: $P_{опер}$ – операційний прибуток за певний період часу, грн.

Якщо у формулу (3.13) підставити значення з формули (3.14), то це рівняння можна трансформувати у такий спосіб (формули 3.15-3.16):

$$P_{опер} = (C^{од} \times Q) - [(C_{змін}^{од} \times Q) + C_{пост}] \quad (3.15)$$

або

$$P_{опер} = Q \times (C^{од} - C_{змін}^{од}) - C_{пост} \quad (3.16)$$

Приклад 3.4 Ціна продажу одиниці продукції підприємства становить ($C^{од}$) 10000 грн, змінні на одиницю ($C_{змін}^{од}$) – 6000 грн. Загальні постійні витрати ($C_{пост}$) дорівнюють 2000000 грн. Поточний обсяг діяльності (Q) – 12000 тон.

Загальні витрати ($C_{загал}$) = 12000 × 6000 + 2000000 = 74 (млн. грн.);

Дохід (D) = 12000 × 10000 = 120 (млн. грн.);

Операційний прибуток (P_{oper}) = 120 – 74 = 46 (млн. грн.)

Або $P_{oper} = 12000 \times (10000 - 6000) = 2000000$ (млн. грн.).

Треба зауважити, що при використанні **CVP**–аналізу існує припущення, що обсяг виробництва і продажу в грошовому виразі (дохід) – це одне значення, тобто: всю продукцію, що підприємство виробляє, воно повністю реалізує за розрахунковий період.

Маржинальний прибуток (маржа покриття) обчислюється за формулою (3.17):

$$P_{марж} = D - C_{змін} \quad (3.17)$$

де: $P_{марж}$ – маржинальний прибуток за певний період часу, грн.;

$C_{змін}$ – змінні витрати за розрахунковий період на весь обсяг виробництва, грн.

Отже, маржинальний прибуток дорівнює постійним витратам і операційному прибутку, тобто прибутку від продажу продукції (3.18):

$$P_{марж} = C_{пост} + P_{oper}. \quad (3.18)$$

Відповідно, операційний прибуток, є різницею (формула 3.19):

$$P_{oper} = P_{марж} - C_{пост} \quad (3.19)$$

Відповідно до значень у **Прикладу 3.4**, маржинальний прибуток дорівнює:

$$P_{марж} = 2 \text{ млн.} + 46 \text{ млн.} = 48 \text{ млн. (грн)}$$

Тобто, потрібно отримати 48 млн. грн., щоб покрити постійні витрати у розмірі 2 млн. грн. та бажаний прибуток – 46 млн. грн.

Коли змінюється обсяг виробництва, постійні витрати не змінюється – залишаються на попередньому рівні, тому прибуток змінюється на величину маржинального прибутку (формули 3.20-3.22):

$$\Delta P_{марж} = \Delta D - \Delta C_{змін} \quad (3.20)$$

$$\Delta P_{oper} = \Delta D - (\Delta C_{змін} + \Delta C_{пост}) \quad (3.21)$$

Оскільки: $\Delta C_{пост} = 0$, тоді:

$$\Delta P_{oper} = \Delta D - \Delta C_{змін} = \Delta P_{марж} \quad (3.22)$$

Співвідношення між маржинальним прибутком і обсягом виробництва можливо аналізувати за допомогою відносного показника — коефіцієнта маржинального прибутку (формула 3.23-3.24):

$$k_{P_{марж}} = \frac{P_{марж}}{D} \quad (3.23)$$

або

$$k_{P_{марж}} = \frac{C^{од} - C_{змін}^{од}}{C^{од}} \dots\dots\dots \quad (3.24)$$

де: $k_{P_{марж}}$ – коефіцієнт маржинального прибутку, частка .

Відповідно до значень у **прикладі 3.4**, коефіцієнт маржинального прибутку дорівнює:

$$k_{P_{марж}} = \frac{48 \text{ млн.}}{120 \text{ млн.}} = 0,4$$

Тобто, на 40% можливо змінювати частку абсолютної величини ціни, яка сприяє відшкодуванню постійних витрат фірми, збільшенню її прибутку або скороченню збитків.

За даних цін і норм змінних витрат коефіцієнт маржинального прибутку – величина постійна. Тому приріст (зменшення) прибутку можна визначити (формула 3.25):

$$\Delta P_{oper} = \Delta D \times k_{P_{марж}} \quad (3.25)$$

За допомогою коефіцієнту маржинального прибутку можливо визначити, скільки продукції необхідно реалізувати підприємству для отримання бажаної величини прибутку (формула 3.26):

$$D = \frac{C_{пост} + P_{заплан}}{k_{P_{марж}}} \quad (3.26)$$

Приклад. Якщо припустити, що підприємство бажає отримати прибуток у розмірі 60 млн. грн., то обсяг реалізації становить:

у грошових одиницях:

$$D = \frac{2 \text{ млн.} + 60 \text{ млн.}}{0,4} = 155 \text{ млн. (грн).}$$

у натуральному вимірі:

$$D_{\text{нат}} = \frac{D}{C^{\text{од}}} = \frac{155 \text{ млн.}}{0,01 \text{ млн.}} = 15500 (т)$$

Відповідно, можливо одержати формулу розрахунку прибутку підприємства у разі запланованого обсягу реалізації продукції (формула 3.27):

$$P_{\text{опер}} = D_{\text{заплан}} \times k_{P_{\text{марж}}} - C_{\text{пост}} \quad (3.27)$$

Відповідно до Податкового Кодексу України (далі – ПКУ), підприємство має право розпоряджатися отриманим прибутком після його оподаткування. Ставка податку на прибуток у 2017 році відповідно до статті 133 ПКУ становить 18%. Прибуток, який залишається у розпорядженні підприємства, після сплати податку на прибуток, є чистим прибутком, що визначається за формулою (3.28):

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{опер}} \times (1 - P_n) \quad (3.28)$$

де: $P_{\text{чист}}$ – чистий прибуток за відповідний період, грн.;

P_n – ставка податку на прибуток, частка.

Приклад 3.5 Підприємство розглядає можливість збільшити обсяг продажу на 500 одиниць, тобто обсяг продажу становить: 12000 + 500 = 12500 тон. (12000 т – **Приклад 3.4**)

Операційний прибуток становить:

$$P_{\text{опер}} = (12500 \times 10000) \times 0,4 - 2 \text{ млн.} = 52 \text{ млн. (грн)}$$

Відповідно, чистий прибуток:

$$P_{\text{чист}} = 52 \text{ млн.} \times (1 - 0,18) = 42,64 \text{ млн. (грн)}$$

Коли підприємство отриманим доходом покриває тільки витрати, при цьому не отримує ні прибуток, ні збиток – фінансовий результат дорівнює нулю, визначають **точку беззбитковості** (інші назви – критичний обсяг діяльності, поріг рентабельності). Тобто це обсяг реалізації, при досягненні якого підприємство починає отримувати прибуток. Точку беззбитковості визначається:

– у натуральних одиницях (формула 3.29):

$$Q_{\delta} = \frac{C_{\text{пост}}}{\Pi^{\text{од}} - C_{\text{змін}}^{\text{од}}} = \frac{C_{\text{пост}}}{\Pi_{\text{марж}}^{\text{од}}} \quad (3.29)$$

де: Q_{δ} – точка беззбитковості у натуральному виразі;

$\Pi_{\text{марж}}^{\text{од}}$ – маржинальний прибуток на одиницю, грн./ натуральний показник;

– у грошовому вимірі (формула 3.3-):

$$D_{\delta} = \frac{C_{\text{пост}}}{\frac{(\Pi^{\text{од}} - C_{\text{змін}}^{\text{од}})}{\Pi^{\text{од}}}} = \frac{C_{\text{пост}}}{k_{\text{П.марж}}} \quad (3.30)$$

де: D_{δ} – точка беззбитковості у грошовому виразі, грн.;

– у відсотках (беззбиткова виробнича потужність) (формула 3.31):

$$ВП_{\delta} = \frac{C_{\text{пост}}}{(\Pi - C_{\text{змін}}) \times k_{\text{зав}}} = \frac{C_{\text{пост}}}{\frac{k_{\text{П.марж}} \times 100}{\Pi}} \quad (3.31)$$

де: $ВП_{\delta}$ – точка беззбитковості у відсотках (беззбиткова виробнича потужність);

$k_{\text{зав}}$ – відсоток поточного завантаження виробничих потужностей, частка.

Приклад 3.6. Поточний обсяг реалізації підприємства дорівнює 14000 тон. За умов збереження значення інших параметрів з **прикладу 3.4** визначимо точку беззбитковості.

у натуральних одиницях:

$$Q_{\sigma} = \frac{2000000}{10000 - 6000} = 500 (т)$$

у грошовому виразі:

$$D_{\sigma} = \frac{2000000}{0,4} = 5 \text{ млн. (грн)}$$

Можна зробити висновок, що починаючи з реалізації 500 тон або 5 млн. грн., підприємство почне отримувати прибуток.

Наступним кроком **СVP**-аналізу є визначення зони безпеки діяльності підприємства – розрахунок запасу міцності, як рівень поточної діяльності суб'єкта господарювання, що перевищує точку беззбитковості. Аналітично розрахунок запасу міцності можливо визначити таким чином:

– у натуральних одиницях (формула 3.32):

$$Z_{mQ} = Q_{\text{факт}} - Q_{\sigma} \quad (3.32)$$

де: $Q_{\text{факт}}$ – обсяг виробництва (реалізації) у натуральному виразі.

– у грошовому виразі (формула 3.33):

$$Z_{mD} = D_{\text{факт}} - D_{\sigma} \quad (3.33)$$

де: $D_{\text{факт}}$ – фактичний дохід у грошовому виразі, грн.

– у відсотках (беззбиткова виробнича потужність) (формула 3.34):

$$Z_{mВП} = ВП_{\text{факт}} - ВП_{\sigma} \quad (3.34)$$

де: $ВП_{\text{факт}}$ – фактична виробнича потужність.

Відповідно коефіцієнт запасу міцності – це відносне падіння обсягів реалізації, яке може дозволити собі підприємство до досягнення точки беззбитковості (формула 3.35) [4].

$$k_{3_m} = \frac{3_m}{D_{факт}} \quad (3.35)$$

Приклад 3.7. Поточний обсяг реалізації підприємства дорівнює 14000 тон. За умов збереження значення інших параметрів з **прикладу 3.4** визначимо запас міцності.

у натуральних одиницях:

$$3_{mQ} = 14000 - 500 = 13500 (m)$$

у грошовому виразі:

$$3_{mD} = 14000 \times 10000 - 5 \text{ млн.} = 135 \text{ млн. (грн)}$$

Також необхідно визначити цільовий прибуток, який підприємство бажало отримати. Такий обсяг продукції розраховується за формулами (3.36-3.37):

– за натурального виразу обсягу продукції:

$$Q_{ц} = \frac{C_{пост} + \Pi_{ц}}{Ц^{од} - C_{змін}^{од}} = Q_{б} + \frac{\Pi_{ц}}{Ц^{од} - C_{змін}^{од}} \quad (3.36)$$

де: $Q_{ц}$ – обсяг продукції за натурального виразу, що забезпечує цільовий прибуток;

$\Pi_{ц}$ – цільовий прибуток, грн.;

– у випадку вартісного виміру обсягу продукції:

$$D_{ц} = \frac{C_{пост} + \Pi_{ц}}{k_{\Pi_{марж}}} = D_{б} + \frac{\Pi_{ц}}{k_{\Pi_{марж}}} \quad (3.37)$$

де: $D_{ц}$ – обсяг продукції у грошовому виразі, що забезпечує цільовий прибуток, грн.

Іншим шляхом для відображення взаємозв'язку між витратами, обсягом діяльності та прибутком є побудова графіків.

Графік безбитковості демонструє рівень постійних та змінних витрат і величину доходу від продажу за різних обсягів діяльності підприємства (рис. 3.5).

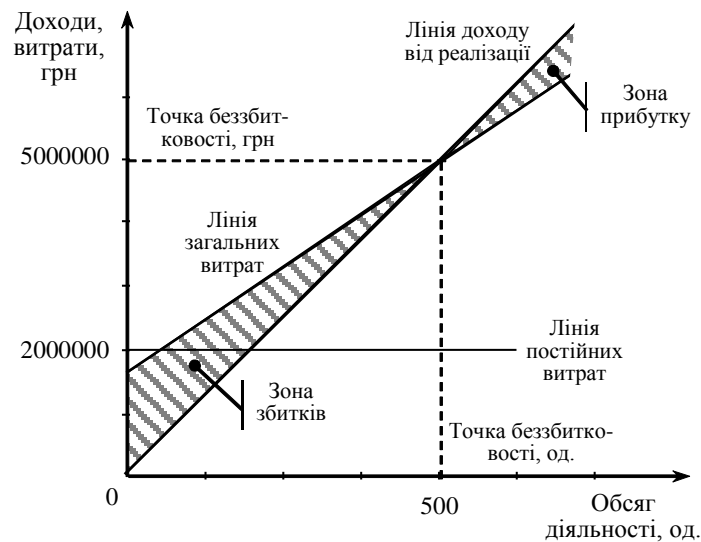


Рисунок 3.5 – Графік безбитковості

Відносна реакція прибутку на зміну обсягу виробництва визначається за допомогою такого показника, як операційний ліверидж (важіль), що визначається аналітично (формула 3.38):

$$L = \frac{\Pi_{\text{марж}}}{\Pi_{\text{опер}}}, \quad (3.38)$$

де: L – операційний ліверидж, частка.

Величина L – операційний ліверидж – показує, на скільки відсотків зміниться прибуток при зміні обсягу продукції (операційної активності) на 1%, тобто (формула 3.39):

$$\Delta P_{\text{опер}} = \Delta P_{\text{д}} \times L. \quad (3.39)$$

Розглянута методика універсальна, підходить для підприємств різних галузей, організаційно-правових форм і різної величини, у тому числі для внутрішніх центрів прибутку. Вона дає змогу оперативно оцінити важливі параметри операційної діяльності підприємства, зробити належні висновки та обґрунтувати планові (проектні) рішення.

3.4. Концепція життєвого циклу проектів

Запровадження інвестиційних проектів у енергозберігаючі технології потребує зміни у всієї сукупності функцій управління енергосистеми на підприємствах. Так, в управлінському обліку необхідно сформулювати систему витрат відповідно до потреб діяльності суб'єкта господарювання. Це можливо при застосуванні в управлінському обліку концепції LCC (life-cycle costing). Пропонується використати метод таргет-костинг, який доцільно застосовувати на етапі проектування нового виду альтернативної енергії або модернізації існуючої за допомогою маркетингових досліджень, тобто фактично є очікуваною ринковою ціною енергії. Завдання даного калькулювання – оптимально спроектувати витрати майбутнього продукту на першому етапі життєвого циклу (дослідження, розробка і проектування) у зв'язку з тим, що на стадії виробничого циклу не існує можливості проявити технологічну гнучкість.

Калькування життєвого циклу електроенергії на засадах ВДЕ розширює межі традиційних підходів до управління витратами за рахунок врахування витрат за весь термін існування проекту систем енергозабезпечення на основі використання альтернативних джерел енергії, визначити цільовий прибуток. Це дозволяє створити механізм послідовного та цілеспрямованого управління процесом створення цільової вартості енергії.

Стратегічний аналіз витрат операційної діяльності пов'язаний з рівнем прийняття управлінських рішень – менеджмент високого рівня (топ-менеджмент). При цьому проводиться аналіз витрат за ланцюжком створення вартості: аналіз витрат за життєвим циклом операційної діяльності; конкурентний та порівняльний аналіз за прийомом бенчмаркінгу; аналіз витрат на забезпечення якості.

Розмежування рівнів аналізу витрат операційної діяльності

підприємств на засадах концепції LCC дозволяє врахувати положення теорії «обліку відповідальності» (Responsibility Accounting), що заснована на концепції «центри відповідальності», уперше запропонованої А. Хіггінсом. Теорія Дж. А. Хіггінса базувалася на трансформації організаційної структури підприємства – на підприємстві необхідні закріплення витрат за керівниками різних рівнів та систематичний контроль за дотриманням вартості кошторисів за кожною відповідальною особою.

Визначення виду центру відповідальності залежить від організаційної структури підприємства. Так, для лінійно-функціональної – центри, пов'язані з прибутковістю підприємства («центр витрат», «центр доходів», «центр прибутків»), тоді як дивізійної – «центр прибутків» і «центр інвестицій».

Прийняття рішень щодо запровадження проекту потребує проведення структурного аналізу витрат операційної діяльності підприємства за стадіями життєвого циклу продукції. Для цього витрати операційної діяльності структуровано таким чином: довиробничі (розробка формування виробу, виготовлення технологічної оснастки, відпрацювання виробу на технологічність, пусконаладжувальні роботи, придбання необхідного обладнання); виробничі (прямі витрати на виробу, непрямі витрати виробництва); позаवиробничі (адміністративні та комерційні витрати на збут); післявиробничі (утилізація відходів та технологічної оснастки). За результатами цього аналізу формується інформація про зіставність витрат, що визнаються на виробничій стадії життєвого циклу асортиментної позиції, та інших операційних витрат, що визнаються на довиробничій, позавиробничій та післявиробничій стадіях життєвого циклу асортиментної позиції (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Структурний аналіз витрат за стадіями життєвого циклу системи енергоактивних огорожень на основі використання альтернативних джерел енергії [авторські розрахунки]

№ з/п	Найменування показника	Сума, дол.	Питома вага витрат,%
1	Виробництво планове в місяць, кв.м.	9600	
2	Виробництво планове на рік, кв.м. ДОВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ	75 600 -	
3	РАЗОМ довиробничі витрати, дол.	52272	1,815
4	ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ Прямі витрати на матеріали та комплектуючі на 1 виріб, дол.	- 43,4	-
5	Прямі витрати на відрядну заробітну плату на 1 виріб, дол.	10,85	-
6	Прямі витрати на виробництво річної програми, дол.	520813	-
7	Непрямі витрати на виробництво 1 виріб, дол.	12,7	-
8	Непрямі витрати на виробництво річної програми, дол.	122166	-
9	Плановий період виробництва, років	3	-
10	РАЗОМ виробничі витрати, дол. [(р.6+р.8)×3 роки]	1928937,6	66,977
11	ПОЗАВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ Адміністративні витрати у звітному періоді, дол.	- 80587,2	-
12	Плановий період безперервності діяльності, років	3	-
13	РАЗОМ адміністративні витрати, грн. (р.12×3)	4 83523,2	16,789
14	Витрати на збут (комерційні) за річною виробничою програмою, дол.	69168	-
15	Плановий період реалізації, років	3	-
16	РАЗОМ витрати на збут (комерційні), дол. (р.16×3 роки)	415008	14,41
	ПІСЛЯВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ	-	-
17	Утилізація технологічної оснастки на металобрухт	259,2	-
18	РАЗОМ післявиробничі витрати	259,2	0,009
19	РАЗОМ ВИТРАТИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ, дол.	2880000	100

Пошук резервів зниження витрат операційної діяльності можливо здійснювати на основі ідентифікації джерел конкурентних переваг у ланцюжку створення вартості продукції. Для виявлення джерел конкурентної переваги необхідно проаналізувати дев'ять

взаємопов'язаних видів діяльності підприємства, що у стратегічному менеджменті утворюють ланцюжок створення вартості: п'ять основних (вхідна логістика, виробництво, вихідна логістика, маркетинг і збут, післяпродажне обслуговування) і чотири допоміжних (інфраструктура підприємства, управління персоналом, технологічний розвиток, матеріально-технічне забезпечення). Стратегічний аналіз операційних витрат за ланцюжком створення вартості продукції здійснюється з використанням порівняльного аналізу ланцюжка створення вартості підприємства з прямими конкурентами та у галузі функціонування.

Пропонується також врахувати вартість відкладених рішень і відхилення від витрат. Необхідно розкрити особливості показника розрахунку часу для повернення інвестицій в енергозберігаючі проекти – витрати «часу життя» проекту (LCC). Саме показник LCC представляє собою темпоральну складову оцінки капіталовкладень енергозберігаючих проектів. Включення всіх витрат та заощаджень, які витрачені протягом «часу життя» обладнання, надає більш релевантну інформацію при оцінці рентабельності проектів.

Витрати «часу життя» проекту розраховуються за формулою 3.40 [1]:

$$LCC = I - S + M + R + C_e, \quad (3.40)$$

де: I – капітальні витрати (інвестування); S – ліквідаційна вартість;

M – витрати на експлуатацію; R – витрати на заміну; C_e – витрати на енергію.

Наведена формула враховує ліквідаційну вартість, строк служби обладнання, податки, відсоток та ін. Врахування ліквідаційних витрат має суттєве значення: по-перше, використання різних методів амортизації відповідно до Положення (стандарт) бухгалтерського обліку (П(С)БО) 7 «Основні засоби» по-різному формує суми річних амортизаційних відрахувань; по-друге, особливості строків експлуатації обладнання при різних альтернативних джерел потребує різних підходів до формування

ліквідаційної вартості об'єктів основних засобів тощо. Тобто при розрахунку собівартості одиниці електроенергії необхідно врахувати ліквідаційні витрати за рік. LCC – це трудомісткий розрахунок, але всі зусилля підприємства виправдані у випадку великих покупок та/або в умовах обмеженого капіталу. Витрати «часу життя» (LCC) допомагають оцінити чистий прибуток за час експлуатації проекту з урахуванням всіх основних витрат і заощаджень протягом терміну служби устаткування, дисконтованих до поточної вартості грошей. Так, додаткові питання (розрахунок дисконтованої вартості, факторів і норм дисконтування, LCC) вимагають детального аналізу.

3.5 Ефективність впровадження технічних пропозицій з енергозбереження

Питання управління ефективністю є невід'ємною складовою управління підприємством, діяльність якої має на меті отримання прибутку. Ефективність є важливою категорією, даний термін є похідним від латинського “effectus” – результат, наслідок яких-небудь причин, сил, дій, заходів [5]. Однак автори не дають єдиного визначення таким поняттям, як «ефект» та «ефективність», навіть ототожнюють їх. А для успішного функціонування та досягнення поставлених цілей треба чітко розуміти суть цих понять та їх відмінності.

Дефініцію «ефект» можна трактувати як безпосередньо досягнутий або отриманий результат від здійснення певного виду діяльності, процесу, явища чи будь-якої іншої взаємодії загалом.

Із категорією «ефект» пов'язане поняття «ефективність», але ці поняття нетотожні [5]. Ефект – абсолютний показник результату будь-якої дії чи діяльності. Він може бути як позитивним, так і негативним. Ефективність – відносний показник результативності, який може бути тільки позитивною величиною. Традиційно під ефективністю розуміють

одержання максимальних результатів на одиницю витрат, пов'язаних із виробництвом, або забезпечення мінімізації витрат на одиницю результату, тобто поняття ефективності асоціюють з економічністю (можливістю одержання найбільшого результату з наявних ресурсів) й ототожнюють із показниками, які співвідносять ефект від економічної діяльності з ресурсами (витратами) [6]. На відміну від ефекту, який відображає результат окремих заходів разового або періодичного характеру, економічна ефективність розглядається як результативність економічної діяльності, характеризує відношення отриманого економічного ефекту, результату до витрат факторів виробництва, ресурсів, що зумовили одержання цього результату .

Фактично це означає, що ефективність управління виступає як результат, співставлений із затратами на його досягнення (вони включають не лише прямі витрати на систему управління, а й витрати на реалізацію управлінських рішень).

Саме тут стає необхідним виокремлення певних критеріїв, на основі яких можна оцінювати рівень результативності функціонування систем управління, тобто визначати конкретні **критерії ефективності**. Якщо метою управління є досягнення об'єктом управління бажаного стану, то змістом ефекту управління є досягнення цілей управління. Отже, критерій ефективності управління можна сформулювати як рівень досягнення цілей управління, міри досягнення об'єктом управління бажаного стану.

Отже, ефективність управління можна розглядати як засіб зіставлення поставленої мети з досягнутим результатом – з очікуваним або спланованим (у цьому випадку ефективність – синонім результативності) [7]. Тому на практиці використовуються два критерії оцінки функціонування апарату управління – ефективність і економічність діяльності на шляху досягнення мети.

При цьому, на наш погляд, критеріями успішності проектів з енергозберігаючих технологій є: зменшення енерговитрат підприємства

($C_e \rightarrow \min$), збільшення енергоефективності ($GE \rightarrow \max$), збільшення енергобезпеки підприємства ($S_e \rightarrow \max$) Головний критерій успішності проектів інноваційних енергозберігаючих технологій обирається за допомогою експертної оцінки для кожного підприємства окремо, залежно від стадії життєвого циклу суб'єкта господарювання.

Існують різні види ефективності (технічна, економічна, соціальна, екологічна тощо), але при оцінюванні доцільності впровадження проектів саме техніко-економічна ефективність має вирішальне значення.



Рисунок 3.7 – Загальна ефективність з позиції процесного підходу (множина складових)

З позиції процесного підходу управління ефективністю загальна ефективність є сукупність складових (множин): технологічна, економічна, соціальна, екологічні складові (рис. 3.7), що у формалізованому виді можливо описати відповідно до теорії множин (формула 3.41):

$$GE = E^T \cup E^E \cup E^S \cup E^{Ec} \quad (3.41)$$

де: GE – загальна ефективність з позиції процесного підходу (множина складових); E^T – технологічна ефективність; E^E – економічна ефективність; E^S – соціальна ефективність; E^{Ec} – екологічна ефективність.

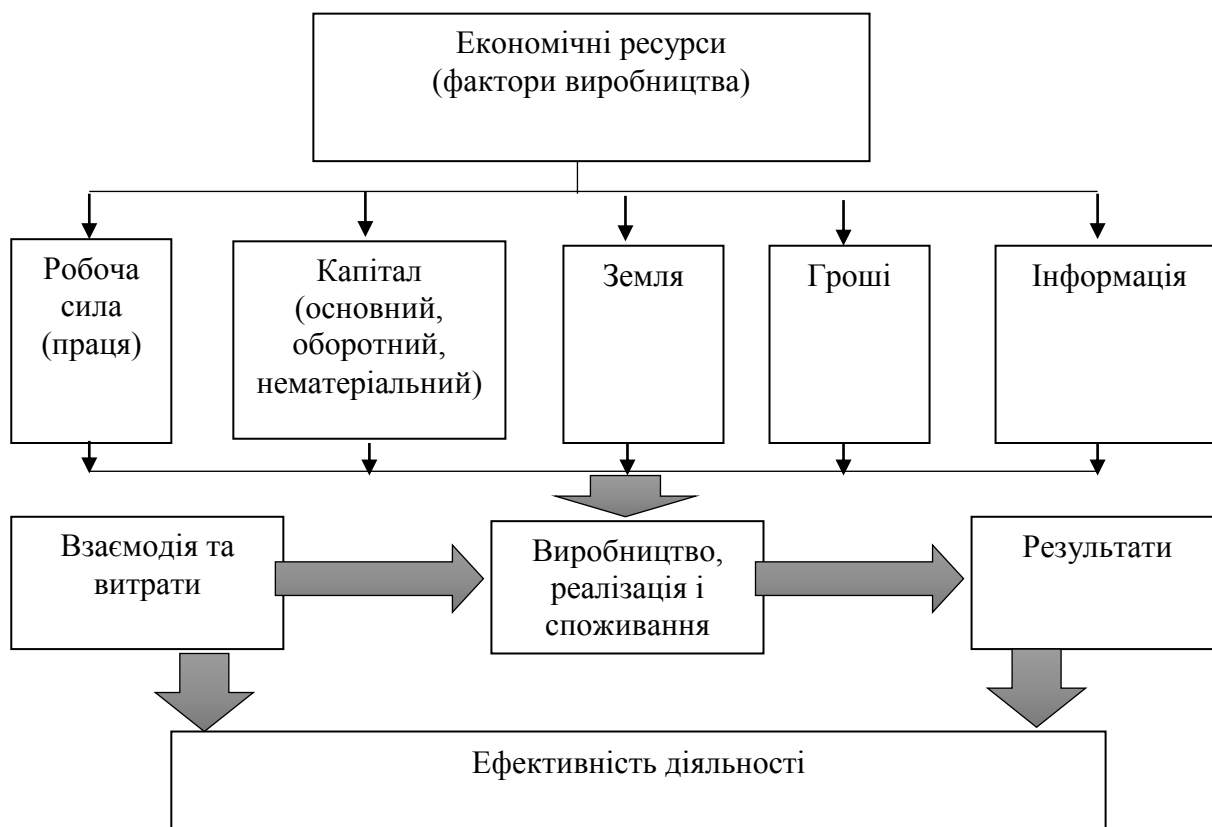
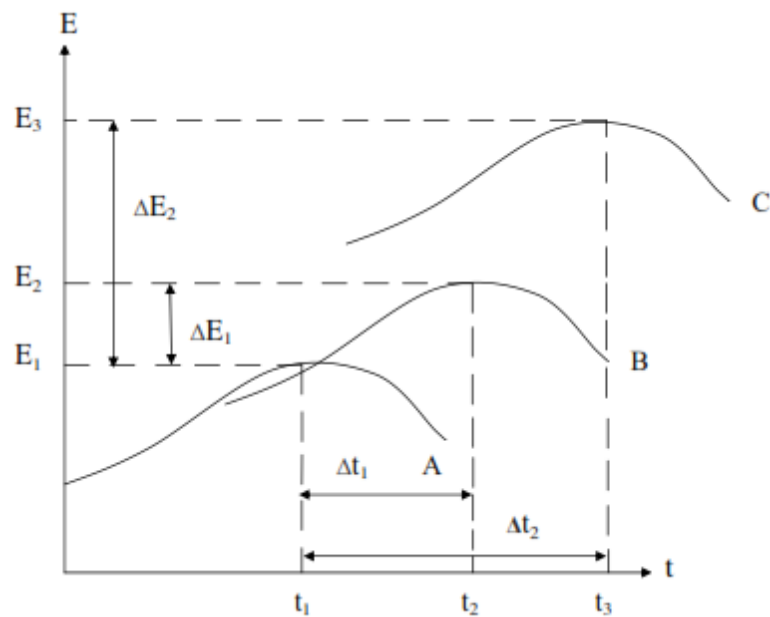


Рисунок 3.8 – Формування результатів та ефективності діяльності

Економічна ефективність охоплює проблему «витрати-випуск», тобто характеризує зв'язок між кількістю економічних ресурсів (факторів виробництва): земля, робоча сила (праця, капітал (основний, оборотний, нематеріальний), гроші, інформація тощо) і кількістю отриманих в результаті виробництва продуктів і послуг. Чим більша кількість продукції, робіт, послуг отримується від використання наявних економічних ресурсів, тим вище ефективність виробництва. При цьому продукція, роботи, послуги повинні відповідати суспільним вимогам, реальному платоспроможному попиту, що є співвідношенням між ціною продукції та його обсягом, який споживачі бажають і можуть купити за

такою ціною [8]. Формування результатів та ефективності виробництва представлена на рис. 3.8.

Досягнути кардинальних змін у енергозалежної промисловості України можливо лише при запровадженні прогресивних технологій, що базуються на сучасних досягненнях науки і практики (рис.3.9) [9]. Час, упродовж якого досягається максимум ефективності, значною мірою орієнтований на термін повної амортизації машин і механізмів.



A – базова технологія; B – поліпшена базова технологія (запровадження окремих інновацій); C – сучасна технологія (комплекс інновацій у виробництво); E – ефективність виробництва; E₁ – максимальний показник ефективності базової технології; E₂ – максимальний показник ефективності поліпшеної базової технології; E₃ – максимальний показник ефективності сучасної ресурсощадної технології; ΔE₁ – приріст ефективності виробництва від запровадження окремих інновацій; ΔE₂ – приріст ефективності виробництва від запровадження комплексу інновацій; t – час; Δt₁ – час між досягненням максимальної ефективності базової та поліпшеної технологій виробництва; Δt₂ – час між досягненням максимальної ефективності базової та сучасної ресурсощадної технології.

Рисунок 3.9 – Оцінювання ефективності запровадження елементів енергозбереження та інших інновацій [9]

У зв'язку з тим, що багато наукових шкіл займаються питанням оцінювання ефективності впровадження проектів, існує безліч методик, процедур. Розглянемо основні методики оцінювання впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень.

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах оцінювання гудвілу. Гудвіл – це надприбуток підприємства, що визначається сумою синергетичних ефектів відносно середньої норми прибутку, яка генерується активами підприємств, насамперед його нематеріальними активами, в тому числі, ділової репутації як складової організаційного капіталу.

Впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень, в тому числі енергоактивних огорожень, дозволить отримати не тільки позитивні технічні переваги генерованої енергії, а й соціально-економічний позитивний ефект всієї енергетичної системи. Одержаний соціально-економічний ефект від впровадження заходів з енергозбереження, в тому числі енергоактивних огорожень, формалізовано можливо визначити (формула 3.42) [10, с. 43]:

$$\begin{cases} E_{soc-ec} = EV_{сценар} - EV_{факт}, \\ EV = \bar{A}_{річ} + G, \\ G = \Pi_{чист} - (\bar{A}_{річ} \times H_A). \end{cases} \quad (3.42)$$

де: EV – соціально-економічний ефект від впровадження заходів з енергозбереження, грн.;

$EV_{сценар}, EV_{факт}$ – відповідно соціально-економічний ефект від впровадження заходів з енергозбереження сценарного та фактичного, грн.;

G – сума гудвілу на основі оцінки за фактичною сумою прибутку, грн.;

$\Pi_{чист}$ – середньорічна сума чистого прибутку, грн.;

$A_{річ}$ – середньорічна вартість активів, грн.;

H_A – норма рентабельності активів, частка.

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах **теорії життєвого циклу**. Відбір конструктивних рішень енергоактивних огорожень, а також схемних рішень інноваційних систем енергозабезпечення пропонується проводити з урахуванням максимізації економічного ефекту (проводиться на основі побудови математичної моделі) (формула 3.43) [11, с. 163]:

$$\begin{cases} LCC_i < B_i, \\ E_i^{Ec} + E_i^S + CoD_i > LCC_i, \\ \text{при умовах: } LCC_i \rightarrow \min, \\ E_i^{Ec}, E_i^S, CoD_i \rightarrow \max, \end{cases} \quad (3.43)$$

де: LCC_i – витрати «часу життя» i -того проекту з енергозбереження, грн.;

B_i – бюджет на реалізацію проектів з енергозбереження у t -тому році, грн.;

E_i^{Ec} – екологічний ефект, що пов'язаний з реалізацією i -того проекту з енергозбереження, грн.;

E_i^S – соціальний ефект, що пов'язаний з реалізацією i -того проекту з енергозбереження, грн.;

CoD_i – вартість відкладених рішень, що пов'язані з реалізацією i -того проекту з енергозбереження, грн.

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах **теорії альтернативних витрат**. Ще в 1817 році Давид Рікардо був близьким до розробки концепції альтернативних витрат у такому ж вигляді, проте його принцип мав назву «порівняних переваг» [12], який вважав, що саме через порівняні переваги виражається ефективність того чи іншого явища.

Концепція альтернативних витрат була розроблена в XIX ст. Фрідріхом фон Візером, який створив принцип «імпутації» [13], тобто присвоєння ціни та корисності одного товару іншому за умови, що ці товари економічно пов'язані.

Альтернативні витрати – це економічний термін, який визначає втрачений зиск у результаті альтернативного використання певного ресурсу [14]. При цьому величина втраченого зиску визначається як найбільше значення із усіх можливих альтернатив.

Процедури та методи аналізу інвестиційної привабливості спрямовані на визначення альтернатив і співставлення варіантів реалізації проекту за критерієм енергоефективності. Комплексну економічну ефективність при прийнятті рішення щодо вибору інноваційної системи енергозабезпечення, в тому числі з використанням енергоактивного огороження, математично можливо визначити як (3.44) [11, с. 166]:

$$E_{en} = \frac{\sum_{n=1}^N (W_0 - W_1) \times c_n + E^{Es} + E^s + CoD + \Delta P_{rep}^{perm}}{LCC + P_{cred} + D_{eq}} \quad (3.44)$$

де: E_{en} – економічний ефект від впровадження проекту з енергозбереження, частка;

W_0, W_1 – обсяг річного споживання n -го енергоресурсу відповідно до та після реалізації проекту з енергозбереження, кВт·год. (Гкал, м³, т.у.п.);

c_n – вартість одиниці n -го енергоресурсу, грн.;

ΔP_{rep}^{perm} – зміна вартості планових поточних ремонтів, профілактичних оглядів та обслуговування, грн.;

P_{cred} – виплата відсотків за позицію, грн.;

D_{eq} – витрати, які пов'язані з простоем виробничих потужностей підприємства, що обумовленим реалізацією проекту з енергозбереження, грн.

Щодо екологічного та соціального ефектів, які пов'язані з реалізацією *i-того* проекту з енергозбереження, у тому числі впровадження енергоактивних огорожень, то можливо виділити інтернальні та екстернальні ефекти. Так, інтернальний екологічний ефект – це зменшення суми екологічних платежів, скорочення екологічних збитків підприємств; соціальний – збільшення рівня умотивованості персоналу щодо проблем енергозбереження, зменшення виплат по випадкам виробничого травматизму тощо. Екстернальний ефект синергується з складників сукупних ефектів: соціальний, екологічний, економічний як результат підвищення капіталізації, ринкової вартості, конкурентоспроможності, безпеки суб'єкта господарювання на засадах взаємодії стейкхолдерів системи впровадження систем енергозбереження.

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах методу аналізу ієрархії. Метод аналізу ієрархії (МАІ), розроблений відомим американським математиком Томасом Сааті, з успіхом використовується для розв'язання багатьох практичних задач на різних рівнях планування [14]. МАІ при прогнозуванні витрат на енергозбереження можна застосовувати для вирішення багатьох завдань: порівняльний аналіз об'єктів видів витрат на енергозбереження (багатокритеріальне ранжування); багатокритеріальний вибір кращого об'єкта (кращої альтернативи) здійснення витрат на енергозбереження; розподілу енергетичних ресурсів між проектами підприємства; проектування систем оцінювання витрат на енергозбереження за кількісними та якісними характеристиками. Цей метод для успішного застосування вимагає дотримання таких умов: у процедурі беруть участь висококваліфіковані експерти, які не допускають суттєвих похибок в оцінках, більше того, в МАІ потрібно, щоб група експертів була консолідованою, тобто мала спільні позиції і прагнула до узгодженості своїх оцінок; для безліч порівнюваних об'єктів (альтернатив) може бути побудована загальна система критеріїв; оцінки

щодо «негативних» критеріїв – не знаходяться в небезпечній близькості до обмежень. МАІ – математично обґрунтований підхід для отримання шкали відношень при вирішенні складних проблем.

МАІ при прогнозуванні витрат на енергозбереження можливо простежити при здійсненні суб'єктом декілька альтернативних проектів, при цьому можливо три типи задач використання енергетичних ресурсів E : повне використання існуючих ресурсів, частково та розподіл відповідно до відношення маржинального пріоритету до витрат на енергозбереження. Використання (залучення) всіх енергетичних ресурсів підприємства – коли розпочинається новий проект (новий вид діяльності). Можливо провести розрахунок ефективності використання енергетичних ресурсів (E_E) та вартості (витрат на енергетичні ресурси – P_E), при цьому проекти (n) ідентифікувати відповідно до відношення (3.45) [15, с. 124-125]:

$$\frac{E_{E_1}}{P_{E_1}} \geq \frac{E_{E_2}}{P_{E_2}} \geq \dots \geq \frac{E_{E_n}}{P_{E_n}} \quad (3.45)$$

Часткове залучення енергетичних ресурсів підприємства – проводиться декілька проектів, а розподіл відбувається на протязі окремих періодів часу, тоді задача формалізується (3.46):

$$\left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{E_{E_i}}{P_{E_i}} \right) E_i = \max, \text{ при } \sum_{i=1}^n E_i = E, 0 \leq E_i \leq \frac{R_{E_i}}{E} \right. \quad (3.46)$$

де: E_i – необхідна кількість енергетичних ресурсів виду діяльності i .

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах методики Кронбаха та Глезера (Cronbach & Gleser). При цьому, коли не вистачає власних енергетичних ресурсів та існують обмеження на залучення зовнішніх, необхідно обрати той проект (вид діяльності), при якому порівняльне

значення вартості по відношенню до загальному наявному ресурсу найменше.

Для проектів (видів діяльності), які знаходяться на етапі здійснення – енергетичні ресурси розподіляються відповідно до відношення маржинального пріоритету до витрат на енергетичні ресурси.

При оцінюванні економічної доцільності запропонованих підходів, на наш погляд, необхідно визначити показник валідності (характеристика, яка відображає здатність отримувати результати, що відповідають поставленій меті, та обґрунтовує адекватність рішень, які приймаються). За основу для розрахунку раціональності впровадження проектів пропонується використати методіку Кронбаха та Глезера (Cronbach & Gleser) [16], при цьому відкоригована (з урахуванням особливості даного механізму) аналітична формула має вигляд:

$$\Delta\Pi = IP_e \cdot T \cdot SD_y \cdot R_{xy} Z_x - C_{np} \cdot IP_b, \quad (3.47)$$

де: $\Delta\Pi$ – зростання прибутку за рахунок впровадження проекту (тис. грн.);

IP_e – кількість проектів інноваційних енергозберігаючих технологій, які були запровадженні за допомогою даного проекту (од.);

T – тривалість діючих проектів (р.);

SD_y – стандартне відхилення критерію успішності, що визначає існуючі відмінності між успішними та неуспішними проектами у прибутку, які вони приносять підприємству (тис. грн.);

R_{xy} – коефіцієнт критеріальної валідності проекту;

Z_x – середнє стандартизоване значення головного критерію успішності проектів;

C_{np} – витрати на впровадження проекту (тис. грн.);

IP_b – кількість проектів, які були оцінені (од.).

Ефективність прийняття управлінських рішень щодо запровадження системи енергоактивних огорожень на основі використання

альтернативних джерел енергії буде визначатися за 4 показниками: стандартне відхилення доходу від запровадження системи енергоактивних огорожень (дол.), сума доходу на один проект з енергозбереження (дол.), середні витрати на один проект з енергозбереження (дол.), прибуток від запровадження системи енергоактивних огорожень (дол.). Стандартне відхилення доходу від запровадження системи енергоактивних огорожень розраховано згідно з методикою Шмідта та Хантера (Schmidt&Hunter), за якою дослідження показують, що стандартне відхилення ефективності проектів, які виконуються в перше, у грошовому вираженні складає мінімум 40% від очікуваного доходу. Відносно обґрунтованості методик оцінювання існує багато соціологічних досліджень, за якими показник валідності вважається рівним 0,37. Щодо середнього стандартизованого значення головного показника для проекту системи енергоактивних огорожень на основі використання альтернативних джерел енергії воно складає у середньому 0,418. Результати розрахунків ефективності системи енергоактивних огорожень на основі використання альтернативних джерел енергії на засадах методики Cronbach & Gleser надано у (табл.3.11).

Також для нівелювання людського фактору при прийнятті рішень із впровадження проектів з енергозбереження можливо використати постулати теорії контрактів. Нобелівські лауреати 2016 року Бенгт Холмстрем та Олівер Харт у своїй теорії контрактів розглянули регулювання взаємовідносин між контрагентами: контракти здатні значно послабити конфлікт інтересів між учасниками економічної взаємодії, а тому стають все поширенішими і більш складні форми [17]. При впровадженні проектів залучаються контрагенти: підрядники, фінансові установи, ЕКСО тощо. Чим краще сформульовані умови договору, тим більше стимулів і мотивів для всіх сторін отримати максимальні переваги від кооперації [18].

Таблиця 3.11

Оцінювання ефективності системи енергоактивних огорожень на основі використання альтернативних джерел енергії на засадах методики Cronbach & Gleser [авторські розрахунки]

№ з/п	Показники	Значення, дол.
1	Стандартне відхилення доходу від запровадження системи енергоактивних огорожень	23276865,38
2	Сума доходу на один проект з енергозбереження ($0,418 \times 0,37 \times 23276865,38$)	3600000
3	Середні витрати на один проект з енергозбереження (табл. 1 стр.19)	2880000
4	Прибуток від запровадження системи енергоактивних огорожень ($3600000 - 2880000$)	720000

Визначення оцінювання ефективності впровадження запропонованих інноваційних технічних рішень на засадах теорії взаємозв'язку продуктивності та ефективності (методика М. Фаррелла). Продуктивність виробництва, також як і ефективність, визначається співвідношенням кінцевого продукту (англ. output) до вхідного фактору (англ. input).

Загальна ефективність (GE) аналітична формула має вигляд (формула 3.48):

$$GE = TE \times AE; 0 \leq GE \leq 1 \quad (3.48)$$

Відповідно до методики М. Фаррелла ефективність – це співвідношення фактичної продуктивності підприємства до максимальної можливої продуктивності. Фаррелл загальну ефективність (GE) розглядає як добуток технічної ефективності (TE) та аллокативну (розподільчої) ефективність (AE). Аллокативна ефективність, відповідно до М. Фаррелла, виникає, коли суб'єкт господарювання знаходиться перед вибором ресурсів для виробництва при даних цінах з мінімальними

витратами і визначає в якій мірі рішення з мінімальними витратними і технічно ефективне рішення один від одного.

3.6 Методика визначення вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження

Після теоретичного обґрунтування вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження, розглянемо відповідну методику, яка має такі розділи:

1. Преамбулу розділу (короткий зміст, цілі (задачі)).
2. Техніко-економічну характеристику базисної енергетичної схеми.
3. Заходи щодо удосконалення управління даною енергетичною схемою.
4. Розрахунок капітальних вкладень на технічне переозброєння проектованої енергетичної схеми.
5. Розрахунок економії поточних витрат на енергосистему.
6. Розрахунок експлуатаційних витрат на енергосистему.
7. Розрахунок зниження собівартості.
8. Визначення ефективності запропонованих заходів.
9. Розрахунок економії від зниження платежів за порушення природного середовища підприємства.

У преамбулі дається стислий опис задач, які вирішуються при проектуванні енергетичної схеми заходів з енергозбереження, схема техніко-економічних розрахунків та визначаються очікувані результати, що передбачається отримати після впровадження організаційно-технічних заходів проекту.

У техніко-економічній характеристиці базисної енергетичної схеми розкривається загальний опис технологічного об'єкта та обслуговуючої його енергетичної системи. Визначається схема організаційної структури

суб'єкта господарювання в сукупності з енергетичною системою, Також необхідно навести технічні (потужність, споживання, витрати, втрати та ін.) й економічні (балансова вартість енергетичної системи; калькулювання собівартості енергії, що виробляється (споживається) енергетичною системою; ефективний час роботи системи; заробітна плата персоналу; обсяг продукції, що випускається; калькуляція собівартості продукції, що випускається; ціни на продукцію та енергетичні ресурси) показники, що характеризують роботу даної енергетичної системи.

Заходи щодо удосконалення управління енергетичною схемою. На основі результатів аналізу функціонування енергетичної системи, виявлення недоліків у її роботі, а також інформації, отриманої у процесі наукового пошуку, – надаються пропозиції щодо удосконалення наявної енергетичної системи з метою енергозбереження.

Приклад 3.8. Для підвищення ефективності використання палива, підвищення економічності роботи котлоагрегату пропонується встановити систему сушки палива газами, які відходять з технологічного процесу. Такі зміни покращать роботу основного технологічного обладнання і технічні характеристики палива. Технічна характеристика котлоагрегату ТПП-210А після модернізації наведена в табл.. 3.12.

Розрахунок капітальних вкладень на технічне переозброєння проекрованої енергетичної схеми. Капітальні вкладення на переозброєння проекрованої енергетичної системи складаються з вартості енергоустаткування й енергетичних передавальних засобів (електричних ліній, трубопроводів та ін.).

Вартість будівель (якщо такі передбачаються у проекті) необхідних для розміщення центрального пульта управління енергетичною системою розраховується відповідно до обсягу проектної величини будівлі та

усередненої вартості за 1 м³ відповідної будівлі за нормами та правилами або за фактичною вартістю будівництва.

Таблиця 3.12

Технічна характеристика котлоагрегату ТПП-210А після модернізації

Величина	Одиниці вимірювання	Варіанти			
		Нормальне паливо	Паливо погіршеної якості		
			Без включення сушки	З включенням сушки по замкнутій схемі	З включенням сушки по розімкненій схемі
1	2	3	4		
Теплотворна здатність палива	кДж кг	27445	20950	20950	22877
Робоча зольність палива	%	15,2	27,9	27,9	30,6
Робоча вогкість палива	%	5	8,9	8,9	0,5
Паропродуктивність	т/ч	375	375	375	375
Тиск перегрітої пари	МПа	24	24	24	24
Температура перегрітої пари	°С	565	565	565	565
Продуктивність по вторинній парі	т/ч	300	300	300	300
Тиск вторинної пари	МПа	3,5	3,5	3,5	3,5
Температура вторинної пари	°С	570	570	570	570
Втрати тепла з газами, які відходять	%	4,7	7,48	7,77	5,92
Втрати тепла з механічним недопалюванням	%	2,0	2,5	2,5	2,436
Втрати тепла в навколишнє середовище	%	0,2	0,53	0,53	0,53
ККД котла	%	92,66	89,13	88,83	90,74
Тепло корисно використане в котлі	ГДж/г	1062	970,8	980,04	957,8
Розрахункова витрата палива	т/г	54,67	67,63	60,67	60,67

Вартість енергоукомплектування, КВПіА, обчислювальної техніки та ін. визначають на підставі специфікації за діючими прейскурантами.

Враховуються також витрати на транспортування, монтаж, налагодження, запасні частини та інші витрати. Крім цього, необхідно враховувати витрати на розробку конструкторської документації.

Для встановлення пальників обраного типу необхідно демонтувати пальники, які були встановлені раніше. Загальна сума капітальних вкладень на технічне переозброєння проекрованої енергетичної схеми буде дорівнювати:

$$K_{заг}^e = K_{б\text{уд}} + K_{об} + K_{лн} + K_{мн} + K_{нв} + K_{нк} + K_{ів} - K_{ви\text{в}} \quad (3.49)$$

де: $K_{б\text{уд}}$ – капітальні витрати на будівництво будівель, грн.; $K_{об}$ – капітальні витрати на енергообладнання, грн.;

$K_{лн}$ – капітальні витрати на лінії енергопостачання, грн.;

$K_{мн}$ – капітальні витрати на монтажні роботи (приймаються за фактичними даними або 15-20% від $K_{об} + K_{лн}$), грн.;

$K_{нв}$ – накладні витрати (транспорт, консервування, запасні частини та ін.) – приймаються за збільшеними нормами (5%) від вартості обладнання, грн.;

$K_{нк}$ – капітальні витрати на розробку проектної та конструкторської документації, грн.;

$K_{ів}$ – інші витрати (вартість матеріалів, приладів, обладнання, що не є складними частинами кошторису витрат та інші витрати, грн.;

$K_{ви\text{в}}$ – залишкова вартість обладнання, що демонтується, грн.

Продовження **прикладу 3.8**. Не планується будівництво нової будівлі, загальний кошторис витрат на енергообладнання наведено у табл. 3.13.

Тоді, відповідно до формули 3.49, загальна сума капітальних вкладень на технічне переозброєння проекрованої енергетичної схеми буде дорівнювати:

$$K_{заг}^e = 63850 + 12770 + 86187 + 33150 + 5700 = 201657,00 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна вартість капітальних вкладень на реалізацію проекту дорівнює 201657,00 грн.

Таблиця 3.13

Кошторис витрат на енергообладнання

№ з/п	Найменування робіт і витрат	Одиниці виміру	Кількість один. виміру	Вартість кошторису, грн.	
				одиниці	загальна вартість
1	Блок управління	шт.	1	63850	63850
2	Комп'ютер	шт.	1	12770	12770
3	Лінії енергопостачання	грн.	-	-	86187
4	Монтажні роботи	грн.	-	-	33150
5	Капітальні витрати на розробку проектно-конструкторської документації та	грн.	-	-	5700
	Всього витрат	-	-	-	201657

Розрахунок економії поточних витрат на енергосистему визначається відповідно до структури витрат.

Розрахунок зміни витрат, що пов'язані з використанням сировини та матеріалів визначають по кожному виду окремо за формулою:

$$E_m = (N_1 - N_2) \times C_m \times Q \quad (3.50)$$

де: E_m – річна економія витрат на сировину або матеріали, грн.;

N_1, N_2 – норма витрат сировини або матеріалів на одинцю продукцію відповідно до і після організаційно-технічних, натуральні одиниці;

C_m – ціна сировини або матеріалів, грн./ натуральні одиниці;

Q – випуск продукції протягом року після впровадження організаційно-технічних заходів, натуральні одиниці.

Відповідно до **прикладу 3.8**, не передбачається зміна витрат, що пов'язані з використанням сировини та матеріалів.

Розрахунок зміни витрат, що пов'язані з використанням палива, пари, газу, води та електроенергії.

Економію витрат, які пов'язані з використанням палива, визначають по формулі:

$$E_n = (N_1 - N_2) \times C_n \times T_{ef} \quad (3.51)$$

де: E_n – річна економія палива, грн.;

N_1 і N_2 – норма витрат палива в одиницю часу, відповідно до і після організаційно-технічних заходів, натуральні одиниці /годину;

C_n – ціна палива, грн. / натуральні одиниці;

T_{ef} – ефективний час роботи обладнання протягом року, годин.

Ефективний фонд роботи обладнання визначається за формулою:

$$T_{ef} = T_{кал} \cdot n_{зм} \cdot T_{зм} - T_{ППР} - T_{рез} \quad (3.52)$$

де: $T_{кал}$ – календарний фонд часу, годин;

$n_{зм}$ – кількість робочих змін, одиниць;

$T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, годин;

$T_{ППР}$ – тривалість планово-попереджувальних ремонтів обладнання, годин;

$T_{рез}$ – тривалість простою обладнання в резерві, годин.

Продовження прикладу 3.8. Режим роботи базового підприємства безперервний в три зміни тривалістю 8 годин, визначено ефективний фонд роботи обладнання визначається за формулою (3.52):

$$T_{ef} = 365 \cdot 3 \cdot 8 - 1147 - 124 = 7489 \text{ годин.}$$

Після впровадження проекту зменшиться витрати палива – енергетичного вугілля з 1283,213 т/годину до 1146,946 т/годину.

Тоді економія палива після впровадження проекту відповідно до формули (3.51) буде дорівнювати:

$$E_n = (1283,213 - 1146,946) \times 3700 \times 7489 = 3775863183,1 \text{ грн./рік.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат на енергосистему. Додаткові витрати, пов'язані з експлуатацією енергосистеми складаються з додаткових амортизаційних відрахувань (B_a).

При розрахунку суми амортизації враховані також додаткові капітальні витрати, пов'язані з впровадженням заходів.

Таким чином, отримують загальну річну суму додаткових витрат ΔB .

$$\Delta B = B_a \quad (3.53)$$

Витрати на амортизацію (B_a) розраховуються на підставі даних про середньорічну вартість основних фондів (ОФ) певної групи (F_i) та встановленої для цієї групи норми амортизації (H_{ai}) за формулою:

$$B_{a_i} = F_i \times H_{ai}, \quad (3.54)$$

де: F_i – середньорічна вартість основних фондів певної групи, грн.;

H_{ai} – норма амортизаційних відрахувань відповідної i -ої групи основних виробничих фондів підприємства, частка;

i - група основних виробничих фондів підприємства.

Норма амортизаційних відрахувань визначається прямолінійним методом за формулою:

$$H_{A_i} = \frac{1}{T_{cl}}, \quad (3.55)$$

де: T_{cl} – термін корисного використання (експлуатації) об'єкта основних фондів, років.

Класифікація груп основних фондів та інших необоротних активів і мінімально припустимих термінів їх корисного використання відповідно до Податкового Кодексу України (ПКУ) [19].

Річна сума амортизації (A) дорівнює сумі амортизації всіх груп основних фондів.

$$Ba = \sum Ba_i \quad (3.56)$$

Необхідно визначити і занести до табл. 3.14 норму амортизаційних відрахувань для кожної групи основних фондів (ОФ) і суму амортизації.

Продовження прикладу 3.8. Відповідно до табл. 3.13 витрати на енергообладнання (група 4 основних фондів) дорівнює 201657 грн. У табл. 3.14 наведено розрахунок амортизаційних відрахувань.

При розрахунку суми амортизації враховані також додаткові капітальні витрати, пов'язані з впровадженням заходів.

Таблиця 3.14

Розрахунок суми амортизаційних відрахувань для проекту

Група ОФ	Середньорічна вартість ОФ (Fi), грн.	Строк корисного використання (експлуатації) об'єкта ОФ (T _{сл}), років (ПКУ)	Норма амортизаційних відрахувань (Наi), частка (формула 3.50)	Амортизація річна (Ba), грн. (формула 3.49)
Група 3 (будівлі, споруди, передавальні пристрої)	–	15	–	–
Група 4 (машини та обладнання)	201657	5	$\frac{1}{5} = 0,2$	$201657 \times 0,2 = 40331,4$
Група 5 (транспортні засоби)	–	5	–	–
Група 6 (інструмент, інвентар)	–	4	–	–
Сума	201657	X	X	40331,4

Таким чином, отримують загальну річну суму додаткових витрат ΔB :

$$\Delta B = 40331,4 \text{ грн./рік}$$

Розрахунок зниження собівартості.

Собівартість продукції (електроенергії) після впровадження проекту розраховуємо за формулою:

$$C' = C - \frac{E_{заг}}{Q}, \quad (3.56)$$

де: C, C' – собівартість одиниці продукції до і після впровадження заходу, грн./ натурал. од.;

Q – випуск продукції після впровадження проекту, натурал. од.;

$E_{заг}$ – сумарна зміна поточних витрат, грн.

Відповідно, сумарна зміна поточних витрат визначається за формулою:

$$E_{заг} = E_n - \Delta B, \quad (3.57)$$

Продовження прикладу 3.8.

Сумарна зміна поточних витрат (E_n – формула 3.46; ΔB – (3.48):

$$E_{заг} = 3775863183,1 - 40331,4 = 3775822851,7 \text{ грн./рік}$$

Отримуємо собівартість пари після впровадження проекту:

$$C' = 266,2 - \frac{3775822851,7}{2105000000} = 264,41 \text{ грн./т}$$

Тобто, економія собівартості пари складає 1,79 грн./т (264,41-266,2 = - 1,79 (грн./т))

Визначення ефективності запропонованих заходів. Заходи щодо вдосконалення енергетичної системи можна визнати ефективними, якщо покращиться техніко-економічні показники діяльності підприємства. Для

оцінки ефективності, окрім розрахунку зниження собівартості, слід визначити зміни таких показників:

- обсяг виробленої продукції в вартісному виразі:

$$ТП = Ц^{од} \times Q, \quad (3.58)$$

де: $ТП$ – обсяг товарної продукції підприємства, грн.;

$Ц$ – ціна одиниці виготовленої продукції, грн./ натурал. од.;

Q – обсяг продукції в натуральному виразі, натурал. од.

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо обсяг виробленої продукції в вартісному виразі – до запровадження проекту (базовий) та після запровадження проекту (проектний):

базовий: $ТП_{баз} = 350 \cdot 2105000000 = 736750$ млн. грн./рік

У зв'язку з тим, що при запровадженні проекту обсяг виробленої продукції та її ціна не змінюється, то:

проектний: $ТП_{пр} = ТП_{баз} = 736750$ млн. грн./рік

- фондвіддача:

$$f_s = \frac{ТП}{F_i}, \quad (3.59)$$

де: f_s – фондвіддача, грн./грн.;

F_i – середньорічна вартість основних виробничих фондів підприємства, грн.

Середньорічна вартість основних виробничих фондів підприємства відповідно до Форми 1 «Баланс. Звіт про фінансовий стан» усіх основних фондів (основних засобів) виробничого призначення.

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо фондвіддачу – до запровадження проекту (базову) та після запровадження проекту (проектну):

$$\text{базова: } f_s^{\text{баз}} = \frac{736750 \text{ млн.}}{174357 \text{ тис.}} = 4226,53 \text{ грн./грн.}$$

У зв'язку з тим, що при запровадженні проекту доповнюється витрати групи 4 на суму 201657 грн., то середньорічна вартість основних виробничих фондів підприємства складатиме: $174357000 + 201657 = 174558657$ грн.

$$\text{проектна: } f_s^{\text{пр}} = \frac{736750 \text{ млн.}}{174558,657 \text{ тис.}} = 4220,64 \text{ грн./грн.}$$

- продуктивність праці виробничих працівників та продуктивність праці всього промислово-виробничого персоналу. Продуктивність праці всього промислово-виробничого персоналу визначається за формулою:

$$ПП_{\text{ПВП}} = \frac{ТП}{Ч_{\text{ПВП}}}, \quad (3.60)$$

де $ПП_{\text{ПВП}}$ – продуктивність праці промислово-виробничого персоналу, грн./ особу;

$Ч_{\text{ПВП}}$ – чисельність всього промислово-виробничого персоналу, особи.

Продуктивність праці виробничих працівників визначається за формулою:

$$ПП_{\text{ВП}} = \frac{Q}{Ч_{\text{ВР}}}, \quad (3.61)$$

де $ПП_{\text{ВП}}$ – продуктивність праці виробничих працівників, грн./ натурал. од.;

$Ч_{\text{ВР}}$ – чисельність виробничих працівників, особи.

Чисельність виробничих працівників визначається відповідно до даних статистичного звіту № 1-ПВ «Звіт із праці».

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо продуктивність праці всього промислово-виробничого персоналу – до запровадження проекту (базова) та після запровадження проекту (проектна):

$$\text{базова: } \text{ПП}_{\text{ПВП}}^{\text{баз}} = \frac{736750 \text{ млн}}{2391} = 308134,67 \text{ тис. грн./ особу}$$

У зв'язку з тим, що при запровадженні проекту обсяг виробленої продукції, її ціна та чисельність персоналу не змінюється, то:

$$\text{проектна: } \text{ПП}_{\text{ПВП}}^{\text{баз}} = \text{ПП}_{\text{ПВП}}^{\text{np}} = 308134,67 \text{ тис. грн./ особу}$$

Розрахуємо продуктивність праці виробничих працівників – до запровадження проекту (базова) та після запровадження проекту (проектна):

$$\text{базова: } \text{ПП}_{\text{ВП}}^{\text{баз}} = \frac{2105000000}{800} = 2631,25 \text{ тис. т/ особу}$$

У зв'язку з тим, що при запровадженні проекту обсяг виробленої продукції, її ціна та чисельність персоналу не змінюється, то:

$$\text{проектна: } \text{ПП}_{\text{ВП}}^{\text{баз}} = \text{ПП}_{\text{ВП}}^{\text{np}} = 2631,25 \text{ тис. т / особу}$$

- прибуток від господарської діяльності підприємства:

$$P_{\text{опер}} = (C^{\text{од}} - C) \cdot Q, \quad (3.62)$$

де: P – прибуток підприємства, грн.

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо прибуток від господарської діяльності підприємства – до запровадження проекту (базовий) та після запровадження проекту (проектний):

$$\text{базовий: } P^{\text{баз}} = (350 - 266,2) \cdot 2105000000 = 176399000 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{проектний: } P^{\text{np}} = (350 - 264,41) \cdot 2105000000 = 180166950 \text{ тис. грн.}$$

- рентабельність виготовленої продукції:

$$R = \frac{C - C}{C} \cdot 100\%, \quad (3.63)$$

де: R – рентабельність продукції, %.

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо рентабельність виготовленої продукції – до запровадження проекту (базову) та після запровадження проекту (проектну):

$$\text{базова: } R^{\text{баз}} = \frac{350 - 266,2}{266,2} \cdot 100\% = 31,48\%$$

$$\text{проектна: } R^{\text{np}} = \frac{350 - 264,41}{264,41} \cdot 100\% = 32,37\%$$

Економічний ефект від впроваджених заходів може бути обчислений за такою формулою:

$$E_{\text{річн}} = \Delta\Pi - E_n \cdot \Delta K, \quad (3.64)$$

де: $E_{\text{річн}}$ – річний економічний ефект від впровадження заходів, грн.;

$\Delta\Pi$ – додатково отриманий прибуток від впроваджених заходів, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладів, приймаємо його рівним 0,3, частка;

ΔK – додаткові капітальні вкладення, грн.

У цьому випадку додатково отриманий прибуток від впроваджених заходів може бути прийнятий рівним сумі загальної економії:

$$\Delta\Pi = \Pi^{\text{np}} - \Pi^{\text{баз}}, \quad (3.65)$$

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо додатково отриманий прибуток від впроваджених заходів:

$$\Delta\Pi = 180166950 \text{ тис.} - 176399000 \text{ тис.} = 3767950 \text{ тис. грн./рік.}$$

Розрахуємо економічний ефект від впроваджених заходів:

$$E_{\text{річн}} = 3767950 \text{ тис.} - 0,3 \cdot 201,657 \text{ тис.} = 3767889,5 \text{ тис. грн./рік}$$

Термін окупності капітальних вкладень на проект визначається за формулою:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Delta \Pi} \quad (3.66)$$

де: $T_{ок}$ – термін окупності капітальних вкладень на проект.

Продовження прикладу 3.8.

Розрахуємо термін окупності капітальних вкладень на проект:

$$T_{ок} = \frac{201,657 \text{ тис.}}{3767950 \text{ тис.}} = 0,000005 \text{ року} - \text{термін окупності менше 1 місяця.}$$

Результати розрахунків занесено до табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Зведені техніко-економічні показники проекту

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення		Відхилення	
			базис	проект	абсолютне, +,-	відносне, %
1	2	3	4	5	6=5-4	7=(6/4)×100
1	Товарна продукція:					
1.1	у натуральному вираженні	млн. т	2105	2105	-	-
1.2	у вартісному виразі	млн. грн.	736750	736750	-	-
2	Собівартість одиниці продукції	грн./т	266,2	264,41	1,79	
3	Фондовіддача	грн./грн	4226,53	4220,64	-5,89	0,14
4	Продуктивність праці промислово-виробничого персоналу	тис. грн./особу	308134,67	308134,67	-	-
5	Продуктивність праці виробничих працівників	тис. т / особу	2631,25	2631,25	-	-
6	Прибуток	тис. грн.	176399000	180166950	3767950	2,14
7	Рентабельність продукції	%	31,48	32,37	0,89	X
8	Капітальні вкладення	грн.	X	201657	X	X
9	Термін окупності капітальних вкладень	років	X	0,00005	X	X
10	Економічний ефект від впровадження заходів	тис. грн.	X	3767889,5	X	X

Після впровадження системи сушки палива газами, які відходять з технологічного процесу, випуск продукції в натуральному вираженні не зміниться і становитиме 21,05 млрд. т на рік, в вартісному її вираженні 736750 млн. грн.

Позитивним з економічної точки зору є: зниження собівартості енергії на 0,14%; можливість отримання додаткового прибутку за рахунок впровадження проекту на суму 3767950 тис. грн. або 2,14 %; досить невеликий термін окупності додаткових капітальних вкладень; а також економічний ефект від впровадження становитиме 3767889,5 тис. грн.

3.7 Організаційно-економічні засади дослідження технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження

Ефективність науково-дослідницької роботи визначається правильно вибраним напрямком виконання робіт і економічними витратами.

При виконанні науково-дослідної робіт з метою підвищення їх ефективності необхідно уміти правильно планувати і управляти процесом. Серед сучасних методів наукового планування і управління метод мережевого планування й управління (МПУ) набув найбільше поширення. Одним з основних етапів при використанні методу МПУ є побудова мережевої моделі – графіка планового процесу та визначенні його розрахункових параметрів.

Приклад 3.9.

Організація науково-дослідницької роботи має такі елементи: патентний пошук; аналітичний огляд літератури; експериментальна частина, що включає визначення оптимальних умов проведення дослідів.

Для раціонального використання часу при виконанні дослідницької роботи був використаний мережевий метод планування і управління, який

оснований на оцінці параметрів мережевого графіку. За оцінкою повних шляхів на графіку визначаємо загальну тривалість дослідницької роботи. Для цієї мети використовуємо директивний план проведення дослідницької роботи, приведений в табл. 3.16.

Таблиця 3.16

План виконання дослідження

№ з/п	Найменування робіт	Код роботи	Тривалість роботи t_{ij} , дні
1	Постановка задачі	0-1	1
2	Складання плану досліду	1-2	2
3	Літературний огляд	2-3	20
4	Підготовка речовини	3-4	2
5	Підготовка посуду та устаткування	3-6	1
6	Дослідження зразків АСПВ	4-7	2
7	Приготування композицій розчинників	6-7	2
8	Дослідження розчинності за статичним методом	6-8	3
9	Дослідження розчинності за динамічним методом	7-8	3
10	Вимірювання густини	7-9	4
11	Побудова графіків	9-10	4
12	Перевірка керівником наукової роботи	10-11	5
13	Виконання розділу «Охорона праці»	10-12	3
14	Оформлення експериментальної частини	11-14	7
15	Виконання розділу «Організаційно-економічна частина»	12-13	3
16	Оформлення наукової роботи	13-14	7
17	Рецензія і захист	14-15	2
	Усього (сумарна тривалість всіх робіт і очкувань), днів		71
	Те ж, але у %		100

На основі перелічених робіт та послідовності їх виконання будуємо мережевий графік (рис. 3.10), з якого визначаємо табличними і графічними методами критичний шлях. Це шлях, який має максимальну продуктивність.

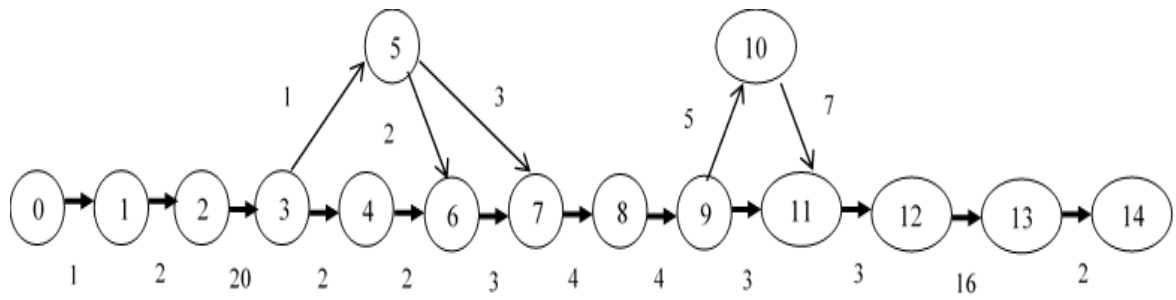





Рисунок 3.10 – Мережевий графік організації науково-дослідницької роботи

-  – подія
-  – робота
-  – критичний шлях

Розрахунок тривалості всіх можливих шляхів наведений в табл. 3.17.

Таблиця 3.17

Розрахунок тривалості шляхів при організації науково-дослідницької роботи

№ з/п	№ шляху	Склад робіт цього шляху	Тривалість робіт цього шляху, дні	Тривалість шляху, дні
1	2	3	4	5
1	L ₁	0,1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14	1,2,20,2,2,3,4,,4,3,3,16,2	62
2	L ₂	0,1,2,4,6,7,8,9,10,13,14	1,2,20,2,2,3,4,4,5,7,2	52
3	L ₃	0,1,2,3,5,6,7,8,9,11,12,13,14	1,2,20,1,2,3,4,4,3,3,16,2	61
4	L ₄	0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,13,14	1,2,20,1,2,3,4,4,5,7,2	51
5	L ₅	0,1,2,3,5,7,8,9,11,12,13,14	1,2,20,1,3,4,4,3,3,16,2	59
6	L ₆	0,1,2,3, 5,7,8,9,10,13,14	1,2,20,1,3,4,4,5,7,2	49

L₁ є критичним шляхом. Таким чином тривалість критичного шляху науково-дослідницької роботи складає 62 дні.

Визначаємо параметри мережевого графіку (рис. 3.10):

$$t_{ij}^{pp} = t_i^p, \quad (3.67)$$

де: t_{ij}^{pp} – характеризується довжиною критичного шляху від початкової події до моменту початку даної роботи;

t_i^p – ранній строк здійснення i -ої події, визначається довжиною критичного шляху від початкової до i -ої події; враховує, що початкова подія здійснюється в нульовий момент часу.

Це означає, що ранній строк здійснення i -ої події дорівнює ранньому строку початку роботи ij (табл. 3.18).

Ранній строк закінчення роботи визначається довжиною критичного шляху від початкової події до моменту закінчення роботи:

$$t_{ij}^{p3} = t_i^p + t_{ij} \quad (3.68)$$

де: t_{ij}^{p3} – раннє закінчення;

t_j^p – пізній строк здійснення j -ї події. Це такий строк, який не викличе затримання здійснення кінцевої події або зриву загальних строків виконання роботи.

Розраховується показник пізнього строку здійснення j -ї події за формулою:

$$t_j^p = L_{кр} - t [L (j \div c)_{max}] \quad (3.69)$$

де: t_{ij}^{pp} – пізній строк початку роботи. Це такий строк, який не викличе затримку здійснення кінцевої події, або зриву загальних строків виконання роботи.

Розрахунок пізнього строку початку роботи проводиться за формулою:

$$t_{ij}^{pp} = t_j^p - t_{ij} \quad (3.70)$$

де: t_{ij}^{p3} – пізнє закінчення здійснення роботи ($t_{ij}^{p3} = t_j^p$ – це найбільш пізній допустимий момент закінчення роботи);

P_i – резерв часу, що являє собою різницю між $t_i^п$ і $t_i^р$ (табл. 3.18).

Розрізняють резерв часу повний і вільний.

$P_{ij}^п$ – повний резерв часу роботи, який показує на скільки можливо збільшити тривалість роботи, щоб при цьому максимальний повний шлях, який проходить через неї, не перевищуючи довжини критичного шляху:

$$P_{ij}^п = t_j^п - t_i^р - t_{ij} \quad (3.71)$$

$P_{ij}^{вч}$ – вільний резерв часу роботи, що показує ту частину повного резерву, яка може бути використана тільки для даної роботи, не змінюючи при цьому ранніх строків наступних робіт:

$$P_{ij}^{вч} = t_j^р - t_i^р - t_{ij} \quad (3.72)$$

Розрахунок параметрів мережевого графіку наведений у табл. 3.18.

Таблиця 3.18

Часові параметри мережевого графіку
науково-дослідницьких робіт, дні

№	i - j	t_{i-j}	$t_{i-j}^{пн}$	$t_{i-j}^{рз}$	$t_{i-j}^{пнп}$	$t_{i-j}^{пз}$	$P_{ij}^п$	$P_{ij}^{вч}$
1	0-1	1	0	1	0	1	0	0
2	1-2	2	1	3	1	3	0	0
3	2-3	20	3	23	3	23	0	0
4	3-4	2	23	25	23	25	0	0
5	3-6	1	23	24	24	25	1	1
6	4-7	2	25	27	25	27	0	0
7	6-7	2	24	26	25	27	1	0
8	6-8	3	24	27	27	30	3	2
9	7-8	3	27	30	27	30	0	0
10	7-9	4	30	34	30	34	0	0
11	9-10	4	34	38	34	38	0	0
12	10-11	5	38	43	48	53	10	10
13	10-12	3	38	41	38	41	0	0
14	11-14	7	43	50	53	60	0	0
15	12-13	3	41	44	41	44	0	0
16	13-14	16	44	60	44	60	0	0
17	14-15	2	60	62	60	62	0	0

Розрахунок результатів раннього та пізнього строку початку подій, а також резервів часу наведений у табл. 3.19.

Таблиця 3.19

Результати раннього та пізнього строку початку подій,
а також резервів часу

t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t_i^p	0	1	3	23	25	24	27	30	34	38	43	41	44	60	62
t_i^n	0	1	3	23	25	25	27	30	34	38	53	41	44	60	62
P_i	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0

Після планування періоду науково-дослідницької роботи необхідно розрахувати кошторис витрат на проведення дослідження.

У кошторис витрат на проведення дослідження входить: витрати на сировину і матеріали; витрати на заробітну плату персоналу, який зайнятий у дослідженні та відрахування на соціальне страхування; енергетичні витрати; витрати на амортизацію обладнання; накладні витрати.

Витрати на основні матеріали, які були використані при проведенні дослідів, знаходяться за формулою:

$$M = \sum_i m_i \times C_i \quad (3.73)$$

де: M – витрати на основні матеріали, грн.;

m_i – кількість витраченого i -го матеріалу, натуральних одиниць;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн./ натуральних одиниць.

Продовження прикладу 3.9.

Результати розрахунків заносимо до табл. 3.20.

Витрати на основні і допоміжні матеріали
при проведенні дослідження

№ з/п	Найменування залучених ресурсів	Одиниця виміру ресурсу	Витрати в натуральному обсязі	Ціна за одиницю ресурсу, грн.	Сума витрат, грн.
I. Основні матеріали:					
1	Бензин	л	1,5	24,04	360,6
II. Допоміжні матеріали					
1	Миючий засіб	кг	0,1	50	5
	Усього матеріальних витрат				365,6

Витрати на електроенергію обладнання знаходимо за формулою:

$$E = M_i \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (3.74)$$

де: E – витрати на електроенергію, грн.;

M – потужність установки, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності, $k = 0,75$;

T – тривалість роботи установки, год.;

a – тариф за 1 кВт·год, $a = 1,68$ грн./кВт·год.

Продовження Прикладу 3.9.

$$E_{\text{лаборат.установ.}} = 3,75 \times 0,9 \times 24 \times 1,68 = 136,08 \text{ грн.}$$

Розрахунок енергетичних витрат обладнання наведені в табл. 3.21.

Витрати на електроенергію при проведенні дослідження

№ з/п	Найменування обладнання	Необхідна потужність, кВт/год.	Коефіцієнт використання потужності (K)	Кількість працюючого часу, год.	Тариф за 1кВт/год.	Вартість спожитої енергії, грн.
1	Лабораторна установка	3,75	0,9	24	1,68	97,2
	Разом:					97,2

Витрати на витрачену воду при проведенні дослідження визначаються за формулою:

$$B = V \cdot Ц; \quad (3.75)$$

де: B – витрати на витрачену воду, грн.;

V – обсяг води витраченої на проведення дослідницької роботи, м³;

$Ц$ – ціна 1 м³, грн.

Продовження прикладу 3.9.

Витрати на витрачену воду при проведенні дослідження

$$B = 5,5 \cdot 7,9 = 43,45 \text{ грн.}$$

При нашому дослідженні використовується тільки група 4 основних засобів, де мінімальна річна норма амортизації відповідно до табл. 3.14 складає 20 %. Розрахунок витрат на амортизацію здійснюється за (3.53-3.56).

Продовження Прикладу 3.9.

Витрати на амортизацію обладнання наведені у табл. 3.22.

Таблиця 3.22

Витрати на амортизацію обладнання при проведенні дослідження

№ з/п	Найменування устаткування	Балансова вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Час роботи, місяці при дослідженні	Витрати на амортизацію, грн.
1	Лабораторна установка	750000	20	0,93	12500
	Разом	750000			12500

Середньомісячна заробітна платня співробітників розраховується шляхом помноження окладу на кількість відпрацьованого часу за формулою:

$$ЗП = \frac{МО}{T_{сер.міс.}} \cdot T_{роб}, \quad (3.76)$$

де: $ЗП$ – середньомісячна заробітна плата робітників, грн.;

MO – місячний оклад, грн.;

$T_{сер.міс.}$ – середньомісячна виробітку, днів;

$T_{роб.}$ – тривалість роботи, днів.

Розрахунок витрат на оплату праці дослідників (наукового керівника, лаборанта, магістра – дослідника) здійснюється відповідно до чинного законодавства.

Продовження прикладу 3.9.

Так, витрати на оплату праці при здійсненні дослідження складається з таких елементів:

- науковий керівник (кандидат наук – 15 % доплата до посадового окладу, доцент – 25 % доплата до посадового окладу, стаж науково-педагогічної роботи 10 років – 15 % доплата до посадового окладу), посадовий оклад 4800 грн. в місяць:
 $4800 \cdot (1+0,15+0,25+0,15) = 7440$ (грн.), середньочасова заробітна плата (36 годин на тиждень, 4 тижня):

$$7440 \text{ грн.} : (36 \cdot 4) = 51,67 \text{ грн./годин.}$$

Відповідно до нормативів керівництва магістрами: 10 годин на одного. Тоді оплата наукового керівника:

$$51,67 \text{ грн. / годин} \cdot 10 \text{ годин} = 516,7 \text{ грн.}$$

- магістр-дослідник (оплата праці відповідно до розміру стипендії – 1800 грн. / місяць), відповідно до розрахунків, період на дослідження 62 дні (приблизно 2 місяці, 288 годин), тоді: середньочасова заробітна плата (36 годин на тиждень, 4 тижня): 1800 грн.:
 $(36 \cdot 4) = 12,5$ грн. /годин. Тоді оплата дослідника:
 $12,5 \text{ грн. / годин} \cdot 288 \text{ годин} = 3600 \text{ грн.}$

Результати розрахунків витрат на оплату праці при дослідженні наведено у табл. 3.23.

Таблиця 3.23

Витрати на оплату праці при дослідженні

№ з/п	Найменування посади	Оплата праці, грн./міс.	Середньочасова оплата праці, грн./годин	Період оплати, годин	Сума, грн.
1	Керівник дослідницької роботи	7440	51,67	10	516,7
2	Дослідник	1800	12,5	288	3600
	Разом	X	X	X	4116,7

Кожен суб'єкт господарювання в Україні повинен сплачувати з нарахованої заробітної плати Єдиний соціальний внесок, розмір якого залежить від Класу професійного ризику. Так, установи освіти належать до 3 класу професійного ризику, у 2017 році ставка складала 36,76 %.

Продовження прикладу 3.9.

Соціальне нарахування здійснюється тільки на оплату праці керівника дослідницької роботи (магістр-дослідник це наймана праця, його стипендія – соціальні витрати). Тоді нарахування на заробітну плату при дослідженні складуть:

$$516,7 \text{ грн.} \cdot 0,3676 = 189,94 \text{ грн.}$$

Стаття «Накладні витрати» включає різні витрати, які пов'язані з обслуговуванням установки, ремонт, освітлення, опалення приміщення тощо. Відповідно до Положення (Стандарту) Бухгалтерського обліку 16 «Витрати» [20] існує декілька методів розподілу накладних витрат. Так, розподіл накладних витрат можливо розрахувати у відсотках від оплати праці виконавців дослідної роботи (до 80 %).

Результати розрахунків витрат кошторису на дослідження наведені у табл. 3.24.

Таблиця 3.24

Кошторис витрат на проведення дослідницької роботи

№ з/п	Витрати	Сума, грн.	Відсоток до підсумку, %
1	Матеріали	365,6	1,77
2	Енергетичні витрати	97,2	0,472
3	Витрати на воду	43,45	0,211
4	Амортизація обладнання	12500	60,66
5	Оплата праці	4116,7	20,22
6	Нарахування на оплату праці	189,94	0,922
7	Накладні витрати (4116,7 · 80 % = 3292,8)	3292,8	15,745
	Разом	20605,69	100

Відповідно до даних табл. 3.24, загальний кошторис витрат на проведення дослідницької роботи складає 20605,69 грн.

Наступним етапом організаційно-економічних засад дослідження технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження, є визначення ринкової ціни дослідження та оцінювання ефективність науково-дослідної роботи.

Ефективність науково-дослідної роботи (НДР) характеризують сумарні витрати на неї, ціна її реалізації, одержаний економічний ефект та термін окупності. Розрахункова формула ціни, зазвичай, залежить від групи, до якої можна віднести науково-дослідну роботу.

Існує 3 групи НДР: I група: фундаментальні; II група: пошукові; III група: прикладні.

Дана дослідницька робота відноситься до другої групи (пошукові роботи).

Ціну дослідження розраховуємо на основі витрат на дослідження і нормативній рентабельності (метод визначення ціни «витрати+прибуток») за формулою:

$$C_{\text{НДР}} = C_{\text{НДР}} \cdot \left(1 + \frac{Re_{\text{НДР}}}{100}\right) \quad (3.77)$$

де: $C_{\text{НДР}}$ – вартість НДР, грн.;

$C_{\text{НДР}}$ – витрати на дослідження, грн.;

$Re_{\text{НДР}}$ – нормативний рівень рентабельності, %. Приймаємо $Re_{\text{НДР}} = 30\%$.

Продовження прикладу 3.9.

Ціна дослідження:

$$C_{\text{НДР}} = 2060569 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 267874 \text{ грн}$$

Економічну ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат. Результат – це прибуток, який визначимо за (3.13):
 Прибуток НДР = 26787,4 грн. – 20605,69 грн. = 6181,71 грн.

Тоді, економічна ефективність НДР = результат/витрати = 6181,71 / 20605,69 = 0,3.

Термін окупності НДР визначається за (3.62): 20605,69 / 6181,71 = 3,33 роки.

Як зазначалось вище, достатність терміну окупності визначається інвестором.

У сучасних умовах інформаційного суспільства існує достатня кількість програмних продуктів, які допомагають не тільки провести необхідні аналітичні розрахунки та побудувати графічні залежності, але створити організаційні засади проекту з енергозбереження. Зокрема, можливо виділити MS Project, який дозволяє побудувати графік Ганта (сітьовий графік), кошторис витрат, віртуальний оптимізатор ресурсів, провести порівняння альтернативних проектів тощо. На рис. 3.11 представлено графік Ганта для **Прикладу 3.9.**

Режим задачі	Назва задачі	Длительнс	Начало	Окончани	Предшественн	Названия ресурсов
★	Постановка задачі	1 день	Пт 01.09.17	Пт 01.09.17		Керівник
→	Складання плану досліду	2 дней	Пн 09.10.17	Пт 24.11.17		Дослідник
★	Літературний огляд	20 дней	Вт 05.09.17	Ср 22.11.17		Дослідник
★	Підготовка речовини	2 дней	Ср 04.10.17	Чт 23.11.17		Дослідник
★	Підготовка посуду та устаткування	1 день	Вт 03.10.17	Вт 03.10.17		Дослідник
★	Дослідження зразків АСПВ	2 дней	Чт 05.10.17	Пт 06.10.17		Дослідник; Керівник
→	Приготування композицій розчинників	2 дней	Пн 18.09.17	Вт 19.09.17		Дослідник
★	Дослідження розчинності за статичним методом	6 дней	Вт 10.10.17	Ср 29.11.17		Дослідник; Керівник
★	Дослідження розчинності за динамічним методом	4 дней	Пт 13.10.17	Чт 30.11.17		Дослідник; Керівник
★	Вимірювання густини	4 дней	Вт 10.10.17	Пт 13.10.17		Дослідник
★	Побудова графіків	4 дней	Ср 18.10.17	Пн 23.10.17		Дослідник
★	Перевірка керівником наукової роботи	5 дней	Вт 24.10.17	Пн 30.10.17		Керівник
★	Виконання розділу «Охорона праці»	3 дней	Вт 24.10.17	Чт 26.10.17		Дослідник
★	Оформлення експериментальної частини	7 дней	Пн 30.10.17	Вт 07.11.17		Дослідник
★	Виконання розділу «Організаційно-економічна частина»	3 дней	Ср 08.11.17	Пт 01.12.17		Дослідник
★	Оформлення наукової роботи	7 дней	Пт 10.11.17	Пн 04.12.17		Дослідник
★	Рецензія і захист	2 дней	Пн 20.11.17	Вт 21.11.17		Дослідник; Керівник

Рисунок 3.11 – Графік Ганта науково-дослідницької роботи (побудовано у MS Project)

Можна зробити загальний висновок, що на сьогодні існує безліч методів, процедур, наукових інструментаріїв щодо визначення економічного обґрунтування вибору технічних інновацій при впровадженні заходів з енергозбереження.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Активи підприємства	– ресурси, контрольовані підприємством у результаті минулих подій, використання яких, як очікується, призведе до отримання економічних вигід у майбутньому.
Аллокативна ефективність	– ситуація, коли суб'єкт господарювання знаходиться перед вибором ресурсів для виробництва при даних цінах з мінімальними витратами і визначає якою мірою рішення з мінімальними витратними і технічно ефективне рішення один від одного.
Альтернативні витрати	– втрачений зиск в результаті альтернативного використання певного ресурсу.
Амортизація	– процес поступового перенесення вартості основних фондів на продукт, що виготовляється з їх допомогою.
Аналіз чутливості	– оцінка впливу зміни вихідних параметрів проекту на його кінцеві характеристики.
Вартість відкладених рішень	– потенційні заощадження, що дорівнюють таким же потенційним втратам, якщо підприємство не застосовує енергозберігаючі технології.
Виробнича потужність	– це обсяг виробництва продукції, якого підприємство може досягти в даний період часу, маючи реальну кількість виробничих ресурсів.
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	– норма дисконту, при якому поточна приведена вартість майбутніх надходжень на даний інноваційний проект буде дорівнює витратам на ці інновації.
Гудвіл	– надприбуток підприємства, що визначається сумою синергетичних ефектів відносно середньої норми прибутку, яка генерується активами підприємств, насамперед його нематеріальними активами, в тому числі, ділової репутації як складової організаційного капіталу.
Дисконтований період окупності проекту (DPP)	– тривалість періоду, протягом якого сума чистих доходів, дисконтованих на момент завершення інвестицій, буде дорівнювати сумі інвестицій.
Економічна ефективність	– досягнення виробництвом найвищих результатів за найменших витрат живої та уречевленої праці або зниження сукупних витрат на одиницю продукції.

Економічні ресурси (факторів виробництва)	ресурси	– сукупність ресурсів (земля, робоча сила (праця, капітал (основний, оборотний, нематеріальний), гроші, інформація тощо), які використовуються в господарській діяльності для виробництва, обміну, розподілу та споживання матеріальних і духовних благ, задоволення зростаючих потреб населення.
Ефект		– безпосередньо досягнутий або отриманий результат від здійснення певного виду діяльності, процесу, явища чи будь-якої іншої взаємодії загалом.
Ефективність		– одержання максимальних результатів на одиницю витрат, пов'язаних із виробництвом, або забезпечення мінімізації витрат на одиницю результату.
Життєвий проект	цикл	– період часу від задуму проекту до його закінчення, який може характеризуватися моментом здійснення перших витрат за проектом (поява проекту) й отриманням останньої вигоди (ліквідація проекту).
Запас міцності		– максимально припустиме зменшення обсягу діяльності підприємства без ризику отримати збиток.
Індекс прибутковості (PI)		– відношення загальної величини майбутніх наявних грошових потоків до початкових інвестиційних витрат.
Коефіцієнт еластичності		– показує ступінь кількісного зміни одного чинника при зміні іншого на 1%.
Коефіцієнт маржинального прибутку		– величина, на яку змінюється прибуток при зміні обсягу реалізації.
Коефіцієнт рентабельності інвестиційного проекту (ARR)		– показник, що відображає рентабельність об'єкта інвестицій без обліку дисконтування.
Критерій ефективності		– наближене вираження критерію раціональності у прийнятті рішення.
Ліквідаційна вартість		– сума коштів або вартість інших активів, яку підприємство/установа очікує отримати від реалізації (ліквідації) необоротних активів після закінчення строку їх корисного використання (експлуатації), за вирахуванням витрат, пов'язаних з продажем (ліквідацією).

Маржинальний прибуток	– різниця між виручкою від реалізації продукції, товарів і послуг та змінними витратами, віднесеними на реалізовану продукцію.
Метод аналізу ієрархії	– математично обґрунтований підхід для отримання шкали відношень при вирішенні складних проблем.
Операційний ліверидж	– приріст прибутку на одиницю приросту обсягу виробництва.
Операційний прибуток	– аналітичний показник, який дорівнює обсягу прибутку до вирахування відсотків за позиковими коштами і сплати податків.
Період окупності проекту (PP)	– тривалість періоду, яке необхідне для повного відшкодування інвестиційних витрат по проекті.
Принцип «імпутації»	– присвоєння ціни та корисності одного товару іншому за умови, що ці товари економічно пов'язані.
Рентабельність	– відносний показник ефективності виробництва. У загальному вигляді він розраховується як відношення прибутку до витрат, тобто є нормою прибутку.
Точка беззбитковості	– такий обсяг реалізації, коли доходи підприємства дорівнюють його затратам, а підприємство не має ні прибутку, ні збитків.
Умовно-змінні (змінні) витрати	– витрати, абсолютна величина яких зростає зі збільшенням обсягу випуску продукції і зменшується з його зниженням.
Умовно-постійні (постійні) витрати	– витрати, абсолютна величина яких зі збільшенням (зменшенням) випуску продукції істотно не змінюється.
Цільовий прибуток	– прибуток, який бажає отримати суб'єкт господарювання з метою реалізації цілей діяльності.
Чистий дисконтований дохід (NPV)	– поточна вартість майбутніх доходів (різниці надходжень і витрат) за мінусом витрат поточного періоду.
Чистий прибуток	– частина прибутку підприємства, що залишається в його розпорядженні після сплати податків, зборів, відрахувань і інших обов'язкових платежів до бюджету.

Контрольні питання для перевірки знань до розділу 3:

1. Які показники розраховують при застосуванні проектного аналізу?
2. Які показники враховують при розрахунку витрат «часу життя» проекту?
3. У чому особливість методу аналізу чутливості?
4. У чому різниця між показниками «операційний прибуток», «чистий прибуток», «маржинальний прибуток»?
5. Який економічний зміст точки беззбитковості?
6. Який економічний зміст операційного важелю (лівериджу)?
7. Які стадії (етапи) відокремлюють при життєвому циклі проектів з енергозбереження?
8. Які види ефективності існують?
9. Чим відрізняються дефініції понять «ефект» та «ефективність»?
10. Які види ефективності за Фаррелом?

Список використаної літератури

1. Хэнсен Ш. Перфоманс – контрактинг: новые горизонты / Ш. Хэнсен, Дж. Вейсман // Энергоаудитиенергосервис. – 2013. – № 2(26). – С. 4–11.
2. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є. М. Іншеков, Є. Є. Нікітін, М. В. Тарновский, А. В. Чернявський. – К., 2014. – 247 с.
3. Управлінський облік: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / За ред. В. М. Добровського. – К.: КНЕУ, 2003. – 235 с.
4. Внутрішній економічний механізм підприємства: Навч. посібник / За ред. М. Г. Грещака. – К.: КНЕУ, 2001. – 228 с.
5. Нікітченко С. О. Науково обґрунтовані підходи до економічної ефективності виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств

[Електронний ресурс] / С. О. Нікітченко // Економіка: реалії часу. – 2015. – № 2. – С. 207-212. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econrch_2015_2_33.

6. Дудукало Г. О. Удосконалення механізму управління підприємством на засадах ефективного використання персоналу [Електронний ресурс] / Г.О. Дудукало // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – №8 (146). – С. 55-60.– Режим доступу до журн.: <http://economicscience.net/archive2013/263--8146.html>.

7. Рачинський А. П. Аудит персоналу як технологія забезпечення ефективності системи управління персоналом органів влади: навч.-метод. матеріали / А. П. Рачинський. – К., НАДУ. – 2013. – 36 с.

8. Економічні потреби та інтереси як рушійні сили розвитку суспільного виробництв [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://konesh.ru/perelik-testovih-pitane-iz-suchasnih-stranica-3.html>

9. Іваненко В. Ф. Ефективність енергозберігаючих технологій в овочівництві закритого типу: дис. ... канд. економ. наук : 08.00.04 / В. Ф.Іваненко; М-во аграрної політики та продовольства України, Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу. – Київ, 2015. – 186 с.

10. Гільорме Т. В. Удосконалення методики проведення енергетичного аудиту суб'єктів господарювання / Т. В. Гільорме, Л. Ю. Гордєєва-Герасимова, М. О. Михалочкіна // Економіка. Фінанси. Право. – 2017. – №6. – С. 42-44.

11. Гільорме Т. В. Методичні засади ефективної діяльності підприємства в сфері енергозбереження / Т. В. Гільорме // Управління енергозберігаючими технологіями в Україні та світі: методологія та практика: колективна монографія / за заг. ред. Л.М.Бандоріної. – Дніпро: Пороги, 2017. – С. 162-174.

12. Рикардо Д. Сочинения./ Д. Риккардо. – Т. 1, 2. – М.: ЭКСМО, 2008.– 840 с.

13. The new Palgrave a Dictionary of Economics / ed. by J. Eatwell, M. Milgate, P. Newman. – 1987. – 2650 с.

14. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 316 с.

15. Гільорме Т. В. Обґрунтування управлінських рішень щодо запровадження енергозберігаючих проектів на основі використання альтернативних джерел енергії. / Формування схемних рішень системи акліматизації споруд в робочому середовищі альтернативних джерел енергії: монографія // В. О. Габрінець, Л. В. Накашидзе, Г. І. Сокол, О. Л. Марченко, Т. В. Гільорме – Дніпро: ДНУ імені Олеся Гончара, ТОВ «АКЦЕНТ ПП», 2016. – С. 111-149.

16. Гільорме Т. В. Механізм маркетингового просування інноваційних енергозберігаючих технологій на засадах інвестиційного аудиту [Електронний ресурс] / Т. В. Гільорме, В. А. Михайліченко // Глобальні та національні проблеми економіки – 2015. – № 6. – С.299-306. – Режим доступу: <http://global-national.in.ua/issue-6-2015>.

17. Hart O. S. Contracts as Reference Points / O. S.Hart, J. H. Moore // Quarterly Journal of Economics. – 2008. – February. – P. 1-48.

18. Holmström B. R. Managerial Incentive Problems: A Dynamic Perspective / B. R. Holmström // Review of Economic Studies. – 1999. – 66 (1), Jan. – P.169-182.

19. Податковий кодекс України від 02.12.2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

20. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати», затв. Наказом Міністерства фінансів України від 31.12.99 № 318, зі змінами та доповненнями [Електрон.ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>

Наукове видання

**Системи енергозабезпечення з використанням
відновлюваних джерел енергії: технічні,
економічні та наукові аспекти побудови**

Т.В. Гільорме, Л.В. Накашидзе, Ю.О. Мітіков, І.С. Накашидзе

Навчальний посібник
українською мовою

Редактор: Накашидзе І. С.

Здано у видавництво 09.02.2018. Підписано до друку 14.02.2018.

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Гарнітура Academy.

Друк Офсетний. умовн. друк. арк. 10,7. Наклад 300 прим.

Зам. № 2767.

Видано та віддруковано в ТОВ „Акцент ПП.”

вул. Ларіонова, 145, м. Дніпро, 49052

Тел. (056) 794-61-04 (05)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

Серія ДК №4766 від 04.09.2014

