

Державне агентство резерву України
Український державний науково-дослідний інститут “Ресурс”

**ПІДВИЩЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ СИСТЕМИ
ДЕРЖАВНОГО РЕЗЕРВУ УКРАЇНИ**

Монографія

ОЛДІПІУС

2021

УДК 338.2:[330.522+334.724.6]:620.(477)
П32

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Українського державного науково-дослідного інституту «Ресурс»
(протокол № 3 від 18.12.2019 р.)*

Автори:

Коренда В. А., завідувач сектору енергоаудиту відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»;

Чернявський А. В., к.т.н., доцент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Протасов О. С., начальник відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»;

Вишняков І. Ю., завідувач сектору енергозбереження відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»;

Охріменко С. М., старший науковий співробітник сектору енергозбереження відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»;

Зайка Ю. І., заступник директора УкрНДІ «Ресурс»;

Колядюк М. Ж., заступник начальника відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»;

Щирень Н. Л., науковий співробітник відділу енергоаудиту та енергозбереження УкрНДІ «Ресурс»

Рецензенти:

Пінчук В. О., завідувач кафедри енергетичних систем та енергоменеджменту Національної металургійної академії України, д.т.н, професор;

Ситник О. О., завідувач кафедри електротехнічних систем Черкаського державного технологічного Університету, д.т.н., професор

Підвищення енергоефективності на підприємствах системи Державного резерву України : монографія / Коренда В. А., Чернявський А. В., Протасов О. С. та ін. – Одеса : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 280 с.

ISBN 978-966-289-491-2

У монографії розглянуті питання підвищення енергоефективності та заміщення традиційних джерел енергії альтернативними та відновлюваними на підприємствах системи Держрезерву України. елеваторів, нафтобаз, складів і холодильників, а також технологічні, організаційні та фінансові аспекти їх вирішення. Структура монографії включає: вступ, сім розділів, основні терміни та поняття, перелік скорочень, бібліографічний список літератури.

Монографія може бути корисною для наукових працівників та студентів навчальних закладів напрямку енергозбереження та енергоменеджмент, аспірантів і магістрів, інженерно-технічних працівників підприємств системи Державного резерву України та інших подібних підприємств.

УДК 338.2:[330.522+334.724.6]:620.(477)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	9
ANNOTATION	12
ВСТУП	15
1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРІОРИТЕТИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	18
1.1 Резюме	18
1.2 Короткий опис структури Державного агентства резерву України	18
1.3 Аналіз споживання енергоресурсів	19
1.4 Опис поточного стану будівель	20
1.5 Висновок	21
2 НАПРЯМКИ ТА ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	22
2.1 Резюме	22
2.2 Потенціал впровадження альтернативних джерел енергії	22
2.2.1 Біоенергетика	22
2.2.2 Сонячна енергетика	25
2.2.3 Вітроенергетика	33
2.2.4 Енергія довкілля	37
2.3 Основний пакет технічних рішень	41
2.3.1 Технічні рішення для аграрних активів	42
2.3.2 Технічні рішення для холодильників	43
2.3.3 Технічні рішення для складів	44
2.3.4 Технічні рішення для нафтобаз	45
2.4 Впровадження системи енергетичного менеджменту	45

2.5	Енергоаудит будівель. Заходи для підвищення енергоефективності будівель	46
2.6	Висновок	48
3	ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	49
3.1	Резюме	49
3.2	Опис основних технічних рішень	50
3.2.1	Створення паропоршневої когенераційної установки на біомасі (БіоТЕЦ)	50
3.2.2	Перевід зерносушарок на біопаливо	55
3.2.3	Встановлення газогенераторів на твердопаливних котлах	59
3.2.4	Впровадження печей калориферних для обігріву приміщень	60
3.2.5	Використання паливних брикетів виготовлених з шкаралупи волоського горіха в твердопаливних котлах	62
3.2.6	Впровадження лінії з виробництва паливних пелет з рослинних відходів	63
3.2.7	Створення сонячних електростанцій	65
3.2.8	Впровадження пристрою для отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання	80
3.2.9	Створення вітряних електростанцій	82
3.2.10	Будівництво ежекційних вітрових електростанцій	86
3.2.11	Впровадження енергоефективних світлодіодних світильників з компенсаторами реактивної потужності	90
3.2.12	Встановлення частотних перетворювачів на промислові холодильні установки	92
3.2.13	Теплоізоляція промислових холодильників	94
3.2.14	Впровадження систем утилізації тепла промислових холодильних установок	96
3.2.15	Встановлення повітряних завіс на виході з холодильних камер	98
3.2.16	Будівництво енергоефективних теплиць	99
3.2.17	Впровадження пристроїв контролю якості продукції на складах	101
3.3	Опис технічних рішень по будівлям	104

3.3.1	Модернізація фасадів	104
3.3.2	Утеплення перекриття даху	107
3.3.3	Утеплення підвального приміщення	108
3.3.4	Заміна застарілих вікон з низьким опором теплопередачі	108
3.3.5	Модернізація теплового пункту	110
3.3.6	Модернізація системи тепловіддачі	111
3.3.7	Модернізація системи розподілу теплової енергії	114
3.3.8	Встановлення індивідуальної котельні на твердому паливі	115
3.3.9	Впровадження теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель	117
3.3.10	Встановлення приточно-витяжної системи вентиляції з утилізацією теплоти	124
3.3.11	Заміна джерел світла	125
3.3.12	Встановлення датчиків руху	126
3.3.13	Встановлення фотореле	126
3.3.14	Додаткові рекомендації	126
3.4	Висновок	128
4	ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ – ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИДИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ	130
4.1	Резюме	130
4.2	Загальні положення	130
4.2	Основні етапи енергетичного аудиту	133
4.3	Методологія енергоаудиту	141
4.3.1	Загальні дані	141
4.3.2	Експрес-енергоаудит	142
4.3.3	Попередній енергоаудит	143
4.3.4	Комплексний енергоаудит	143
4.3.5	Виробнича система як об'єкт енергоаудиту	145
4.3.6	Вимоги до енергетичного аудитора	149
4.4	Приладове забезпечення енергоаудиту	150
4.4.1	Основні поняття	150
4.4.2	Вимірювання параметрів електричної енергії	154
4.4.3	Вимірювання параметрів теплової енергії	157

4.5	Оцінка витрат та розрахунок економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів	159
4.5.1	Заощадження первинних і вторинних енергоресурсів	159
4.5.2	Життєздатність проекту	160
4.5.3	Оцінка витрат	161
4.5.4	Основні економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів	162
4.5.5	Екологічна оцінка проектів	165
4.6	Висновок	167
5 АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА РОЗРОБКА СХЕМ ЗАЛУЧЕННЯ ФІНАНСУВАННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ		
5.1	Резюме	168
5.2	Алгоритм реалізації проектів з підвищення енергоефективності	168
5.2.1	Етапи впровадження проекту	168
5.2.2	Експлуатація та моніторинг економії енергоспоживання після впровадження проекту	171
5.3	Основні схеми фінансування проектів з підвищення енергоефективності	173
5.4	Висновок	180
6 СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК НАЙБІЛЬШ ДІЄВИЙ ІНСТРУМЕНТ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ ТА СТАНДАРТ ISO 50001		
6.1	Резюме	181
6.2	Основні терміни та поняття	181
6.3	Підготовчий етап створення СЕНМ на підприємстві	187
6.4	Енергопланування та енергоаналіз, визначення рівня енергоефективності	190
6.4.1	Збір і оцінка вхідних даних та орієнтовний перелік основних показників енергоефективності	190
6.4.2	Енергоаналіз	191
6.4.3	Визначення базового рівня енергоспоживання, індикаторів енергоефективності, енергетичних цілей і завдань	196

6.5	Організаційна структура системи енергоменеджменту	199
6.5.1	Функції системи енергоменеджменту	199
6.5.2	Положення про СЕНМ підприємства	205
6.5.3	Кваліфікаційна характеристика енергоменеджера	207
6.5.4	Система реалізації енергозберігаючих заходів (програма енергозбереження)	208
6.5.5	Система мотивації персоналу	209
6.6	Впровадження СЕНМ	210
6.6.1	Розробка механізмів оптимізації процесів, пов'язаних зі споживанням енергії	210
6.6.2	Завдання та функції підрозділів щодо впровадження СЕНМ	210
6.6.3	Тип і структура комунікацій	213
6.6.4	Обізнаність, навчання і компетентність	215
6.6.5	Оцінка відповідності, невідповідності, коригувальні та попереджуючі дії	216
6.6.6	Дії з заходами щодо покращення стану енергоефективності	216
6.6.7	Планування та порівняльний аналіз, план-графік впровадження СЕНМ	217
6.6.8	Дослідна експлуатація результатів впровадження СЕНМ	218
6.6.9	Контроль критичних точок і покращення СЕНМ	218
6.6.10	Поточний моніторинг результатів впровадження СЕНМ	219
6.7	Висновок	220
7	ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ	221
7.1	Резюме	221
7.2	Роль та місце СППР в системі управління виробництвом	221
7.2.1	Модель СППР	221
7.2.2	Мета та призначеність СППР	224

7.3	Формування структури прийняття рішень	228
7.4	Формалізація процесу планування режимів електроспоживання	230
7.5	Основні задачі СППР планування режимів електроспоживання	234
7.5.1	Ущільнення графіків навантаження	234
7.5.2	Використання споживачів-регуляторів	240
7.5.3	Підвищення завантаження основних виробничих фондів	244
7.5.4	Оптимізація режимів електроспоживання з урахуванням тарифів	245
7.5.5	Оптимізація режимів електроспоживання по мінімуму витрат енергоресурсів	246
7.5.6	Оптимізація режимів електроспоживання при обмеженнях	248
7.6	Структура СППР	250
7.7	Типи комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень	253
7.8	Вимоги до СППР та структура комп'ютерної СППР	254
7.9	Висновок	259
	ВИСНОВКИ	261
	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	265
	ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ	267
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	273

АНОТАЦІЯ

Рівень енергоефективності українських промислових підприємств залишається одним з найнижчих в Європі. Більшість з них проєктувалися і створювалися в 50–70-х роках ХХ століття, і тільки деякі підприємства до теперішнього часу пройшли комплексну модернізацію.

З того часу світові технології зробили якісний стрибок, стали більш ефективними і енергозберігаючими, але в Україні, під впливом політичної нестабільності, підприємства зіткнулися з проблемами «хвороб зростання».

Є й більш фундаментальні причини, які призвели до того, що маємо зараз, на 01.12.2020 року: наприкінці 2020 року.

1. Кептивний центральний банк України, який обслуговує інтереси кількох фінансово-промислових груп і приватних осіб. В результаті отримали гіперінфляцію початку 90-х років ХХ століття, розбалансування державних фінансів і девальвацію національної валюти в 10-х роках ХХІ століття.

2. Урядове регулювання цін і експортних поставок для зниження гіперінфляції призвело до падіння виробництва, рентної економіки, бартерних схем і появи олігархів.

3. Ваучерна приватизація, замість модернізації економіки, зміцнила права пострадянських керівників великих підприємств, а у більшості населення не було змоги вигідно розпорядитися ваучерами, що підірвало довіру до держави.

4. Створення спеціальних економічних зон і територій пріоритетного розвитку для надання наблизеним до влади компаніям податкових пільг, що виснажило державний бюджет на мільярди гривень. Решта підприємств працювали під великим податковим тиском.

5. Пенсійна реформа, що почалася з жовтня 2017 р., окрім нових вимог до пенсійного віку і страхового стажу, не призвела до реформування пенсійної системи, в наслідок чого маємо

хронічно-дефіцитний Пенсійний фонд, виснажуючий держбюджет, високі податки і збори з заробітних плат, що стимулюють тіньовий бізнес.

6. Порушення державою прав власності, коли громадяни не можуть розпоряджатися власною землею, і мораторій на продажі сільськогосподарської землі обійшовся бюджету України в мільярди доларів США.

7. Економічно невиправдані тарифи на природний газ і тепло призвели до енергетичної залежності від Російської Федерації, появи газових олігархів, застою видобутку газу в Україні і безлічі прихованих субсидій, розхитавших систему державних фінансів.

8. Тимчасова анексія південних територій, втрата газоносного шельфу і затяжний локальний конфлікт на Донбасі призвели до втрат промислових об'єктів та інших суб'єктів економічної сфери, інфраструктурних втрат, до відтоку іноземних інвестицій, негативних демографічних наслідків, що лягає непомірним тягарем на бюджет країни.

Для відновлення економіки необхідно українські підприємства привести в стан високої ефективності. Сьогодні, за допомогою програмних продуктів можна створювати повноцінні цифрові прототипи запланованих об'єктів, з усією інфраструктурою, технологічними лініями і устаткуванням.

Застарілі підприємства, як варіант, можна повністю ліквідувати і відбудувати, з впровадженням передових технологій, ефективної організації виробництва і систем управління. Такий перспективний підхід до модернізації підприємств вимагає великих фінансових вкладень і поки не на часі.

Альтернативою є поступове зниження енерговитрат підприємств, шляхом модернізації діючого обладнання. Для визначення першочерговості і напрямків модернізації на підприємствах системи Державного резерву України, необхідно здійснити повномасштабний енергетичний аудит, зробити аналіз сучасного енергетичного балансу підприємств відомства.

Енергетика є одним з базових елементів економічної ефективності. В структурі собівартості витрати на енергоресурси можуть

становити до 40 %. На даний час підприємства держрезерву стикаються з проблемою енергетичної кризи, яка тягне за собою низку інших економічних та екологічних проблем. Різне підвищення цін на енергоносії з початку XXI століття є результатом обмеженості запасів викопного палива. Внаслідок цього зростає роль використання альтернативних, відновлювальних джерел енергії. Енергетичний потенціал даних джерел енергії величезний, але їх впровадження пов'язано з деякими економічними обмеженнями, їх масове використання можливо тільки в міру здешевлення науково-технічних рішень в конкретних напрямках, якими займається УкрНДІ «Ресурс».

Впровадження на відомчих об'єктах технологічних рішень з впровадженням альтернативних джерел енергії, призведе до підвищення їх енергетичної ефективності і, як наслідок, до зменшення витрат на утримання неприбуткових підприємств. Доступність технологій отримання енергії з невичерпних джерел дозволяє модернізувати підприємства держрезерву в віддалених районах і вирішувати проблеми їх енергопостачання, з екологічно чистою інфраструктурою.

Багато альтернативних джерел енергії не належать енергетичним компаніям, ефективність використання тих чи інших альтернативних джерел енергії безпосередньо залежить від регіону, в якому необхідна установка енергетичного обладнання. Якісний моніторинг енергопотенціалу дозволить визначити найбільш відповідну технологію і розрахувати період її окупності, а також виключити помилки, пов'язані з регіональними особливостями місцезнаходження підприємства.

ANNOTATION

The level of energy efficiency of Ukrainian industrial enterprises remains one of the lowest in Europe. Most of them were designed and created in the 50's–70's of the twentieth century, and only some enterprises have so far undergone comprehensive modernization.

Since then, global technologies have made a qualitative leap, became more efficient and energy-saving, but in Ukraine, under the influence of political instability, enterprises have faced the problems of «diseases of growth».

There are more fundamental reasons that led to what we have now, as of December 1, 2020:

1. A captive central bank in Ukraine that serves the interests of several financial-industrial groups and individuals. As a result, we got hyperinflation in the early 90's, unbalanced public finances and devaluation of the national currency in the 10's of the XXI century.

2. Government regulation of prices and exports to reduce hyperinflation led to a decline in production, a rent economy, barter schemes and the emergence of oligarchs.

3. Voucher privatization, instead of modernizing the economy, strengthened the rights of post-Soviet managers of large enterprises, and most of the population failed to dispose of vouchers profitably, which undermined confidence in the state.

4. Special economic zones and territories of priority development were created to provide tax breaks for companies close to the government, which drained the state budget of billions of hryvnias. The rest of the enterprises worked under great tax pressure.

5. Pension reform, which began in October 2017, apart from new requirements for retirement age and insurance length of service, did not lead to the reform of the pension system, as a result we have a chronically deficient Pension Fund, draining the state budget, high taxes and fees from salaries, stimulating shady business.

6. Violation of property rights by the state, when citizens can not dispose of their own land, and the moratorium on the sale of agricultural land cost the budget of Ukraine billions of U.S. dollars.

7. Economically unjustified tariffs for natural gas and heat resulted in energy dependence on the Russian Federation, the emergence of gas oligarchs, the stagnation of gas production in Ukraine and a multitude of hidden subsidies, undermining the public finance system.

8. The temporary annexation of southern territories, the loss of the gas-bearing shelf and the protracted local conflict in Donbass led to the loss of industrial facilities and other economic subjects, infrastructure losses, the outflow of foreign investment, and negative demographic consequences, which places an exorbitant burden on the country's budget.

To restore the economy it is necessary to bring the Ukrainian enterprises in a state of high efficiency. Today, with the help of software products you can create full-fledged digital prototypes of planned facilities, with all the infrastructure, technological lines and equipment.

Obsolete enterprises, as an option, can be completely liquidated and built anew, using advanced technologies, efficient organization of production and management systems. Such a forward-looking approach to modernization of enterprises requires large financial injections and is not appropriate yet.

An alternative is a gradual reduction of energy consumption of enterprises, modernization of existing equipment. To determine the priority and directions of modernization at the enterprises of the system of the State Reserve Agency of Ukraine, it is necessary to carry out a full-scale energy audit, to analyze the current energy balance of the enterprises of the department.

Energy is one of the basic elements of economic efficiency. In the structure of the cost of production energy costs can account for up to 40%. Currently, the enterprises of the State Reserve Agency of Ukraine face the problem of energy crisis, which entails a number of other economic and environmental problems. The sharp increase in energy prices since the beginning of the XXI century is the result of limited reserves of fossil fuels. As a result, the role of alternative, renewable

energy sources is increasing. The energy potential of these energy sources is huge, but their introduction is associated with some economic constraints, their mass use is possible only with the reduction in price of the scientific and technical solutions in specific areas in which the Ukrainian Research Institute «Resource».

The introduction at the departmental facilities of technological solutions using alternative energy sources will increase their energy efficiency and, consequently, reduce costs for the maintenance of maintaining subsidized enterprises. The availability of technologies for obtaining energy from inexhaustible sources makes it possible to modernize State Reserve enterprises in remote areas and solve the problems of their energy supply, with environmentally friendly infrastructure.

Many alternative energy sources are not owned by energy companies, the effectiveness of the use of various alternative energy sources depends directly on the region in which the installation of energy equipment is required. Qualitative monitoring of energy potential will allow to determine the most suitable technology and calculate the payback period, as well as to exclude errors associated with the regional characteristics of the location of the enterprise.

Вступ

В останній час питання енергоефективності підприємств стає все більше актуальним. Підвищення цін на паливно-енергетичні ресурси (особливо на природний газ) зумовило пошук шляхів їх економії чи заміщення на альтернативні.

Вибір основних напрямків діяльності в галузі енергоефективності, а також розробки і впровадження енергоефективних заходів для будь-яких підприємств можливі тільки на основі аналізу фактичного стану ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, визначення потенціалу енергозбереження з урахуванням умов функціонування основних технологічних об'єктів.

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки України, створенні адміністративних, нормативно-правових і економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки країни в цілому, а також її окремих галузей, підприємств та технологічних процесів передбачає виведення з використання морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску неенергоефективної продукції, впровадження у виробництво новітніх технологій, обладнання та побутових приладів. Важливим фактором підвищення енергоефективності є забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки всіх суб'єктів економічної діяльності у вирішенні питань оптимізації енергоспоживання та енергозбереження. Розглянемо основні поняття та означення стосовно цієї проблематики.

Рівень енергетичної незалежності підприємства та рівень енергоефективності є взаємопов'язаними факторами, оскільки зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР)

є одним із ключових факторів у досягненні енергонезалежності. Іншими факторами досягнення енергонезалежності підприємств є впровадження додаткових джерел енергопостачання (в т. ч. альтернативних).

Енергозбереження на підприємствах – це комплекс заходів, спрямований на зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на підприємствах, заснований на ретельно складеній програмі економічних і ефективних способів оптимізації споживання всіх використовуваних ПЕР [1]. Це дозволяє перейти до системного управління процесом споживання ПЕР і значно скоротити витрати на їх закупівлю. У комплекс заходів щодо підвищення рівня енергоефективності підприємств входять організаційні, правові, економічні та технологічні заходи, які дозволяють поетапно оптимізувати роботу систем споживання ПЕР, зменшити обсяг споживання ПЕР без зниження корисного ефекту від їх використання. Енергозбереження має досягатися, перш за все, за рахунок удосконалення технології виробництва, створення і впровадження енергозберігаючого обладнання, раціонального використання ПЕР. Крім цього, велика економія ПЕР може бути отримана за рахунок застосування нових методів управління енергетичним господарством підприємств.

Важливим фактором підвищення енергоефективності підприємств системи Держрезерву являється використання альтернативних видів палива та відновлюваних джерел енергії. Енергогенеруючі установки, що використовують альтернативне паливо та відновлювальні джерела енергії можуть бути засобом отримання додаткового прибутку підприємств, якщо продукти їх виробництва будуть відпускатися на сторону. Також перспективним напрямом діяльності являється впровадження установок по виробництву альтернативних видів палива з підручної біомаси. Використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії також суттєво підвищить ступінь енергонезалежності підприємств.

Пріоритетним напрямком реалізації політики підвищення енергоефективності на підприємствах системи Держрезерву є впровадження альтернативних видів палива (виробництво

і споживання) та відновлювальних джерел енергії, оскільки вони є найбільш економічно вигідними, сприяють енергонезалежності підприємств та стимулюють зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу. Також важливими напрямками підвищення енергоефективності підприємств виступають: термосанация будівель, вдосконалення технологічних процесів, модернізація систем освітлення тощо.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРІОРИТЕТИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

1.1 Резюме

В даному розділі наведено короткий опис підприємств системи Державного резерву України та їх енергоспоживання, а також стану будівель. Аналіз структури енергоспоживання підприємств являється одним із найважливіших критеріїв визначення пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності і заміщення традиційних джерел енергії альтернативними.

Із вступом у дію Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 запроваджується енергетична сертифікація для будівель не виробничого призначення, які перебувають у державній власності. Наявність енергетичного сертифікату на будівлю обов'язкова при залученні кредитних коштів на його термомодернізацію. Енергетичний сертифікат на будівлю, крім енергетичних показників, містить перелік заходів з підвищення енергоефективності. Оцінка технічного стану будівель являється передумовою для визначення необхідності проведення поглиблених енергоаудитів та основних заходів з підвищення енергоефективності будівель.

1.2 Короткий опис структури Державного агентства резерву України

Державне агентство резерву України (Держрезерв) є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра економічного розвитку і торгівлі і який реалізує державну політику у сфері державного матеріального резерву. Установа утворена 1 листопада 1991 року на базі Українського територіального управління Комітету з державних матеріальних резервів при Раді Міністрів СРСР. Об'єктами

зберігання Держрезерву є 70 найменувань стратегічного резерву (продовольча група, нафтопродукти, промислові товари та сировина) та 3800 найменувань мобілізаційного резерву.

Державне агентство резерву України має в своєму складі 23 філії, які розподіляються на наступні види:

- аграрні активи (хлібні бази та комбінати хлібопродуктів);
- нафтобази;
- склади та холодильники;
- науково-дослідний інститут.

Основним видом діяльності хлібних баз являється повний комплекс операцій з зерновими культурами: їх приймання від виробника, очищення від домішок з доведенням до відповідних кондицій, сушіння, зберігання та відвантаження споживачеві. Комбінати хлібопродуктів, крім вищенаведеного, займаються виробництвом борошна, круп, комбікормів та хлібобулочних виробів (асортимент залежить від конкретного комбінату).

Нафтобази надають послуги з прийому, відповідального зберігання в резервуарах та відпуску нафтопродуктів. Прийом та відпуск нафтопродуктів відбувається за допомогою автомобільних та залізничних цистерн (залежить від під'їзних шляхів), на морських та річкових узбережжях дані операції здійснюються також танкерами.

Основні види діяльності підприємств із складами та холодильниками – це надання послуг по зберіганню товарно-матеріальних цінностей продовольчої та промислової групи, в тому числі охолоджених і заморожених продуктів в камерах холодильників, розвантажувально-навантажувальні роботи та ін.

1.3 Аналіз споживання енергоресурсів

Середньорічне сумарне споживання електроенергії підприємствами системи Держрезерву за даними отриманими від філій становить 22145,12 тис. кВт·год.

Наглядно розподіл річного споживання електроенергії підприємствами та організаціями Держрезерву по галузям наведено на рис. 1.1.

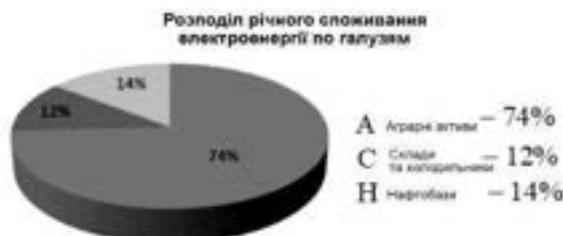


Рисунок 1.1 – Розподіл річного споживання електроенергії підприємствами та галузями

Як видно з діаграми, найбільшими споживачами електричної енергії серед підприємств та організацій, підпорядкованих Державному агентству резерву України, є аграрні активи. Вони споживають 15778,19 тис. кВт·год, що становить 74 % від загального споживання. Склади та холодильники споживають 3306,61 тис. кВт·год, що становить 12%, нафтобази відповідно 3060,32 тис. кВт·год та 14%. Лідерство аграрних активів пояснюється їх кількістю та великим споживанням електроенергії по підприємствам.

Основним видом палива для котельень підприємств системи Держрезерву являється природний газ. Проте, в останній час, враховуючи високу вартість природного газу, відбувається інтенсивний перехід на тверде паливо. Твердопаливні котельні підприємств на півночі, в центрі, сході та заході України використовують в основному кам'яне вугілля та дрова, на півдні – лушпиння зернових культур (а також пелети з них), дрова та кам'яне вугілля.

Паливом для зерносушарок на хлібних базах та комбінатах хлібопродуктів є дизельне паливо та топковий мазут, рідше – природний газ.

1.4 Опис поточного стану будівель

Основна частина будівель, що опалюються, на всіх підприємствах і в організаціях Державного резерву України збудована у 30–80 роках минулого століття. Це, переважно, будівлі адміністративно-побутового призначення, дослідницькі лабораторії, КПП та ін. Їх теплотехнічні характеристики, зокрема, термічні опори огорожувальних конструкцій (стіни, дах, підлога, двері та вікна) не відповідають вимогам сучасних

нормативних документів. Також системи опалення в більшості будівель мають низьку ефективність роботи. Це пояснюється декількома причинами, виявленими під час енергетичних аудитів:

- вони обладнані застарілими опалювальними приладами (чавунні радіатори та реєстри) з низькою тепловіддачею;
- відсутністю сучасних автоматизованих теплових пунктів;
- несвоечасним обслуговуванням (балансування, промивка, спуск повітря в системі);
- відкладення з часом осаду на стінках сталевих трубопроводів та в радіаторах, що суттєво знижує пропускну здатність і, як наслідок, тепловіддачу системи.

Зважаючи на вищенаведені причини, більшість будівель, що опалюються на підприємствах та в організаціях Держрезерву мають понаднормові тепловтрати, системи опалення не працюють з потрібною ефективністю. Клас енергоефективності більшості будівель відноситься до найнижчого – G [2]. Тому, враховуючи вищанаведене, дані будівлі потребують термомодернізації.

1.5 Висновок

Аналіз структури енергоспоживання системи Держрезерву показав, що найбільшими споживачами паливно-енергетичних ресурсів серед підприємств являються аграрні активи, які також є і найбільш енергоємними, також енергоємними являються підприємства з промисловими холодильниками. Саме цим підприємствам потрібно приділяти найбільшу увагу при розробці заходів з підвищення енергоефективності.

Інфраструктура енергосистем основної частини підприємств системи Державного резерву України введена в дію в 30–80 роках минулого століття багато елементів якої на сьогоднішній день не являється енергоефективними та потребує докорінної модернізації.

Основна частина невиробничих опалюваних будівель підприємств системи Держрезерву знаходяться мають понаднормові тепловтрати, мають низький клас енергоефективності і потребують термомодернізації яка полягає в утепленні огорожувальних конструкцій, заміні вікон та дверей на енергоефективні, а також в реконструкції системи опалення та вентиляції.

2 НАПРЯМКИ ТА ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

2.1 Резюме

Основними напрямками підвищення рівня енергоефективності та енергонезалежності підприємств являються впровадження енергозберігаючих заходів та альтернативних і відновлюваних джерел енергії.

В даному розділі розглянуті потенціал впровадження альтернативних і відновлюваних джерел енергії в Україні (біо-, вітро- і сонячна енергетика, енергія доквілля), основні енергозберігаючі заходи для кожного типу підприємств системи Держрезерву України, а також надано короткий опис принципів впровадження системи енергоменеджменту згідно міжнародного стандарту ISO 50001.

2.2 Потенціал впровадження альтернативних джерел енергії

2.2.1 Біоенергетика

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпортих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Нажаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні й досі істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день

частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 1,78 %. Щорічно в Україні для виробництва енергії використовується близько 2 млн т у.п./рік біомаси різних видів. На деревину припадає найвищий відсоток використання економічно доцільного потенціалу – 80 %, тоді як для інших видів біомаси (за винятком лушпиння соняшника) цей показник на порядок нижче. Найменш активно (на рівні 1 %) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур та ріпаку [3].

В Україні щорічно збирається понад 50 млн т зернових культур. У значних обсягах – солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн т у.п., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд м³ природного газу. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Полтавській, Дніпропетровській, Вінницькій та Кіровоградській областях і становить понад 1,0 млн т у.п./рік. Для визначення виходу соломи і рослинних залишків використовують коефіцієнт відходів – відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна. За різними оцінками, на кожен тону зерна можна отримати 1,5–2,0 т соломи або рослинних залишків. 50–60 % соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику залишаються на полях після збирання врожаю. Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети і використовується для опалення. На 14 підприємствах олійної промисловості спалюється понад 500 тис. т лушпиння соняшнику і 120 тис. т його гранулюється. Лісистість території України становить близько 16 % її загальної площі. Щорічно заготовляється 16–17 млн м ділової деревини; відходи переробки деревини складають до 10 млн м³. На даний час близько 70 % відходів деревини у вигляді тирси, трісок, пелет і брикетів використовується як біопаливо [3]. В табл. 2.1 показаний середньорічний енергетичний потенціал біомаси.

Таблиця 2.1 – Середньорічний енергетичний потенціал біомаси в Україні

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн т	Частка, доступна для отримання енергії, %	Економічний потенціал, млн т у.п.
Солома зернових культур	30,6	30	4,54
Солома ріпаку	4,2	40	0,84
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	40,2	40	4,39
Відходи виробництва соняшнику (стебла, кошики)	21,0	40	1,72
Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)	6,9	75	1,13
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	4,2	90	1,77
Біодизель (з ріпаку)	–	–	0,47
Біоетанол (з кукурудзи та цукрових буряків)	–	–	0,99
Біогаз з відходів та побічної продукції АПК	1,6 млрд м ³ метану (CH ₄)	50	0,97
Біогаз з полігонів ТПВ	0,6 млрд м ³ CH ₄	34	0,26
Біогаз із стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд м ³ CH ₄	23	0,27
Енергетичні культури:			
- верба, тополя, міскантус	11,5 млрд м ³ CH ₄	90 ²	6,28
- кукурудза (біогаз)	3,3 млрд м ³ CH ₄	90 ²	3,68
Торф	–	–	0,40
ВСЬОГО:	–	–	27,71

На підприємствах системи Держрезерву найбільший енергетичний потенціал біомаси мають аграрні активи, оскільки на даних підприємствах щорічно накопичується велика кількість вторинних відходів переробки зернових культур: лушпиння соняшника і зерна. На інших підприємствах найбільше поширення має деревна біомаса: порубкові залишки та дрова отримані після очистки території, тріска, тирса та інші відходи деревообробки.

2.2.2 Сонячна енергетика

Відповідно до звіту міжнародної організації REN 21 («GLOBAL STATUS REPORT 2018») про стан світової альтернативної енергетики, на протязі 5 останніх років встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) зростала на 30–40% кожен рік [4]. Згідно рис. 2.1., загальна потужність сонячної енергетики у 2017 р. досягла 402 ГВт.

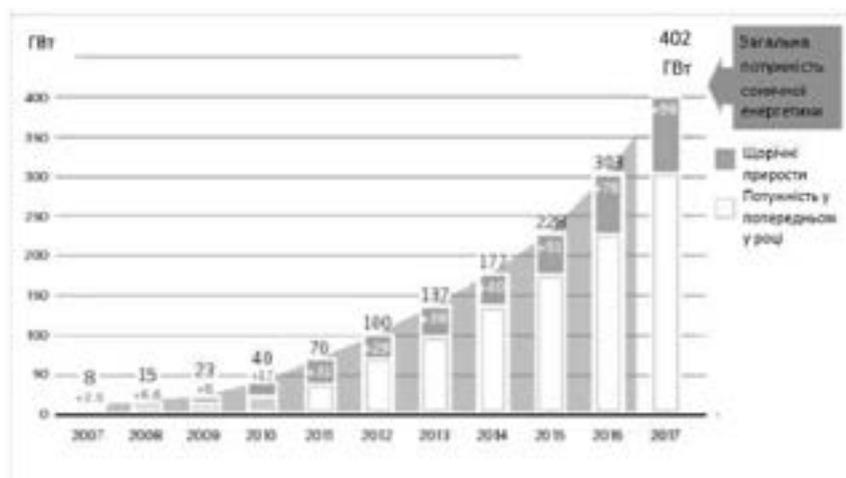


Рисунок 2.1 – Динаміка розвитку сонячної енергетики у 2007–2017 рр.

Лідерами з розвитку сонячної енергетики є Китай, США, Японія, Німеччина, Італія (рис. 2.2).

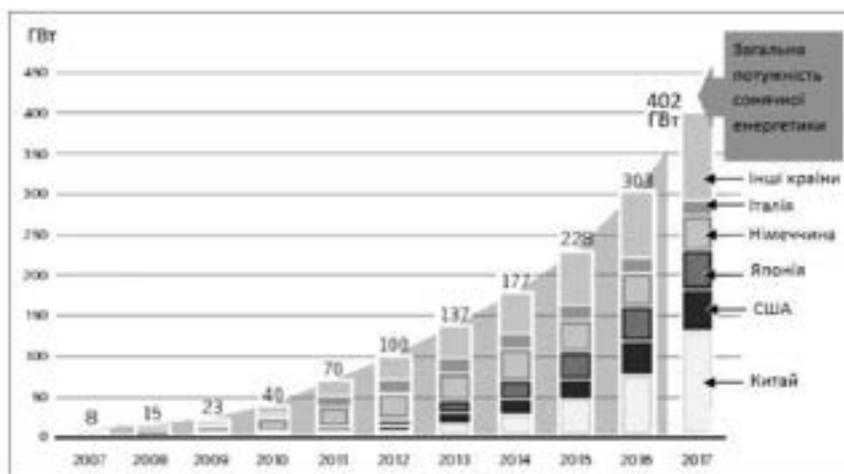


Рисунок 2.2 – Динаміка розвитку сонячної енергетики у 2007–2017 рр. по регіонах

Розвиток сонячної енергетики у провідних країнах світу характеризує рис. 2.3.

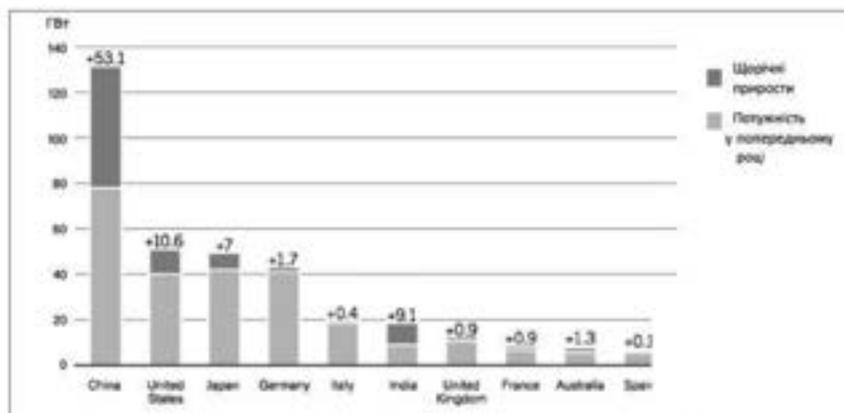


Рисунок 2.3 – Потужність сонячної енергетики і її приріст в країнах першої десятки у 2017 р.

Інвестиції в сонячну енергетику у 2007–2017 рр. зросли приблизно учетверо (рис. 2.4).

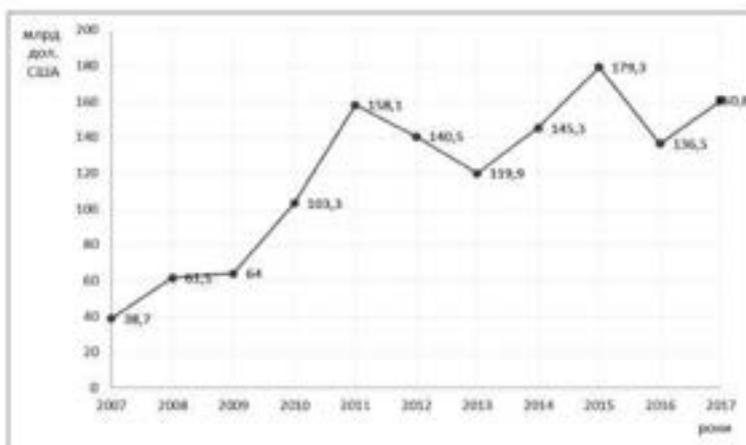


Рисунок 2.4 – Інвестиції в сонячну енергетику всіх країн світу у 2007–2017 рр.

В той же час питома вартість проєктів сонячної електроенергетики зменшилася приблизно у 4 рази (рис. 2.5).

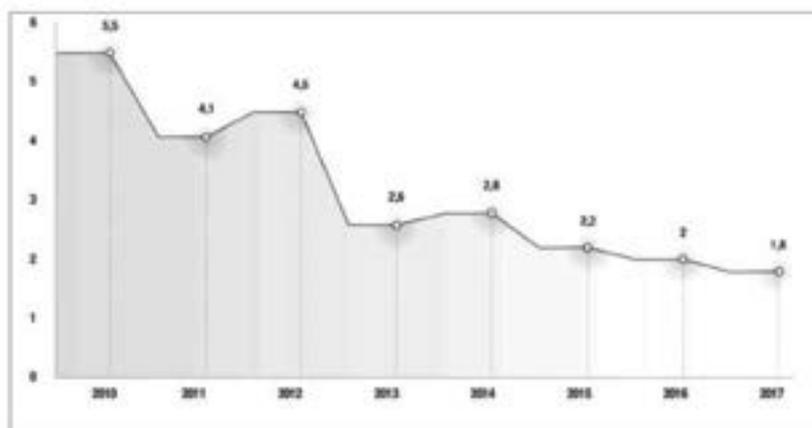


Рисунок 2.5 – Питома вартість проєктів сонячних електростанцій, млрд дол. США / 1 МВт

Лідером з електрогенерації станом на 2017 рік був Китай (рис. 2.6).

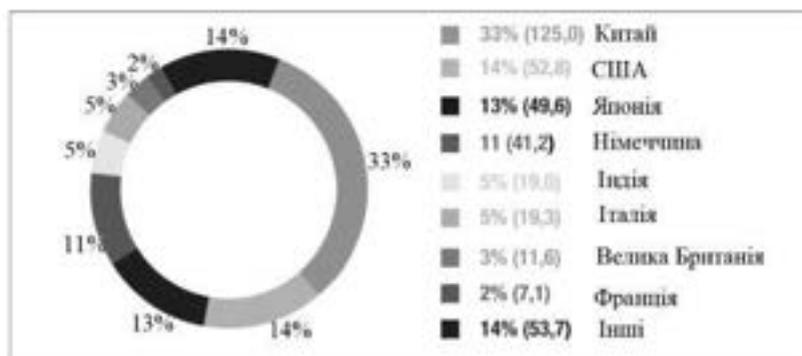


Рисунок 2.6 – Структура електрогенерації СЕС у світі у 2017 році (ГВт·год)

З 2016 по 2020 рік Китай (який став світовим лідером за потужністю сонячних електростанцій) інвестує в будівництво сонячних електростанцій близько 145 млрд доларів, що дає можливість ввести в експлуатацію близько 1000 потужних СЕС. Такий прогрес стимулюється необхідністю знизити забруднення навколишнього середовища внаслідок спалювання викопного палива в умовах зростання потреб в електроенергії. Друге місце згідно зі звітом REN 21 займає Японія, а на третьому місці – США. Серед 10 найбільших у світі діючих або споруджуваних фотоелектричних СЕС є 4 американських, з потужністю від 290 МВт до 580 МВт.

Найкращі результати серед країн ЄС відмічено у Великобританії, де протягом року встановлено 4 ГВт потужностей сонячних електростанцій. У Німеччині, яка є лідером впровадження поновлюваних джерел енергії, загальна встановлена потужність СЕС в країні становить майже 40 ГВт або 6,5 % від сумарної потужності генерації. За даними звіту REN 21, на Американському континенті (крім США) було встановлено близько 1,5 ГВт, в Азії – 2,5 ГВт загальної потужності. В Африці та на Близькому Сході було встановлено не менше 1 ГВт.

Очікується, що буде встановлено щонайменше 64 ГВт сумарної потужності фотоелектричних установок у всіх регіонах світу. За прогнозними оцінками МЕА та Європейської асоціації фотоелектричної промисловості (EPIA), до 2050 р. сонячна енергетика забезпечуватиме 20–25 % світових потреб в електроенергії за умов динамічного зростання у межах 10 % кожного року.

Сонячна електроенергетика в США, за сприяння держави, поступово перетворюється в самостійну галузь, в якій діють близько 5600 компаній і зайнято 143 тис. осіб. Балансова вартість усіх СЕС оцінюється в 13,7 млрд дол. Усі найбільші проекти розвитку сонячної електроенергетики було реалізовано за підтримки федерального уряду і бюджетів відповідних штатів.

Широке впровадження знайшло в США застосування сонячних фотопанелей на дахах будинків. У грудні 2005 р. було схвалено Каліфорнійську ініціативу з розвитку сонячної енергетики (California Solar Initiative). Згідно з цією програмою до кінця 2016 р. введено в дію 1940 МВт нових потужностей сонячної енергетики в житлових будинках і комерційних установах штату. На її реалізацію владою штату виділено 2167 млн дол.

В галузі сонячної (фотоелектричної) генерації Китай вийшов на перше місце в світі за потужністю. Відповідно до п'ятирічного плану, до 2020 р. потужність сонячних електростанцій в Китаї має бути доведена до 150 ГВт (включаючи малі дахові). До 2040 р. прогнозується довести встановлену потужність об'єктів, які використовують сонячну енергію до 184 ГВт. Розвиваючи сонячну генерацію, Китай спирається, головним чином, на свою виробничо-технологічну базу. Близько 65–70 % світового виробництва фотоелектричних модулів сконцентровано в Китаї.

Згідно з китайською програмою Золоте сонце (Golden Sun Program), урядом створено стимули для споживачів сонячної енергетики, а також встановлено централізований вибір постачальників сонячних панелей, за якого іноземні компанії не змогли виграти жодного контракту на їхнє постачання. Тільки спільні підприємства і компанії з надання інжинірингових послуг, проектування, екологічного консалтингу мали право діяти на внутрішньому ринку і розвивати цей вид бізнесу, не маючи змоги конкурувати з крупним

капіталом. Китай сьогодні спроможний експортувати не лише фотоелектричні модулі, а й відповідні інжинірингові рішення.

Енергія сонця безпечна для довкілля. Її можна споживати поки світитиме Сонце. Використання сонячного випромінювання доцільне для вироблення теплової та електричної енергії й можливе на всій території України.

Якщо говорити про потенціал впровадження сонячної енергетики, то середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м² в північній частині України до 1400 кВт·год/м² і вище на півдні Одеської області [5].

Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року, проте – максимально ефективно протягом 7 місяців на рік (з квітня по жовтень).

Перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід орієнтувати в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв може забезпечити повною мірою не тільки потреби вітчизняних споживачів, але й експортувати більше двох третин виробленої продукції.

Беручи до уваги досвід з впровадження сонячних електростанцій (далі – СЕС) в європейських країнах зі схожим рівнем сонячного випромінювання, а також з огляду на світові тенденції постійного зниження собівартості будівництва СЕС внаслідок розвитку технологій, в Україні за рахунок вдосконалення технології та введення в експлуатацію нових потужностей виробництво електроенергії СЕС може бути значно збільшено.

Україна, ставши повноправним членом Енергетичного Співтовариства з 01.02.2011 р., відповідно до Закону України [6] від 15.12.2010 р. № 2787-VI Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства прийняла зобов'язання щодо імплементації основних актів енергетичного законодавства Європейського Союзу. Також Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 р. довести рівень енергії, виробленої з поновлюваних джерел енергії в загальній

структурі енергоспоживання країни до 11 %. Відповідно до цього Кабінетом Міністрів України розпорядженням від 03.09.2014 р. №791 затверджено План заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.10. 2014 р. №902-р затверджено Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року (НПД ВЕ) [7] та План заходів з реалізації Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року [8] виконання якого дозволить замінити понад 10 млрд м³ газу. Наказом Міненерговугілля України від 07.11.2014 р. № 796 затверджено План заходів Міненерговугілля України з реалізації Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.

За останні 5 років сонячна електроенергетика в Україні трансформувалася в один з найбільших і стрімко зростаючих напрямків [8]. У 2016 році введено в експлуатацію 100 МВт (рис. 2.7), в 2017 – 211 МВт, у 2018 р. – очікується до 400 МВт. На сьогодні в Україні введено в експлуатацію 190 СЕС загальною потужністю 742 МВт [8].

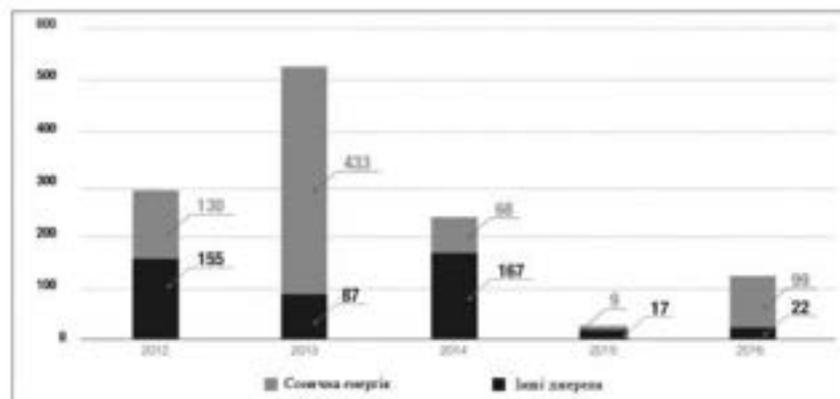


Рисунок 2.7 – Динаміка введення в експлуатацію об'єктів ВДЕ, МВт

Планом розвитку ОЕС України на 2016–2025 роки ДП «НЕК «Укренерго» передбачено придбання потужностей СЕС до електромереж енергосистеми обсягом 1641,2 МВт, у тому числі в Херсонській

області – 221,8 МВт, у Житомирській області – 115,5 МВт, у Миколаївській області – 115,0 МВт, в Одеській області – 113,0 МВт тощо [9]. На виконання Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року Держенергоефективності разом з Інститутом відновлюваної енергетики НАН України, розроблено проєкт Дорожньої карти розвитку сонячної енергетики в Україні на період до 2020 р. та розміщено на сайті Держенергоефективності для обговорення. Головною метою розроблення і реалізації Дорожньої карти є сприяння залученню інвестицій у розвиток сфери відновлюваної енергетики країни. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв для СЕС може задовольнити повністю не тільки потреби вітчизняних споживачів, але створити умови для початку експортних поставок більше двох третин виробленої продукції.

Умовно територію України можна розділити на чотири зони, залежно від інтенсивності сонячної радіації. Наглядно потенціал впровадження сонячної енергетики в Україні приведено на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Потенціал розвитку сонячної енергетики в Україні

Для підприємств системи Держрезерву найбільшу привабливість для впровадження сонячних електростанцій мають об'єкти, що знаходяться в II та частково у III зоні. Сонячні панелі можна встановлювати на стінах та дахах елеваторів хлібних баз і КХП та інших будівель великих розмірів, а також на відкритих майданчиках на території, якщо є така можливість.

2.2.3 Вітроенергетика

Вітроенергетика – галузь альтернативної енергетики, яка спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію.

Джерело вітроенергетики – сонце, так як воно є відповідальним за утворення вітру. Атмосфера землі вбирає сонячну радіацію нерівномірно через неоднорідності її поверхні та різний кут падіння світла в різних широтах в різну пору року. Повітря розширюється та підіймається догори, утворюючи потоки. Там де повітря нагрівається більше ці потоки підіймаються вище та зосереджуються у зонах низького тиску, а холодніше повітря підіймається нижче, створюючи зони високого тиску. Різниця атмосферного тиску змушує повітря пересуватися від зони високого тиску до зони низького тиску з пропорційною швидкістю. Цей рух повітря і є тим, що ми називаємо вітром.

Стимулами темпів росту вітроенергетики є проблеми, що гостро постали перед країнами світу – енергонезалежність, охорона довкілля, безпека експлуатації і економіка. Великі вітряні електростанції включаються в загальну мережу, більш дрібні використовуються для постачання електрикою важкодоступних місць.

Щоб найкраще використати вітряну енергію, важливо досконали розуміти добові та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані хоча б за останні 20 років.

Сучасна вітроенергетика зосереджується насамперед на отримання електроенергії, хоча іноді вітряки використовують для виконання механічної роботи. За даними World Wind Energy Association, на 2009 рік у вітроенергетиці було створено 340 ТВт·год енергії.

Це приблизно 2% її світового споживання. У кількох країнах вітроенергетика вже зараз становить досить вагомую частку всієї електроенергетики: в Данії – 20%, в Іспанії – 14%, в Португалії – 14%.

В останні роки енергія вітру все більше використовується для одержання електроенергії. Створюються вітряки великої потужності і встановлюються на місцевості, де дмуть часті й сильні вітри. Кількість і якість таких двигунів зростає щорічно, налагоджене серійне виробництво.

Інститутом відновлюваної енергетики НАН України складена карта вітроенергетичного потенціалу нашої країни. Найбільш привабливими регіонами для використання енергії вітру є узбережжя Чорного та Азовського морів, територія Карпатських гір, Одеська, Херсонська та Миколаївська області [10].

Карта вітроенергетичного потенціалу України зображена на рис. 2.9.

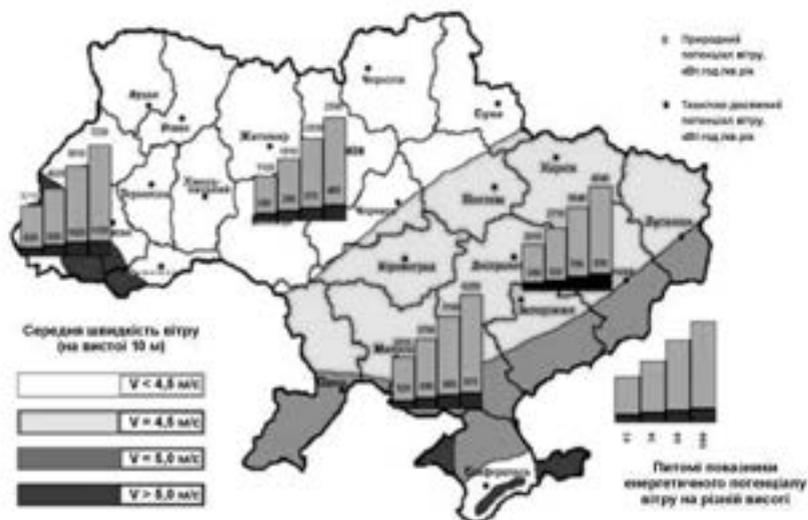


Рисунок 2.9 – Карта вітроенергетичного потенціалу України

Процес будівництва української вітроенергетики розпочався у 1996 році, коли була зпроектована Новоазовська ВЕС проєктною

потужністю 50 МВт. 1997 рік – запрацювала Трускавецька ВЕС. В 2000 році в Україні працювало вже 134 турбіни та закладено близько 100 фундаментів під турбіни потужністю 100 кВт [10].

Значне зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року, після запровадження Урядом України «Зеленого тарифу».

Станом на 01.01.15 в Україні встановлена потужність вітроелектростанцій (ВЕС) становила 514 МВт (лише 0,93 % від загального обсягу генеруючих потужностей), якими вироблено понад 1171 млн кВт·г електроенергії у 2014 році [10].

У порівнянні з країнами Західної Європи та Середземномор'я, Україна щодо безвітряний регіон, де більш стабільно вітри дмуть тільки в Прикарпатті і на азовському узбережжі. Проте в Україні вже побудовано значну кількість вітрових електростанцій [10]:

1. Трускавецька ВЕС – 0,7 МВт;
2. ТОВ «Вітровий парк Краснодонський» – 5 МВт.
Заплановано – 25 МВт;
3. ТОВ «Вітровий парк Новоазовський» – 57,5 МВт;
4. Ботієвська ВЕС, ТОВ «Вінд Пауер» – 200 МВт;
5. Приморська ВЕС, ТОВ «Вінд Пауер» – 200 МВт;
6. Дмитрівська ВЕС, ТОВ «Вітровий парк Очаківський» – 35 МВт;
7. Тузловська ВЕС, ТОВ «Вітровий парк Очаківський» – 12,5 МВт;
8. ВЕС «Старий Самбір-1», ТОВ «Карпатський вітер» – 13,2 МВт;
9. ВЕС «Старий Самбір-2», ТОВ «Еко-Оптіма» – 20,7 МВт;
10. Асканійська ВЕС – 0,8 МВт;
11. Сиваська ВЕС – 2,3 МВт;
12. ТОВ «Віндрафт Україна» – 9,225 МВт;
13. Аджигільська ВЕС – 0,6 МВт;
14. Очаківська ВЕС – 37,5 МВт;
15. ТОВ – Вітровий парк Керченський – 25 МВт;
16. Прісноводненська ВЕС – 5,6 МВт;
17. ДП Східно Кримська ВЕС – 2,8 МВт;
18. ДП Донузлавська ВЕС, Ділянка Судакського – 6,2 МВт;

19. ДП Донузлавська ВЕС, Ділянка Донузлавська – 10,9 МВт;
20. ДП Донузлавська ВЕС, Ділянка Чорноморська – 0,6 МВт;
21. Тарханкутська ВЕС – 16,7 МВт;
22. Мірновська ВЕС – 20,8 МВт;
23. Берегова ВЕС, ТОВ «Віндкрафт Україна» – 12,3 МВт.

З початку 2020 р. найбільшим енергетичним холдингом України ДТЕК будується Тилігульська вітрова електростанція потужністю 500 МВт, з перспективою збільшення потужностей до 565 МВт.

Особливості застосування вітроелектричних станцій (ВЕС)

– Паралельна робота з мережею. У цьому випадку електрична енергія, яку виробляє ВЕС, має відповідати вимогам якості електричної енергії у мережі. Мережа, у свою чергу, повинна мати можливість прийняти потужність від ВЕС (пропускна здатність ЛЕП, наявність відповідних лічильників електроенергії тощо) та вчасно реагувати на зміну її кількості.

– Автономна робота ВЕС. Для такої роботи ВЕС необхідне встановлення акумуляторних батарей, які накопичуватимуть електричну енергію, що виробляється вітроагрегатом за сприятливих погодних умов. Наявність акумуляторів значно збільшує загальну вартість системи. Тому для прийняття остаточного рішення необхідно проводити техніко-економічні розрахунки. Встановлення автономної ВЕС можливо в поєднанні з фотоелектричним модулем.

– Пряме перетворення електричної енергії в теплову. Електрична енергія, що виробляється ВЕС, перетворюється в теплову шляхом нагрівання об'єму води електричними ТЕНами. Тобто акумулятором тепла є вода. Таку схему можна використовувати для попереднього нагрівання води в системі гарячого водопостачання.

– Основним недоліком вітроенергетики є несталість та нерегульованість вітрового потоку. Важливим є також питання економічної ефективності ВЕС.

Для підприємств системи Держрезерву найбільшу привабливість для впровадження вітрових електростанцій мають об'єкти, що знаходяться в степовій зоні на півдні України. Вітряки можна встановлювати на відкритих майданчиках на території, якщо є така можливість.

2.2.4 Енергія довкілля

Енергія довкілля використовується як низкопотенційне джерело тепла для роботи теплових насосів. До природних енергетичних джерел довкілля належать тепло атмосферного повітря, води річок, морів, верхнього шару ґрунту та ґрунтові води.

Теплова енергія, що надійшла від Сонця, акумулюється в шарі ґрунту осадових та гірських порід на глибинах до ізотермічної (нейтральної) поверхні. Шар ґрунту між глибиною прогріву та ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії, причому, енергія, яка була використана в зимовий період, буде відновлюватись у теплий період року. Це стосується і ґрунтових вод, що містяться у вищевказаних шарах ґрунту та осадових порід.

У кліматичних умовах України можуть використовуватися серійні теплові насоси у кліматичному виконанні на температури від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Переваги роботи теплових насосів з використанням в якості джерела теплоти атмосферного повітря: необмежене джерело теплоти; невисокі початкові капіталовкладення; можливість розміщення установок на будь-якому об'єкті.

Недоліки роботи теплових насосів з використанням в якості джерела теплоти атмосферного повітря: невисокий коефіцієнт трансформації при температурах повітря нижчих за нуль; при невисоких температурах зовнішнього повітря необхідно використовувати спеціальні пристрої для запобігання обмерзанню зовнішнього блоку.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії довкілля (повітря) в Україні є еквівалентним 12,6 млн т н.е., а його використання дозволяє заощадити біля 15,6 млрд м³ природного газу [11]. Розбивка енергетичного потенціалу повітря по регіонам наведено у табл. 2.2.

На підприємствах системи Держрезерву повітряні теплові насоси для опалення та вентиляції будівель можна встановлювати по всій території України.

Таблиця 2.2 – Енергетичний потенціал повітря в Україні

Області	Технічно досяжний тепловий потенціал повітря, тис. т н.е./рік	Області	Технічно досяжний тепловий потенціал повітря, тис. т н.е./рік
АР Крим	280	Миколаївська	126
Вінницька	70	Одеська	231
Волинська	84	Полтавська	210
Дніпропетровська	840	Рівненська	56
Донецька	1029	Сумська	126
Житомирська	84	Тернопільська	42
Закарпатська	56	Харківська	567
Запорізька	350	Херсонська	70
Івано-Франківська	84	Хмельницька	84
Київська	861	Черкаська	112
Кіровоградська	140	Чернівецька	112
Луганська	406	Чернігівська	112
Львівська	175	ВСЬОГО:	6307

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія у ґрунтовому теплообміннику становить від 3–5 °С до 10–12 °С і є придатною для застосування теплових насосів, які забезпечують підвищення температури теплоносія до 40–70 °С. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують у теплонасосних установках потужністю 10–20 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки. В умовах України це можуть бути садибні будинки міст та сіл [12].

Теплонасосна система тепло- холодопостачання, що працює з використанням теплоти ґрунту, є однією з найбільш енергетично ефективних технологій теплопостачання. Переваги теплонасосних установок порівняно з традиційними системами пов'язані не тільки зі значними скороченнями витрат первинної енергії, але і з їх

екологічною чистотою, а також з можливістю підвищення ступеня автономності систем життєзабезпечення будівель. При розрахунку кількості можливих об'ємів споживання низькотемпературних теплових ресурсів за кліматичних умов різних регіонів України необхідно враховувати, що інтенсивна експлуатація може призвести до зниження температури ґрунтового масиву та його промерзання. Необхідно підтримувати такий рівень використання енергії ґрунту, який дозволив би експлуатувати джерело енергетичних ресурсів без шкоди для навколишнього середовища. Для кожного регіону України існує деяка максимальна інтенсивність видобування геотермальної енергії, яку можна підтримувати тривалий час.

Для спорудження ґрунтових теплообмінників можуть використовуватись земельні ділянки, не зайняті дорогами та забудовою, як у межах садиб, так і на землях загального користування.

Для розрахунку прогнозних ресурсів низькопотенційної теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод приймається, що ґрунтові теплообмінники закладаються в шарі ґрунту від глибини промерзання ґрунту (1,2 м) до глибини залягання нейтрального шару (18 м); в опалювальний період ґрунтовий теплообмінник буде охолоджувати ґрунт на глибині промерзання від 20 °С до 0 °С, а в літній період ґрунт прогривається знову до 20 °С. Зміна середньої температури ґрунту у ґрунтовому теплообміннику за опалювальний сезон становитиме 10 °С. Заморожування ґрунту та ґрунтових вод при такому тепловому режимі не відбувається [12].

Глибина занурення систем видобування теплових ресурсів верхніх шарів ґрунту, тобто ґрунтових теплообмінників чи свердловин, як правило, повинна бути більшою від глибини кореневої системи рослин.

Теплофізичні властивості ґрунтів при розрахунках приймаються для окремих областей, виходячи з переважаючого типу ґрунтів та підстилаючих порід.

Переваги та недоліки використання в якості джерела теплоти ґрунту, при роботі теплового насоса: високий коефіцієнт трансформації за рахунок постійної високої температури джерела теплоти; невисокі експлуатаційні затрати; простота обслуговування горизонтальних геотермічних теплообмінників; для установки

вертикальних геотермальних теплообмінників необхідна велика площа ділянки; великі капітальні затрати на інсталяцію обладнання; використання горизонтального ґрунтового теплообмінника потребує значної площі для його розміщення. Енергетичний потенціал верхнього шару ґрунту в Україні наведений у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Енергетичний потенціал верхнього шару ґрунту в Україні

Області	Технічно-досяжний тепловий потенціал верхнього шару ґрунту, тис. т н.е. / рік	Області	Технічно-досяжний тепловий потенціал верхнього шару ґрунту, тис. т н.е. / рік
АР Крим	371	Миколаївська	119
Вінницька	84	Одеська	231
Волинська	119	Полтавська	231
Дніпропетровська	735	Рівненська	63
Донецька	924	Сумська	14
Житомирська	119	Тернопільська	63
Закарпатська	56	Харківська	504
Запорізька	378	Херсонська	98
Івано-Франківська	119	Хмельницька	119
Київська	700	Черкаська	168
Кіровоградська	189	Чернівецька	119
Луганська	462	Чернігівська	119
Львівська	189	ВСЬОГО:	6293

На підприємствах системи Держрезерву ґрунтові теплові насоси для опалення та вентиляції будівель можна встановлювати по всій території України.

Перспективним є застосування теплових насосів в комплексі з іншими технологіями використання відновлювальних джерел енергії (сонячні, вітрові, біоенергетичні).

Отже, проаналізувавши досвід експлуатації теплових насосів, можна дійти до наступних висновків:

– Використання теплових насосів передбачає лише оплату за електроенергію на роботу та технічне обслуговування установки, сума у порівнянні з витратами на центральне опалення або роботу газових чи електричних котлів аналогічної потужності в декілька разів менша.

– Впровадження теплових насосів є перспективним напрямком використання альтернативних джерел енергії для забезпечення потреб систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання будівель, але даний процес суттєво залежить від місцезнаходження об'єкта та наявності доступу до певного оптимального для нього джерела низько потенціальної теплової енергії.

– Термін окупності від впровадження теплового насоса, не зважаючи на високу собівартість установки (300–1200 \$ за 1 кВт потужності) та складний монтаж зовнішніх підземних або підводних теплообмінних контурів, становить на даний момент 4–9 років. Але останнім часом спостерігається тенденція поступового зниження собівартості обладнання та його монтажу.

2.3 Основний пакет технічних рішень

Для успішної роботи підприємств і організацій Держрезерву та реалізації енергоефективних заходів (ЕЕЗ) пропонується впровадити технології та технічні рішення, наведені нижче, використовуючи наявні інженерні мережі та комунікації. Технічні рішення по альтернативним джерелам спрямовані не лише на економію енергоресурсів і підвищення ступеню енергонезалежності, але є також бізнес-проектами, націленими на отримання додаткового прибутку. Основними видами продукції, яку можна відпускати на сторону, виступають паливні пелети, отримані з місцевої біомаси та електрична енергія, вироблена на БіоТЕЦ чи БіоТЕС та на сонячних електростанціях. Пелети можна відпускати підприємствам, що знаходяться в структурі Держрезерву, стороннім організаціям та фізичним особам. Вироблена електроенергія відпускається в Енергоринок по “зеленому” тарифу.

2.3.1 Технічні рішення для аграрних активів

Основними технічними рішеннями для підвищення енергоефективності аграрних активів є:

- реконструкція дизельних, мазутних та газових зерносушарок шляхом переведення на біомасу (виробничих відходах – лушпинні соняшнику і зерна) і впровадженні нових сушарок на біомасі.

- створення паропоршневої когенераційної устаноовки (БіоТЕЦ) на власних відходах (лушпиння соняшнику та зерна) і на місцевих рослинних с/г відходах, з генерацією «зеленої» електроенергії, що продається по «зеленому» тарифу державі, і тепла, використовуваного для сушіння зерна, опалення виробничих приміщень, забезпечення гарячою водою для санітарно-побутових потреб. Надлишок тепла можна використовувати при створенні тепличного комплексу на території підприємства. Також можливий варіант створення електростанції на біомасі без відпуску тепла (БіоТЕС).

- Створення наземної і дахової сонячної фотовольтної електростанції для генерації «зеленої» електроенергії.

- Створення на території підприємств вітроенергетичних електростанцій (ВЕС), в т. ч. ежекційних установок.

- Впровадження LED-світильників з компенсаторами реактивної складової електроенергії для освітлення приміщень і території.

- Створення виробництва рослинних паливних пелет з місцевої сировини (біомаси) і утилізація виробничих рослинних відходів (лушпиння соняшнику та зерна) методом гранулювання.

- Встановлення теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель.

- Створення тепличного комплексу для отримання додаткового прибутку.

- Дообладнання твердопаливних котлів, що використовуються для опалення будівель газогенератором для отримання генераторного газу підвищеної калорійності та оптимізації процесу горіння розроблений фахівцями УкрНДІ «Ресурс».

- Використання (по можливості) розробок УкрНДІ «Ресурс»: піч калориферна для опалення приміщень, паливний брикет, пристрій для отримання електроенергії з дерев та сонячного випромінювання.

2.3.2 Технічні рішення для холодильників

Основними технічними рішеннями для підвищення енергоефективності холодильників є:

- Проведення робіт по теплоізоляції холодильників.
- Створення паропоршневої когенераційної установки (БіоТЕЦ) на деревині чи іншій місцевій біомасі з генерацією «зеленої» електроенергії, що продається по «зеленому» тарифу державі, і тепла, використовуваного для опалення виробничих приміщень, забезпечення гарячою водою для санітарно-побутових потреб. Надлишок тепла можна використовувати при створенні тепличного комплексу на території підприємства. Також можливий варіант створення електростанції на біомасі без відпуску тепла (БіоТЕС).
- Створення наземної і дахової сонячної фотовольтної електростанції для генерації «зеленої» електроенергії.
- Створення на території підприємств вітроенергетичних електростанцій (ВЕС), в т. ч. ежекційних установок.
- Виробництво продукції з деревени (європалети).
- Створення пелетної установки для виробництва паливних пелет з виробничих відходів і місцевої деревини.
- Впровадження LED-світильників з компенсаторами реактивної складової електроенергії для освітлення приміщень і території.
- Встановлення частотно-регульованого приводу на компресори холодильних установок.
- Встановлення повітряних завіс на виходах з холодильників.
- Рекуперація тепла, що відводиться з холодильних компресорних установок.
- Встановлення теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель.
- Створення тепличного комплексу для отримання додаткового прибутку.
- Дообладнання твердопаливних котлів, що використовуються для опалення будівель газогенератором для отримання генераторного газу підвищеної калорійності та оптимізації процесу горіння розроблений фахівцями УкрНДІ «Ресурс».
- Використання (по можливості) розробок УкрНДІ «Ресурс»: піч калориферна для опалення приміщень, паливний брикет, пристрій для отримання електроенергії з дерев та сонячного випромінювання.

2.3.3 Технічні рішення для складів

Основними технічними рішеннями для підвищення енергоефективності складів є:

- Встановлення пристрою для контролю якості продукції, яка крім інших функцій контролює параметри мікроклімату в приміщенні.

- Створення паропоршневої когенераційної установки (БіоТЕЦ) на деревині чи іншій місцевій біомасі з генерацією «зеленої» електроенергії, що продається по «зеленому» тарифу державі, і тепла, використовуваного для опалення виробничих приміщень, забезпечення гарячою водою для санітарно-побутових потреб. Надлишок тепла можна використовувати при створенні тепличного комплексу на території підприємства. Також можливий варіант створення електростанції на біомасі без відпуску тепла (БіоТЕС).

- Створення наземної і дахової сонячної фотовольтної електростанції для генерації «зеленої» електроенергії.

- Створення на території підприємств вітроенергетичних електростанцій (ВЕС), в т. ч. ежекційних установок.

- Виробництво продукції з деревени (європалети).

- Створення пелетної установки для виробництва паливних пелет з виробничих відходів і місцевої деревини.

- Впровадження LED-світильників з компенсаторами реактивної складової електроенергії для освітлення приміщень і території.

- Створення тепличного комплексу для отримання додаткового прибутку.

- Дообладнання твердопаливних котлів, що використовуються для опалення будівель газогенератором для отримання генераторного газу підвищеної калорійності та оптимізації процесу горіння розроблений фахівцями УкрНДІ «Ресурс».

- Встановлення теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель.

- Використання (по можливості) розробок УкрНДІ «Ресурс»: пич калориферна для опалення приміщень, паливний брикет, пристрій для отримання електроенергії з дерев та сонячного випромінювання.

2.3.4 Технічні рішення для нафтобаз

Основними технічними рішеннями для підвищення енергоефективності нафтобаз є:

- Створення паропоршневої когенераційної установки (БіоТЕЦ) на деревині чи іншій місцевій біомасі з генерацією «зеленої» електроенергії, що продається по «зеленому» тарифу державі, і тепла, використовуваного для опалення виробничих приміщень, забезпечення гарячою водою для санітарно-побутових потреб. Надлишок тепла можна використовувати при створенні тепличного комплексу на території підприємства. Також можливий варіант створення електростанції на біомасі без відпуску тепла (БіоТЕС).

- Створення на території підприємств вітроенергетичних електростанцій (ВЕС), в т. ч. ежекційних установок.

- Виробництво продукції з деревини (європелети).

- Створення пелетної установки для виробництва паливних пелет з виробничих відходів і місцевої деревини.

- Впровадження LED-світильників з компенсаторами реактивної складової електроенергії для освітлення приміщень і території.

- Створення тепличного комплексу для отримання додаткового прибутку.

- Дообладнання твердопаливних котлів, що використовуються для опалення будівель газогенератором для отримання генераторного газу підвищеної калорійності та оптимізації процесу горіння розроблений фахівцями УкрНДІ «Ресурс».

- Встановлення теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель.

- Використання (по можливості) розробок УкрНДІ «Ресурс»: піч калориферна для опалення приміщень, паливний брикет, пристрій для отримання електроенергії з дерев та сонячного випромінювання.

2.4 Впровадження системи енергетичного менеджменту

Детальний опис системи енергетичного менеджменту на підприємстві з зазначенням переваг та особливостей впровадження зазначено у розділі 6 даної монографії.

Виконання робіт з розробки та впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві вимагає залучення чималої

кількості матеріальних і людських ресурсів. Тому для правильного розрахунку їх кількості та розподілу буде розроблено бізнес-плани виконання робіт з впровадження системи енергоменеджменту на підприємствах та організаціях Держрезерву. У бізнес-план включаються заходи впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві, обсяги фінансування, розподіл грошових потоків, кількість і розподіл залучених кадрів та ін.

Вартість повного переліку робіт з впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві станом на 01.12.2020 року становить від 150 до 200 тис. грн. Термін виконання – до 9 календарних місяців.

2.5 Енергоаудит будівель.

Заходи для підвищення енергоефективності будівель

Початковим етапом по термомодернізації будівель є енергоаудит. Енергетичний аудит будівлі – це комплексне обстеження огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі в результаті якого визначається клас енергоефективності та заходи по зменшенню енерговитрат, а також розраховуються технічні та економічні показники їх реалізації.

Під час енергетичного аудиту будівель виконуються наступні роботи:

- розрахунок теплопровідності огорожувальних конструкцій (стін, вікон, дверей, покрівлі та підлоги);
- збір та аналіз даних щодо ефективності роботи інженерних систем (вентиляція, кондиціонування, опалення, електро- та водопостачання);
- здійснення тепловізійної зйомки огорожувальних конструкцій та комплексу робіт по виявленню ненормативних тепловтрат;
- здійснення тепловізійної зйомки системи опалення будівлі для оцінки ефективності її роботи;
- розробка енергетичного сертифікату будівлі зразка, який відповідає чинному законодавству;
- аналіз всіх даних та розробка заходів, що зменшать енергетичні втрати.

Результатом енергоаудиту є звіт з детальним описом розроблених заходів та рекомендацій по підвищенню енергонефективності будівлі, а також енергетичний сертифікат будівлі встановленого діючим законодавством зразка. Енергетичний сертифікат містить у собі загальну інформацію про будівлю, теплотехнічні характеристики, дані про інженерні системи та основні показники їх роботи, а також основні рекомендації по підвищенню енергоефективності будівлі.

Згідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [13] розробка енергетичного сертифікату є обов'язковою для:

- об'єктів первинного будівництва, реконструкції та капітального ремонту, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності»;

- будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;

- будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Обов'язкова сертифікація енергетичної ефективності будівель запроваджується з 1 липня 2019 року [13].

Сертифікацію енергетичної ефективності будівель мають право здійснювати особи які пройшли професійну атестацію та інформація про яких занесена в базу даних спеціалістів Держенергоефективності.

Основними заходами по підвищенню енергетичної ефективності будівель (термомодернізації) являються:

- утеплення огорожувальних конструкцій: стін, даху, та підлоги сучасними термоізоляційними матеріалами (мінеральна вата, екструдований пінополістирол та ін.);

- заміна вікон та дверей на енергоефективні металопластикові, які мають термічний опір, що відповідає вимогам діючих нормативних документів;

- встановлення сучасних автоматизованих індивідуальних теплових пунктів, які дають змогу встановлювати оптимальну температуру та подачу теплоносія в залежності від погоди;

– модернізацію систем опалення будівель шляхом встановлення сучасних біметалевих радіаторів з високою тепловіддачею, балансувальних клапанів, автоматичних повітроспускахів, а також пластикових трубопроводів з ізоляцією в неопалюваних приміщеннях.

Рекомендується також будівництво міні-котелень на місцевому біопаливі, що суттєво зменшить витрати підприємств на природний газ.

Пропонується також модернізація систем освітлення будівель, яка передбачає:

– перехід освітлення будівель на енергоефективне світлодіодне (LED);

– автоматизацію систем освітлення яка передбачає встановлення таймерів, датчиків руху та фотореле.

2.6 Висновок

Істотне зростання в 2014–2020 роках тарифів на традиційні паливно-енергетичні ресурси (природний газ, електроенергія) змусило звертати підвищену увагу на альтернативні і відновлювані джерела. Найбільший потенціал для України серед альтернативних та відновлюваних джерел мають біо- та сонячна енергетика, а також енергія навколишнього середовища у вигляді тепла надр землі та повітря. Наявність місцевого біопалива та майданчиків для розміщення сонячних електростанцій дають можливість підприємствам системи Держрезерву масово запроваджувати вищезазначені види енергоресурсів.

Також, в даному розділі приведений перелік заходів по підвищенню енергоефективності та впровадження альтернативних джерел енергії для кожного типу підприємств, які знаходяться в системі Держрезерву. Але, слід зазначити, підприємства системи Держрезерву знаходяться по всій території України та кожне з них має свої особливості: задачі, структуру, технологічний процес та ін. Формування напрямків підвищення енергоефективності та енергонезалежності для кожного з них потребує індивідуального підходу, тому перелік заходів для кожного підприємства потрібно формувати після проведення енергоаудиту.

3 ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

3.1 Резюме

В цьому розділі представлені шляхи підвищення енергоефективності і розвитку альтернативної енергетики, а також розглянуті питання використання поновлюваних джерел енергії на відомчих підприємствах системи Державного агентства резерву України.

Енергоефективність та енергозбереження визнані в Україні одними з пріоритетів енергетичної політики держави. Незважаючи на очевидну необхідність реалізації відповідних завдань, за останнє десятиліття поліпшення були фрагментарними, а використання енергетичних ресурсів залишається надмірним. Обсяги енергії, використовуваної для виробництва товарів і послуг, майже в чотири рази перевищує відповідні середні значення для країн Європейського Союзу. Впровадження організаційних і технологічних рішень по енергоефективності на рівні державних органів влади і окремих підприємств за міжнародними стандартами залишається досить низьким, хоча певні кроки в цьому напрямку все ж зроблені. Зокрема, існує нормативно-правова база (хоч і недостатня) для підвищення енергоефективності [14].

Впровадження на підприємствах Державного агентства резерву України альтернативної енергетики та заходів з підвищення їх енергоефективності, буде сприяти вирішенню питань енергоефективності та екологічної безпеки України в цілому.

3.2 Опис основних технічних рішень

3.2.1 Створення паропоршневої когенераційної установки на біомасі (БіоТЕЦ)

Для підприємства запасним, постійно діючим джерелом енергії, що підвищує її енергетичну безпеку і незалежність від постачання електроенергії є БіоТЕЦ. Додатково БіоТЕЦ буде місцевим регіональним джерелом електроенергії для населення і підприємств.

Паливом для БіоТЕЦ є місцева біомаса вологістю до 70 % і зольністю до 6 %:

- рослинні виробничі відходи елеватора (лушпиння насіння соняшнику і зерна);
- солома зернових;
- рослинні залишки від кукурудзи, соняшнику та інших агрокультур;
- дрова та деревні відходи (можливо використовувати паливну лозу, очерет, макуху).

Використання біомаси засноване на високоефективному спалюванні, яке дозволяє екологічно безпечно переробити рослинну сировину в електричну енергію, яку продають за пільговим «зеленим» тарифом, і тепло для потреб підприємства (підсушування біомаси, сушки зерна, обігріву виробничих і адміністративних приміщень, забезпечення гарячою водою для санітарно-побутових потреб, опалення теплиці).

Питома витрата біомаси для виробництва електроенергії залежить від якості вхідної сировини (калорійність, вологість, зольність).

При переробці 2,5 кг біомаси, з вологістю до 25 % і зольністю до 6 %, пропонується технологія спалювання дозволяє виробити в середньому 1 кВт електроенергії і до 5 кВт теплової енергії.

БіоТЕЦ зі встановленою електричною потужністю 2 МВт буде споживати 5 т/год., 120 т/доб., 3333 т/міс., 40000 т/рік, що надасть можливість скоротити викиди парникових газів (CO₂; CH₄; N₂O) до 7200 т/рік.

При спалюванні біомаси в технології використовуються елементи піролізу.

Паропоршнева когенераційна установка – це комплекс в складі паро- поршневого двигуна з синхронним електрогенератором і блоком утилізації теплоти мастила та теплоти відпрацьованої пари. Загальний вигляд установки приведено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Паропоршнева когенераційна установка

Паропоршневої двигун виготовляється шляхом переобладнання поршневого двигуна внутрішнього згорання.

Паропоршневий двигун працює по 2-х тактному циклу. Питома витрата пари 5–10 кг/кВт·год. Частота обертання валу двигуна – 1500 об/хв., що дуже зручно при стикуванні його з будь-яким синхронним електрогенератором. При тиску пари вище 5 бар двигун зберігає потужність по відношенню до вихідного аналогу.

Застосовуючи сучасні електронні пристрої в системі регулювання двигуна, одержують якість вироблюваної електроенергії не нижче ніж в мережі.

Вартість 1 кВт встановленої електричної потужності паропоршневої електростанції нижче, ніж у виробників парових турбін.

Синхронний електрогенератор – покупний виріб з ККД 92–94 %, що дозволяє перетворювати механічну енергію на валу паропоршневого двигуна в електричну.

Електрогенератори, що застосовуються для дизельних, бензинових і газових електростанцій, можуть бути використані без доробок на паропоршневих електростанціях.

Блок утилізації теплоти – при роботі паропоршневого двигуна частина теплоти пара передається мастильному маслу. Сучасні мастила можуть працювати при температурі до 130 °С. При більш високих температурах масло втрачає мастильні властивості, його необхідно охолоджувати, тобто відбирати частину теплоти і направляти її для виконання корисної роботи. До того ж масло виконує функції охолодження двигуна.

Пар, який виконав корисну роботу в двигуні, повинен бути конденсований і відправлений в паровий котел. При конденсації пари виділяється теплота, яка також може бути утилізована і відправлена для виконання корисної роботи. Технологічна схема БіоТЕЦ приведена на рис. 3.2.

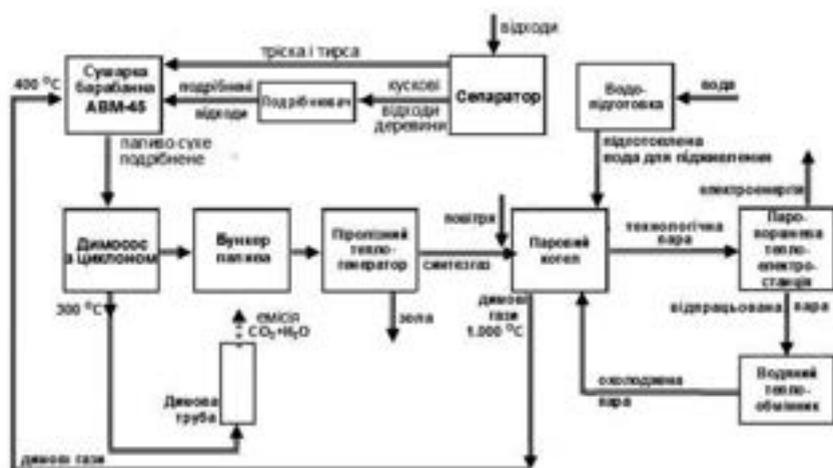


Рисунок 3.2 – Технологічна схема БіоТЕЦ

Паливо (пелети або тріска) конвеєром подачі засинається в топку. Парогенератор нагріває підготовлену воду і передає під тиском до 13 атм паропоршневій машині. Топка парогенератора обладнується ґратами з шуруючою рамкою, що охолоджуються

водою. Робота топки механізована із застосуванням електроприводів і автоматизована в обсязі, необхідному для нормальної експлуатації установки, що працює на спалюванні твердого палива.

Для ефективного горіння палива під грати в зону первинного дуття подається гаряче повітря температурою 200–400 °С. Для повного спалювання палива і зменшення виносу в камеру топки подається повітря в зону вторинного дуття. Переміщення і розрівнювання шару палива по колосниковій решітці відбувається за допомогою рамки, що переміщується. При русі рамки відбувається шурування шару, що інтенсифікує процес згоряння палива.

В установці прийнята схема сухого золовидалення. З топки парогенератора зола скидається на гвинтовий конвеєр, який транспортує продукти спалювання в зольник.

Вихідні димові гази з конвективної частини парогенератора потрапляють в пристрій санітарної очистки газу (ПСОГ), де очищуються до вимог екологічних норм і далі димососом викидаються в атмосферу через димову трубу. ПСОГ забезпечує ефективність очищення димових газів до 98 %. Біопаливо в теплогенераторі перетворюється в золу – натуральне мінеральне калійне добриво. Зола видаляється шнеком в бункер золи, звідки вивозитися на майданчик зберігання, для відвантаження покупцям.

У разі використання кускових деревних відходів необхідно додатково придбати і встановити таке обладнання:

- сепаратор палива;
- рубальні машини;
- колун.

У цьому випадку перед подачею деревної сировини в БіоТЕЦ воно надходить на сепаратор для відділення крупнокускових відходів від тріски.

Відокремлені на сепараторі тирса і тріска подаються стрічковим транспортером в барабанну сушарку для підсушування сировини (палива) до 12 % вологості.

Кускові відходи з сепаратора поступають насипом в подрібнювач, де переробляються в тріску.

Подрібнена сировина механічно подається з подрібнювача в сушарку, де підсушується до 12 % вологості.

У сушарку подається енергоносіс – димові гази з парового котла. Подрібнена і підсушена сировина витягується димососом в циклон, де відділяється від димових газів. У димову трубу виводяться CO_2 і H_2O .

У разі використання соломи, сіна, трави, листя і глиці необхідно додатково придбати і встановити січкарню.

Продукцією БіоТЕЦ буде:

- «зелена» електроенергія;
- тепло;
- відходи – зола.

Отримана електроенергія буде продаватися державному підприємству «Енергоринок», а тепло буде використовуватися по місцю для:

- опалення адміністративних і виробничих приміщень;
- сушки зерна;
- отримання гарячої води для санітарно-побутових цілей;
- підсушування палива (біомаси) при необхідності;
- опалення теплиці.

Зола може використовуватися в якості натурального мінерального калійного добрива.

Для реалізації проекту передбачається створення підприємства по обслуговуванню БіоТЕЦ, які отримають необхідні ліцензії на генерацію і продаж електроенергії.

Умови передачі території для розміщення БіоТЕЦ підлягають окремому узгодженню і уточненню.

Проект має наступну привабливість для його фінансування:

- лібералізація ринку електроенергії;
- використання обладнання, що дозволяє отримати максимальне вироблення енергії відповідно до ставки «зеленого» тарифу;
- довгострокові зобов'язання і гарантована покупка державою електроенергії;
- майданчики, заплановані під електростанцію розташовані на території підприємств, з наявністю трансформаторних підстанцій та електромереж, достатніх для передачі електроенергії;
- наявність місцевої сировинної бази біомаси – агровідходів або деревини.

Розміщення БіоТЕЦ на території підприємства має наступні переваги:

- охорона майданчика;
- місце для складування палива;
- існуюче пожежне депо та пожежні водойми;
- артезіанські свердловини води;
- адміністративне приміщення.

Рекомендовані українські технології:

- мають позитивний досвід впровадження переробки газових та мазутних парових котлів під тверде паливо;
- запатентоване і впроваджене високоефективне спалювання біомаси;
- інноваційну адаптацію поршневих двигунів під пару.

Інвестиційні кошти будуть використані для:

- закупівлі технологічного обладнання;
- його монтажу та наладки;
- оплати проектних і будівельних робіт;
- реконструкції котельні;
- забезпечення транспортних і первісних витрат виробництва.

Орієнтовний термін монтажу теплогенеруючого комплексу, включаючи проектування, становить не більше 9 місяців. Вартість проекту станом на 01.12.2020 рік – від 20 до 30 млн грн., термін окупності в середньому 3 роки.

3.2.2 Перевід зерносушарок на біопаливо

Мета даного заходу – зменшення витрат на енергоносії для сушіння зерна шляхом реконструкції зерносушарок з метою їх переведення з природного газу, дизельного палива чи мазуту на відходи біомаси – альтернативне екологічне поновлюване паливо (виробничі відходи хлібної бази – лущиння соняшнику та зерна) та підвищення прибутковості роботи елеватора за рахунок впровадження нової сушарки для насіння соняшнику, що працює на біомасі. Завдяки такому паливу вдається здійснювати «делікатну» сушку, тобто точно варіювати рівень знімання вологості, застосовувати

задані режими роботи установок, просушувати зерно максимально рівномірно. Такі агрегати дозволяють знижувати рівень споживання електроенергії на 10 %, а в цілому зменшувати рівень експлуатаційних витрат на 20–50 %.

Перевага використання обладнання даного типу – більш стабільна робота сушарки, що забезпечує оптимальну тривалість обробки зерна. Ще один вагомий плюс полягає в повному виключенні зіткнення оброблюваної сировини з топковими газами.

Зерносушарки – це вкрай необхідні в сільському господарстві установки. За їх допомогою можливо просушити зерно таким чином, щоб забезпечити його довготривале зберігання.

Сушарка ДСП (найпоширеніша на підприємствах Державного агентства резерву України) складається з:

- сушильної (розділеної на дві зони сушки) і охолоджувальної шахт;
- напірно-розподільних і відвідних камер;
- топки, що працює на рідкому паливі;
- випускних механізмів періодичної дії;
- вентиляційного устаткування: зона сушіння має два вентилятори, зона охолодження – вентилятор;
- транспортного обладнання (норія сирого зерна, норія сухого зерна, транспортери і самопливні труби);
- приладів контролю і управління та ін.

Для сушіння зерна в зерносушарках ДСП використовується суміш топкових газів з повітрям. Агент сушіння і повітря в шахти сушарки подається під надлишковим тиском (вентилятори працюють на нагнітання) [15]. Зовнішній вигляд зерносушарки ДСП-32 приведено на рис. 3.3.

Зерносушарку ДСП-32 встановлюють поблизу веж елеваторів і в механізованих потокових лініях. Шахта сушарки встановлена на відкритому майданчику. Топка розташована в спеціальній цегляній будівлі, де також розташовані вентилятори сушильної шахти, електророзподільний щит і пульт управління. Вентилятор, що подає атмосферне повітря в охолоджувальну шахту, знаходиться біля сушильної шахти, ззовні будівлі. Сушильні й охолоджувальні шахти

збирають з металевих секцій. Для захисту шахт від потрапляння атмосферної вологи над відповідними коробами встановлені запобіжні козирки. Зовнішні стіни шахти утеплюють і закривають покрівельною сталлю. Над шахтою розташований металевий бункер.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вид зерносушарки ДСП-32

Крім цього, їх відмінністю можна вважати наявність двох сушильних корпусів і систему рециркуляції зерна, простоту ремонту, при необхідності і напівавтоматичний режим роботи.

Перевід сушарок на біопаливо передбачає установку нових біопаливних теплообмінників і теплогенераторів, спроектованих під потреби конкретного комплексу. Також потрібно передбачити місце для бункера, куди буде завантажуватись біопаливо. Зовнішній вид біопаливного теплогенератора приведений на рис. 3.4.

В якості палива для таких установок можна використовувати:

– пелети і брикети всіх видів та з різної рослинної сировини (деревина, соломка, лушпиння соняшника, кукурудза, сіно, трава, листя і глина, кора);

- дерев'яну тріску і тирсу будь-яких порід дерев і чагарників вологістю до 50 %;
- кускові деревні відходи (обрізки, пеньки, кора та інше);
- солома, сіно, трава, листя і глища, кора;
- лушпиння соняшника та зерна;
- торф (у вигляді пелет і брикетів) – за необхідності.



Рисунок 3.4 – Теплогенератори на біопаливі в роботі

На підприємствах аграрного сектору присутня місцева база сировини у вигляді лушпиння соняшнику та зерна. Виробничі майданчики і приміщення мають необхідні комунікації для розміщення обладнання.

На дату – 01.12.2020 р.:

- Вартість комплексу обладнання – 1900 тис. грн.
- Монтаж і навчання персоналу – 250 тис. грн.
- Разом – 2150 тис. грн.
- Окупність орієнтовна – 4 міс. (1 сезон).

3.2.3 Встановлення газогенераторів на твердопаливних котлах

Фахівцями УкрНДІ «Ресурс» розроблено газогенератор, що дає можливість отримати генераторний газ високої калорійності та оптимізувати процес горіння у топкових камерах твердопаливних котлів. Оптимізація процесу горіння в топкових камерах полягає у повному згорянні суміші генераторного газу та повітря, а також хімічний розклад вологи (води) до атомарного складу [16]. Схема газогенератора зображена на рис. 3.5.

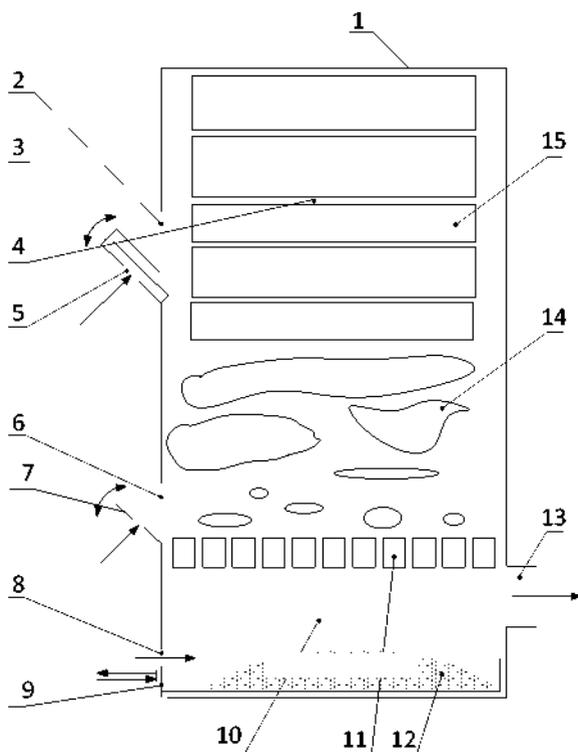


Рисунок 3.5 – Схема газогенератора

Газогенератор містить: корпус – 1; завантажувальний отвір для палива – 2; дверцята – 3; камеру горіння – 4; дозатор подачі первинного повітря – 5; шуровочне віконце – 6; дверцята шуровочного віконця з дозатором подачі повітря – 7; дозатор подачі вторинного повітря – 8; дверцята зольника – 9; зону остаточного спалювання – 10; колосникову решітку – 11; зольний залишок – 12; отвір для відводу паливного газу до теплоспоживача – 13; паливо, що частково згоріло та обвуглилося – 14; паливо (деревина та її відходи) – 15.

Газогенератор працює наступним чином. Через завантажувальний отвір 2 корпусу 1 подають паливо 14 (дрова та деревинні відходи без обмеження природної вологості). Дверцята 3 виконані двокамерними для підігрівання повітря, що поступає через дозатор 5. В нижній частині камери горіння 4 забезпечуються найбільш ефективні умови газоутворення. Паливо 15 частково згорає та обвуглюється у вигляді деревинного вугілля 14. В зоні газоутворення відбувається розкладання води до атомарного складу і утворення інших вуглеводневих сполук та конверсія CO_2 в CO . Через шуровочне віконце 6 проводять звільнення зольного залишку на колосниковій решітці 11. Шуровочне віконце 6 має дверцята 7 з дозатором подачі первинного повітря. Паливні гази, що утворилися в нижній частині камери горіння 4 (CO , CH_4 , C_2H_6 , та ін.), згорають в зоні остаточного спалювання 10, що знаходиться під колосниковою решіткою 11. Зольний залишок 12 видаляють через дверцята зольника 9, що мають дозатор подачі вторинного повітря 8. Через отвір 13 паливні гази подаються до теплоспоживача та видаляються через димохід.

Запропонована конструкція газогенератора дозволить зменшити енерговитрати завдяки заміщенню традиційних видів палива на деревину та її відходи і отримувати генераторний газ високої калорійності.

3.2.4 Впровадження печей калориферних для обігріву приміщень

Піч калориферна, розроблена фахівцями УкрНДІ «Ресурс» належить до енергетичної галузі і може бути використана для обігрівання приміщень та приготування їжі.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити конструкцію печі з можливістю не тільки обігрівати приміщення але й приготування їжі, сушіння різних речей, а також приготування їжі за технологією 3D (обігрівання з трьох сторін).

Поставлена задача вирішується тим, що над верхнім кінцем теплообмінних труб встановлено металевий короб дном вгору, в якому дно виготовлено у вигляді решітки, на яку встановлено кришку з вентиляційними отворами. Суть корисної моделі пояснюється кресленням [17]. На рис. 3.6 показаний загальний вигляд калориферної печі.

Піч калориферна має: металевий корпус – 1, металевий короб – 2, решітку – 3, кришку – 4 з вентиляційними отворами – 5, теплообмінні труби – 6, з яких виходить гаряче повітря – 7 та знизу подається холодне повітря – 8, дверцята – 9 для завантаження твердого палива, регулятор потужності – 10, газифікатор – 11.

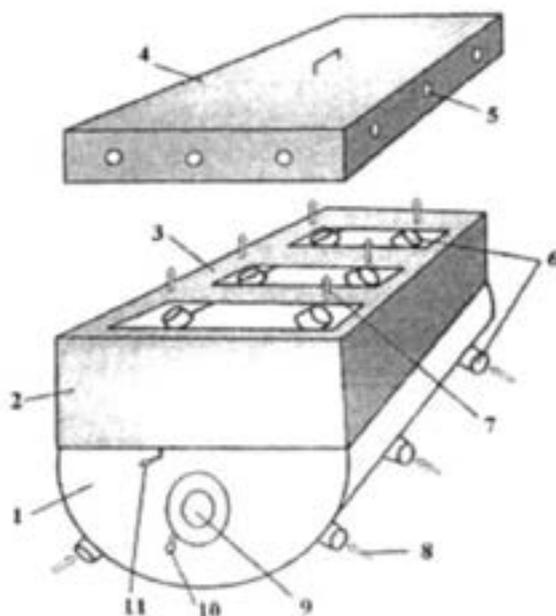


Рисунок 3.6 – Піч калориферна

Калориферна піч працює наступним чином. На металевий корпус 1 надівається металевий короб 2 дном вгору, в якому дно виготовлене у вигляді решітки 3. На решітку встановлюють посуд для приготування їжі (чайник, каструлі та ін.). Зверху на короб 2 встановлюють кришку 4 з вентиляційними отворами 5. Кришку 4 можна встановлювати замість короба 2 з решіткою 3, на якій розміщують посуд. Через дверцята 9 в піч завантажують тверде паливо. Для регулювання інтенсивності горіння знизу в теплообмінні труби 6 подають холодне повітря 8, а через отвори теплообмінника у верхній частині виходить гаряче повітря 7, яке нагріває металевий короб 2 з решіткою 3 та кришку 4 з вентиляційними отворами 5. Посуд для приготування їжі знаходиться між решіткою 3 металевого короба 2 та кришкою 4 і, таким чином, нагрівається з усіх сторін. Режим роботи печі встановлюють шляхом зміни положення регулятора потужності 10 та газифікатора 11.

Така конструкція печі сприяє суттєвому розширенню її функціональних можливостей та підвищенню коефіцієнту корисної дії.

3.2.5 Використання паливних брикетів виготовлених з шкаралупи волоського горіха в твердопаливних котлах

Корисна модель належить до видів твердого палива і може бути використана в енергетичній галузі як повноцінний дешевий, швидко відновлювальний замітник вугілля, дров, торфу і т. д.

В основу корисної моделі поставлена задача розширення використання відходів рослинного походження та збільшення теплотворної здатності брикетів.

Поставлена задача вирішується тим, що у заявленій корисній моделі у певному співвідношенні знаходяться рослинна волокниста сировина, шкаралупа волоського горіха та декстриновий клей.

Загальними з найближчим аналогами ознаками є наявність у складі рослинної волокнистої сировини.

Ознаками, що відрізняють корисну модель від найближчого аналога, є використання рослинної волокнистої сировини, шкаралупи волоського горіха та декстринового клею у співвідношенні:

- рослинна волокниста сировина 15–20 %;
- шкаралупа волоського горіха 82–75 %;
- декстриновий клей 3–5 %.

Суть корисної моделі пояснюється на прикладі виготовлення паливного брикету із вказаних компонентів за такою технологією: відходи деревини та переробки сільськогосподарської рослинної сировини, шкаралупу волоського горіха подрібнюють на традиційному устаткуванні до розміру частинок 2–5 мм, які потім подаються на змішувач, куди додають дозатором декстриновий клей. Перемішування компонентів триває 2–3 хвилини до рівномірного розподілу компонентів та утворення композиції. Підготовлену масу завантажують у бункер брикетувальника для подальшого пресування брикетів. Пресування відбувається за температури 250–270 °С та зусиллі пресування 30 МПа.

Недоліком відомого паливного брикету є вміст солей алюмінію, що підвищує токсичність паливних газів під час спалювання та зольність брикетів.

Корисна модель дозволить розширити використання відходів рослинного походження та збільшити теплотворну здатність брикетів [18].

3.2.6 Впровадження лінії з виробництва паливних пелет з рослинних відходів

Мета заходу – виробництво рослинних паливних пелет з місцевої сировини (біомаси) і утилізація виробничих рослинних відходів методом гранулювання.

Проектом передбачено створення на території підприємств та організацій Державного агентства резерву України ділянки паливних пелет на базі контейнерних мобільних пелетних установок.

На об'єктах Державного агентства резерву України місцеві бази сировини представлені у вигляді лушпиння соняшнику і зерна та деревних відходів на хлібних базах та КХП, а також, в основному, деревних відходів на інших підприємствах. Виробничі майданчики і приміщення на більшості підприємств Державного агентства резерву України мають необхідні комунікації для розміщення пелетного обладнання.

Зовнішній вигляд мобільної пелетної установки КПМУ-200 приведено на рис. 3.7.

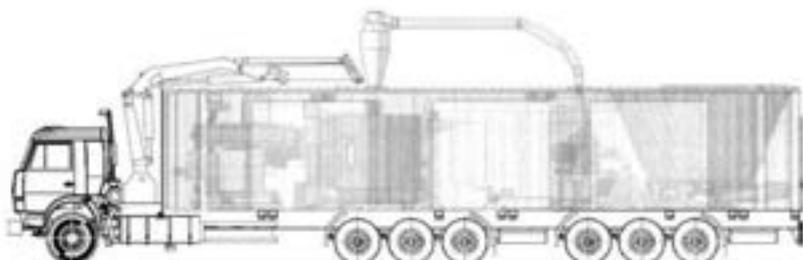


Рисунок 3.7 – Мобільна пелетна установка КПМУ-200

Лінія по виробництву паливних пелет складається із:

- шинка точного навантаження з бункером (двигун 1,5 кВт);
- системи зволоження сировини;
- гранулятора GRAND 300 (двигун 22 кВт);
- охолоджувача гранул і сортування (двигун 0,5 кВт);
- циклона, витяжки (двигун 4 кВт);
- пульта управління;
- транспортера стрічкового (4 вали);
- аеродинамічної сушки з калібратором.

Запланований збут продукції:

- на власні потреби підприємства в твердопаливні водогрійні котли для опалення та гарячого водопостачання;
- підприємствам Держрезерву;
- продаж стороннім організаціям та фізичним особам.

Продуктивність лінії – 0,625 т/год паливних пелет або 5000 т/рік.

Основні економічні показники типового проекту впровадження лінії по виробництву пелет з біомаси наведені в таблиці 3.1.

Додаткові переваги проекту:

- Налагоджено збут продукції.
- Ефективний менеджмент і навчені досвідчені працівники.
- Контейнерна мобільна пелетна установка легко транспортується.
- Швидкий термін запуску виробництва – 90 днів.

Таблиця 3.1 – Основні показники типового проєкту,
на дату 01.12.2020 р.

Найменування	Показник
Загальна вартість проєкту	3059000 грн
Машини та обладнання	1559000 грн
Продукт – лущиння насіння і зерна, Ø мм	8
Собівартість пелет	1559 грн/т
Ціна пелет в біг-бегах, на умовах EXW	2500 грн/т
Продуктивність в рік	5000 т/рік
- в місяць	417 т/міс
- на добу	15 т/доб
- за годину	0,625 т/год
Орієнтовний термін окупності проєкту	1 рік

3.2.7 Створення сонячних електростанцій

Мета даного заходу – створення на території підприємств та організацій Держрезерву сонячних електростанцій (СЕС) на дахах будинків і споруд елеваторів і на землі на територіях, де це можливо, з метою генерації, використання на власні потреби та продажу електроенергії за “зеленим” тарифом для отримання стабільного доходу.

Типи сонячних електростанцій:

- СЕС з підключенням та видачею електроенергії в мережу (on-grid, grid-tied, grid-feed), призначені для генерації електроенергії з подальшим її продажем державі за так званим «зеленим тарифом»;

- автономна СЕС (off-grid); електростанції цього типу дозволять забезпечити альтернативним енергоживленням та не тільки економлять електроенергію, але і можуть зберігати її для використання в проміжки часу, коли сонячне випромінювання відсутнє;

- гібридна СЕС (hybrid); в даному типі СЕС електроенергія вироблена за рахунок сонячного випромінювання частково заміщує електроенергію з мережі.

Сонячна батарея або модуль є визначеною кількістю одиночних комірок ФЕП (фотоелектричних перетворювачів), що механічно

об'єднані в одній конструкції та електрично з'єднані для отримання визначеного рівня електричної потужності із встановленими рівнями робочих струму та напруги.

На сьогоднішній день, в основному застосовують 3 види фотоелектричних перетворювачів та сонячних батарей на їх основі:

- ФЕП на основі монокристалічного кремнію;
- ФЕП на основі полікристалічного кремнію;
- тонкоплівкові ФЕП на основі аморфного кремнію, телуриду кадмію та диселеніду індію, міді.

Модуль сонячної батареї може складатися з 36, 72 чи 96 окремих елементів ФЕП. Батареї для промислового використання збираються з окремих елементів, що з'єднуються дротами та розміщуються між скляними пластинами і полімерними плівками для захисту від впливу навколишнього середовища. Тонкоплівкові елементи випускають вже в готових матрицях, іноді навіть у готових герметизованих корпусах, що забезпечують автоматичне позиціонування комірок ФЕП. В залежності від ККД матеріалу, різні типи сонячних панелей будуть мати різні робочі площі для отримання одного для всіх умовного значення потужності. Середня площа яку займає система на базі монокристалічних панелей потужністю 1 кВт становить 7 м². Середня площа, яку займає система на базі полікристалічних панелей потужністю 1 кВт, становить 8,3 м². Площа, яку будуть займати тонкоплівкові модулі для вироблення аналогічного 1 кВт потужності – 18,3 м² [19].

До елементів СЕС відносяться:

1) фотоелектричні панелі (сонячні модулі), що перетворюють сонячну енергію в електричну Зовнішній вид сонячних панелей приведений на рис. 3.8;

2) контролер, призначений для управління сонячною фотоелектричною системою, який не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час;

3) акумулятор, який потрібен для накопичення електроенергії, що генерується сонячними модулями;

4) інвертор, що перетворює постійний електричний струм від сонячних батарей в змінний, який необхідний для живлення електроприладів;

5) електричний лічильник, що фіксує кількість електроенергії, яка подається в загальну мережу або споживаної при необхідності [20].



Рисунок 3.8 – Сонячні фотоелектричні панелі

Сонячні фотоелектричні елементи перетворюють сонячне світло безпосередньо в електроенергію. В даний час кристалічний кремній (с-Si) і, так звані, тонко плівкові технології (ТП) домінують на світовому ринку. В ФЕП-системах на основі кристалічного кремнію високої чистоти використані елементи, які зібрані в модулі і електрично з'єднані. Система тонкоплівкової технології ФЕ складається з тонкого шару напівпровідникового матеріалу, нанесеного на скло, полімер або метал. ФЕ-система на основі кристалічного кремнію є найстарішою і в даний час домінуючою фотоелектричною технологією, яка складає приблизно 85–90% ринку фотоелектрики.

Принципова схема сонячної електростанції приведено на рис. 3.9.

Останнім часом на ринку з'явилися перетворювачі з надвисокою ефективністю роботи. Суттєвого підвищення ККД фотоелектричних перетворювачів вдалося домогтися за рахунок:

– створення перетворювачів з двосторонньою чутливістю (до +80% до вже наявного ККД одного боку);

- застосування люмінесцентно-випромінюючих структур;
- попереднього розкладу сонячного спектра на дві або більше спектральні області за допомогою багат шарових плівкових розділювачів світла (дихроїчних дзеркал) з подальшим перетворенням кожної ділянки спектру окремим ФЕП і т. д.

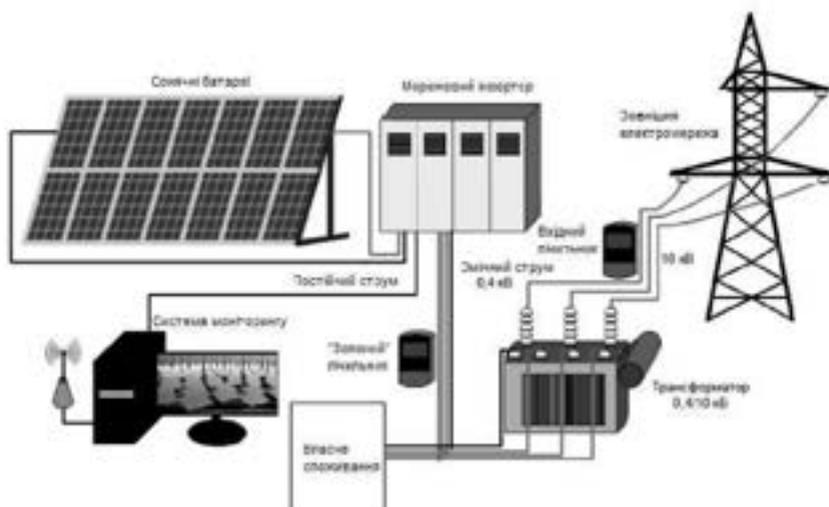


Рисунок 3.9 – Принципова схема роботи сонячної електростанції

Основними техніко-економічними характеристиками сучасних СЕС [21–23] є:

- ККД панелей (ФЕМ) (η_{PV}) – відношення потужності при постійному струмі (P_{DC} , Вт) до загального рівня ефективної інсоляції (G_T , Вт/м²) та площі ФЕМ (A_{PV} , м²), описується формулою:

$$\eta_{PV} = P_{DC} / G_T / A_{PV} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

- ККД інверторів (η_{inv}) – відношення потужності при змінному струмі (P_{AC} , Вт) до потужності при постійному струмі (P_{DC} , Вт), описується формулою:

$$\eta_{inv} = P_{AC} / P_{DC} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

– ККД СЕС – добуток ККД панелей (η_{PV}) та ККД інверторів (η_{inv}), описується формулою:

$$\eta_{sys} = \eta_{PV} \cdot \eta_{inv}, \quad (3.3)$$

– номінальна генерація електроенергії ФЕМ (к-сть енергії, яка потрапляє на фотоелектричну ячейку в рік, кВт·год);

– віртуальна генерація енергії сонячними модулями в максимальній точці потужності, в рік (E_{AC} kWh, кВт·год);

– базова генерація електроенергії (наявна енергія на виході з інвертора) – кількість виробленої електричної енергії в рік, без врахування деградації (зниження ефективності) панелей та похибки моделювання програмним комплексом (E_{DC} , кВт·год);

– коефіцієнт деградації панелей (R_D) – відношення дельти фактичного зниження коефіцієнту продуктивності панелей (PR_{final}) до початкового коефіцієнту продуктивності панелей ($PR_{initial}$), описується формулою:

$$(R_D) = 1 - (PR_{final})/(PR_{initial}), \quad (3.4)$$

– похибка моделювання програмним комплексом – відхилення фактичних даних генерації (за лічильниками) від розрахункових (%);

– фактична генерація електроенергії – кількість виробленої електричної енергії в рік з врахуванням деградації (зниження ефективності) панелей (кВт·год) та похибки моделювання програмним комплексом;

– встановлена потужність СЕС за ФЕМ (P_{PV} , kW_p, кВт-пік);

– встановлена потужність СЕС за інверторами (P_{inv} , кВт);

– питома генерація електроенергії сонячним модулем (Y_a) – відношення генерації при постійному струмі (E_{DC}) до встановленої потужності ФЕМ (P_{PV}) описується формулою:

$$Y_a = E_{DC}/P_{PV} \text{ (кВт·год/кВт-пік)}, \quad (3.5)$$

– кінцева питома генерація електроенергії СЕС (Y_f) – відношення генерації при змінному струмі (E_{AC}) до встановленої потужності сонячних модулів (P_{PV}) описується формулою:

$$Y_f = E_{AC}/P_{PV} \text{ (кВт*год/кВт-пік)}, \quad (3.6)$$

– референтна питома генерація, або “пікові години сонячного світла” (Y_r) – відношення площинної інсоляції (H_t) до референтного значення інсоляції ($G_{r.ref}$), яка при умовах STS дорівнює 1000 Вт/м^2 , описується формулою:

$$Y_r = H_t / G_{r.ref}; \quad (3.7)$$

– коефіцієнт продуктивності панелей (PR) – відношення питомої генерації електроенергії (Y_f) до теоретично можливої (Y_r), описується формулою:

$$PR = Y_f / Y_r, \quad (3.8)$$

також може розраховуватись як відношення встановленої потужності до базової річної генерації, (%);

– коефіцієнт використання потужності (CUF) – відношення генерації при змінному струмі (E_{AC}) до теоретичного обсягу енергії, яку система б згенерувала (P_{PV}) при роботі 24 години на добу 365 днів протягом року, описується формулою:

$$CUF = E_{AC} / P_{PV} / 24 / 365 * 100 \% (\%); \quad (3.9)$$

- крок між ФЕМ (м);
- кут нахилу ФЕМ до горизонту (градусів);
- кількість фотоелектричних модулів (штук);
- кількість інверторів (штук);
- потужність 1 фотоелектричного модуля (кВт-пік);
- потужність 1 інвертора (кВт);
- площа фотоелектричних модулів (м^2);
- технологічна площа (міжряддя) (м^2);
- коефіцієнт заповнення ділянки площею ФЕМ (%);
- коефіцієнт заповнення ділянки технологічною площею (%);
- обсяг інвестицій повної реалізації проекту СЕС включає капітальні інвестиції ($CAPEX$) та оборотний капітал, який залежить від експлуатаційних витрат ($OPEX$);
- питома собівартість встановленої потужності проекту СЕС;
- NPV (чиста поточна вартість) проекту;

- *IRR* (внутрішня норма доходності) проекту (%);
- термін окупності інвестицій (міс., років): прямий (*PP*) та дисконтований (*DPP*);
- середньорічний прибуток станції в залежності від кількості виробленої електроенергії;
- розсіяна інсоляція – приріст загального обсягу отриманої сонячної енергії під кутом до обсягу електроенергії в горизонтальному положенні (%);
- втрати енергії за рахунок затінення (%);
- втрати енергії за рахунок переломлення – зміни кута нахилу при проходженні через скло (%);
- втрати енергії за рахунок відхилення рівня інсоляції від референтного значення 1000 Вт/м^2 (%);
- втрати енергії за рахунок відхилення рівня температури від референтного значення 25°C (%);
- втрати енергії за рахунок відхилення якості сонячного модуля від паспортних характеристик (%);
- втрати енергії за рахунок невідповідностей в схемі підключення модулів (%);
- резистивні (омічні) втрати у кабелях (%);
- втрати ефективності інвертором під час експлуатації (%);
- втрати за рахунок відхилення від номінальної потужності інвертора (%);
- втрати інвертором через порогове значення рівня потужності (%);
- втрати за рахунок відхилення від номінальної напруги інвертора (%);
- втрати інвертором через порогове значення рівня напруги (%).

В програмних комплексах для моделювання та проектування СЕС, зокрема в *ПКPV_{opt}* також можна розраховувати прогнозні техніко-економічні показники сонячних електростанцій [21].

Чималі дослідження техніко-економічних показників сонячних електростанцій проведено професором Райтером П.М. для Івано-Франківської області [19]. Нижче (табл. 3.2) приведено основні техніко-економічні показники існуючих сонячних електростанцій [20; 22; 24].

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні показники існуючих сонячних електростанцій

Назва СЕС	Сам-бірська СЕС	Сам-бірська СЕС-2	СЕС "Старі Богородчань-1"	СЕС "Яворів-1"	Дунайська СЕС	Старокозача СЕС	СЕС «Цехинівка-2»
Потужність СЕС, МВт	3,116	5,081	2,802	63,0	43,14	42,95	1,742
Прогнозоване річне виробництво ел. енергії, млн кВт·год	3,116	4,979	2,96	66,15	54,4	54,1	1943
Фактичне виробництво ел. енергії у 2016 р., млн кВт·год	3,23	5,37	2,98				
Розрахований відпуск у мережу, млн кВт·год	2,99	4,75	2,95	62,84			
Фактичний відпуск у мережу у 2016 р., млн кВт·год	3,21	5,31	2,92				
Використані сонячні модулі/ одинична потужність, кВт / кількість шт.	FCP-270-290/ 0,285/ 4968; FCP-240/ 0,240/ 7140	SF156 156-60- P/ 0,230-0,250/ 4480; PS-260M/ 0,260/5; Duomax TSM-PEG5/ 0,255-0,260/ 15444	FCP-270-290/ 0,285/ 10125	- / 0,260/ 240000	- / - / 182380	- / - / 185952	YINGLI SOLARYL 240 P- 29W 0,240/ 7260

Як видно з таблиці 3.2 більшість електростанцій мають модульний принцип побудови. Загальна потужність електростанції прямо-пропорційна потужності сонячного модуля та кількості сонячних модулів, що можна записати таким виразом:

$$P_{\text{СЕС}} = P_{\text{см}} \cdot n / 1000, \quad (3.10)$$

де $P_{\text{СЕС}}$ – потужність сонячної електростанції, МВт;

$P_{\text{см}}$ – потужність сонячного модуля, кВт;

n – кількість сонячних модулів, шт.

Реально потужність сонячних модулів, як і потужність СЕС залежить від рівня інсоляції для сонячних модулів. Річне виробництво електричної енергії залежить від погодних умов (кількості сонячних днів на протязі року). На сонячних електростанціях установлюють інвертори для перетворення напруги. Їх потужність вибирається в залежності від кількості інверторів та максимальної потужності сонячної електростанції.

Взаємозв'язок між основними техніко-економічними показниками ефективності проєктів СЕС та чинниками, що на них впливають, представлений на рис. 3.10.

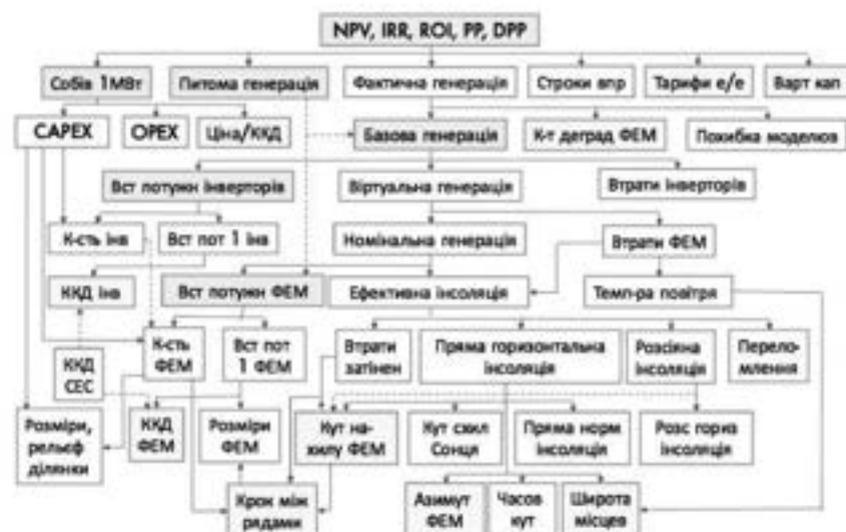


Рисунок 3.10 – Ключові показники ефективності СЕС

Основними технічними показниками ефективності СЕС [19; 20] є річна базова та питома генерація електроенергії, встановлена потужність ФЕМ, встановлена потужність інверторів. Фактична генерація – це базова генерація, помножена на щорічний коефіцієнт деградації ФЕМ, та скоригована на похибку програмного комплексу, яким здійснюється моделювання. Базова генерація (яка подається в мережу) – це віртуальна генерація мінус втрати на інверторах, залежить від встановленої потужності інверторів, яка залежить від їх ККД та кількості, яка залежить від кількості ФЕМ. Віртуальна генерація – це номінальна генерація мінус втрати ФЕМ, які залежать і від рівня ефективної інсоляції, і від температури повітря місцевості. Номінальна генерація – це встановлена потужність ФЕМ, помножена на ефективну інсоляцію. Встановлена потужність ФЕМ – це добуток встановленої потужності 1 ФЕМ на їх кількість. Кількість ФЕМ залежить від розмірів, рельєфу земельної ділянки та кроку між рядами, а встановлена потужність 1 ФЕМ – від типу ФЕМ, а також від її геометричних розмірів.

Ефективна інсоляція – це пряма горизонтальна інсоляція плюс розсіяна інсоляція мінус втрати затінення мінус втрати переломлення при проходженні через скло. Втрати затінення залежать від кроку між ФЕМ та кутом їх нахилу до горизонту. Розсіяна інсоляція залежить від коефіцієнта розсіяної горизонтальної інсоляції та кута нахилу панелей до горизонту. Пряма горизонтальна інсоляція залежить від цілого ряду факторів, таких як пряма нормальна інсоляція, кут схилення Сонця, кут нахилу ФЕМ, азимут ФЕМ (орієнтація на сторони світу), часовий кут та географічна широта місцевості. Кут нахилу ФЕМ до горизонту вибирається найоптимальнішим в залежності від кроку між ФЕМ.

На значення фактичної та питомої генерації СЕС найбільше всього впливають такі показники ефективності як ККД ФЕМ, ККД інверторів, коефіцієнт деградації ФЕМ, крок між рядами ФЕМ, кут нахилу ФЕМ до горизонту, азимут ФЕМ, географічна широта місцевості.

Основними економічними показниками ефективності СЕС [24] є *NPV*, *IRR*, *ROI*, *PP*, *DPP*, собівартість 1 МВт встановленої потужності. На основні економічні показники ефективності СЕС, окрім технічних, також впливають тарифи на електроенергію,

співвідношення ціна/якість основного обладнання (ККД, деградація), вартість капіталу та строки впровадження проєкту.

Мінімальні строки впровадження проєкту СЕС в Україні «з нуля» до моменту введення СЕС в експлуатацію складає 17 місяців, а до моменту отримання «зеленого тарифу» – 22 місяці. Найскладнішими юридичними моментами, які можуть вплинути на розтягування строків впровадження, є переведення земельної ділянки в статус «землі енергетики», отримання ТУ на підключення до електромереж.

Деталізація основних капітальних витрат (CAPEX) та експлуатаційних витрат (OPEX) представлена на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Капітальні та експлуатаційні витрати СЕС

Найголовніша складова капітальних витрат [24] – вартість основного обладнання – ФЕМ: інверторів: КТП і комунікацій, тощо (як правило, його частка складає більш як 60%). Залежить від цін на обладнання та його кількості, яка, в свою чергу залежить в першу чергу від розмірів земельної ділянки, її рельєфу, а також від кроку між панелями. В зв'язку з щорічним зниженням цін на ФЕМ на 10% ця частка буде також поступово знижуватись.

Наступна за значимістю складова – підготовчі, будівельні, монтажні, пусконаладжувальні роботи, облаштування доріг, зовнішні комунікації (більш як 16%), вона залежить від ринкових цін на матеріали і роботи, а також об'ємів цих робіт в натуральних величинах, які в свою чергу залежать від площі земельної ділянки та її рельєфу. Далі йде реконструкція схеми видачі потужності – складає від 15% та залежить від стану існуючої інфраструктури електромереж та відстані до підстанції. Слід зазначити, що ця складова витрат згідно чинних нормативно-правових актів має місце тільки для проєктів СЕС з встановленою потужністю від 5 МВт. Для СЕС з встановленою потужністю нижче 5 МВт замість цієї складової має місце плата за підключення, яка встановлюється за кожен кіловат встановленої потужності і різниться в залежності від стану інфраструктури електромереж відповідного обленерго. Консалтингові, аудиторські послуги, оформлення земельної ділянки, дозвільної документації, такої як ТУ на підключення до електромереж, ліцензія на постачання електроенергії, «зеленого» тарифу складає близько 4%. Розробка проєктної документації на проєкт СЕС складає близько 1%.

Окрім основних втрат на ФЕМ [21], якими є переломлення сонячного світла при проходженні через скло (2,8–2,9%), на рис. 3.12 представлені втрати на ФЕМ та інверторах, а саме відхилення інсоляції від референтного значення 1000 Вт/м^2 (для Одеської обл. це може бути $-0,1\%$), відхилення температури від референтного значення $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (для Одеської обл. це може бути $-5,8\%$), відхилення якості ФЕМ від паспортних характеристик, невідповідності в схемі підключення ФЕМ (1%) та резистивні (омічні) втрати на кабелях (0,9%).

Основними причинами втрат на інверторах є відхилення ефективності під час експлуатації ($-1,8\%$). Інші втрати на інверторах, спричинені відхиленнями від номінальної потужності, номінальної напруги, пороговими значеннями рівнів потужності, напруги, є досить незначними і для сучасних інверторів прирівнюються до нуля.

Ключовою задачею будь-якого проєкту СЕС є отримання максимальних обсягів електричної енергії в залежності від погодних умов сонячної інсоляції для кожного конкретного регіону проєкту [23; 25]. Відповідно задачею є отримання максимальної технічної та

економічної ефективності станції та внутрішньої норми доходності в конкретних умовах встановлення, та максимального значення чистої теперішньої вартості при мінімальній питомій собівартості встановленої потужності та оптимальних обсягах інвестицій проекту.



Рисунок 3.12 – Втрати на ФЕМ та інверторах СЕС

Завдання формування критеріїв ефективності проекту будівництва СЕС повинна включати всі вищезазначені ключові технічні та економічні показники, які виражені кількісно і несуть в собі певний фізичний зміст і характеризують сонячну електричну станцію [26]:

- кількість виробленої електричної енергії – E [кВт·год];
- встановлена потужність сонячних модулів станції – P [кВт];
- максимальний обсяг інвестицій повної реалізації проекту СЕС – S_{max} [тис./млн \$, грн], включаючи затрати на комплектуючі, проект, монтаж та супровідні затрати;
- середній показник вартості встановленої потужності проекту СЕС – S_{avg} [тис. грн/кВт];
- термін окупності інвестицій [міс., років] – P_0 ;
- середній питомий прибуток станції в залежності від кількості виробленої електроенергії – S_{profit} [\$/міс.];

- вартість виробленої електричної енергії в залежності від умов ринку – S_{power} [грн/кВт год]
- середньомісячна інсоляція для регіону інсталяції I_m [кВт·год/м²·міс];
- повна ефективність генерації/перетворення енергії СЕС – η_{SES} [%], яка складається із добутку ефективності панелей із врахуванням температурних перетворень η_{solar} [%], ККД інвертора СЕС $\eta_{inverter}$ [%], ККД електричних шинних ліній передачі електроенергії в точку скиду в мережу η_{LEP} [%], тобто:

$$\eta_{SES} = \eta_{solar} \cdot \eta_{inverter} \cdot \eta_{LEP}. \quad (3.11)$$

- ефективна площа фотоелектричних панелей сонячної електростанції S_{ef} [м²], яка визначається із повної площі об'єкту будівництва СЕС S_{SES} [м²] за допомогою коефіцієнта узгодження k_S :

$$S_{ef} = k_S \cdot S_{SES}. \quad (3.12)$$

- економічні ризики, які враховані як сума потенційно-можливих втрат S_{RISK} [тис. млн \$, грн/міс];
- повна фаза тривалості будівництва та реалізації проекту СЕС включаючи проектні, пусконаладжувальні роботи – T [міс];
- повна кількість годин генерації в місяці із апроксимованою інсоляцією в стандартних тестових умовах STC (Standart Test Conditions) при $I_m = 1000$ Вт/м²;
- узгоджувальні коефіцієнти, які враховують значення кількості тестових і робочих годин в місяці. Обираються емпірично шляхом евристичного синтезу на основі єдності фізичних значень (наприклад, якщо станція генерує кількість енергії за год – кВт год, то відповідний коефіцієнт за місяць складе $30 \cdot 24 = 720$).

Отримуємо вираз критерію (3.13):

$$Q_{SES} = \frac{N_{k_{mon}} [month] \times E [kWh \cdot h] \times P [kWt] \times S_{power} [$/ month] \times I_m [kWh / m^2 \cdot month] \times \eta_{SES} [\%]}{(S_{invest} [$/] + S_{SES} [$/ kWh] + S_{RISK} [$/ month]) \times T [month] \times P_y [month] \times S_{ef} [m^2]},$$

$$Q_{SES} = \frac{N_{k_{mon}} \times E \times P \times S_{power} \times I_m \times \eta_{SES}}{(S_{invest} + S_{SES} + S_{RISK}) \times P_y \times S_{ef} \times T}$$

$$\left[\frac{[month] \times [kWh \cdot h] \times [kWt] \times [$/ month] \times [kWh / m^2 \cdot month] \times [\%]}{([$/] + [$/ kWh] + [$/ month]) \times [month] \times [m^2] \times [month]} \right], \quad (3.13)$$

Критерій (3.13) можна спростити застосувавши серію математичних перетворень (3.14):

$$Q_{SES} \approx \frac{S_{profit}}{(S_{invest} + S_{SES} + S_{RISK}) \times P_y \times S_{ef} \times T} \left[\frac{1}{[\$ \cdot kW / m^2]} \right], \quad (3.14)$$

$$Q_{SES} \approx \frac{P}{S_{invest} \times S_{ef}} \left[\frac{kW}{[\$ \cdot m^2]} \right]$$

де $S_{invest}P$ – повна кількість інвестицій проекту СЕС.

Проаналізувавши кінцевий математичний вираз оцінки ефективності проектів СЕС по критерію Q_{SES} , встановлюємо, що він залежить від трьох основних показників:

- ефектної площі станції СЕС (площа фотомодулів та орієнтована площа ділянок супровідних систем та додаткового обладнання) – $S_{ef} [m^2]$;
- обсяг загальних повних інвестицій проекту – $S_{invest}P [\$]$;
- повної встановленої потужності станції – $P [кВт]$.

Чим величина критерію Q_{SES} більша, тим проект сонячної електростанції є кращим як з технічної, так і з економічної точки зору та доцільності. І навпаки.

Чим величина Q_{SES} є меншою – тим гірший для реалізації і отримання (повернення) інвестицій та відповідно отримання прибутку є проект. По умовам визначення дійсності критерію можна сказати, що він не має принципових обмежень, але величина завжди є більшою 0. Тобто аналітичні межі дійсності критерію $Q_{SES} = 0 \dots +\infty$, але на практиці для діючих проектів СЕС, враховуючи конкретні питомі показники вартості обладнання і електроенергії, величина Q_{SES} приймає значення від 0 до сотні, тобто $Q = 0 \dots n_i \cdot 10^2$, де n_i – дійсне ціле або дробне число.

Формулу (3.14) по визначенню наближеного спрощеного значення критерію Q_{SES} , доцільно застосовувати для грубої аналітичної оцінки проектів СЕС, які вже діють, не враховуючи при цьому етапи будівництва та можливі потенційні економічні ризики. Більш точна оцінка проектів СЕС на стадії менеджменту будівництва та запуску і введення в експлуатацію дозволяє оцінити

значення по формулі (3.13), яка враховує всі потенційно-можливі показники проекту.

Додатково СЕС буде місцевим регіональним джерелом електроенергії для підприємства, населення та інших організацій.

Продукцією СЕС буде «зелена» електроенергія. Отримана електрика буде продаватися державі в енергоринок.

Умови передачі території для розміщення СЕС підлягають окремому узгодженню і уточненню.

Середня питома вартість будівництва СЕС становить 1,12 € на 1 Вт встановленої потужності, термін окупності складає приблизно 5 років.

3.2.8 Впровадження пристрою для отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання

Фахівцями УкрНДІ «Ресурс» розроблено пристрій для отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання. Корисна модель належить до енергетичної галузі, зокрема до пристроїв отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання, і може бути використана для забезпечення електроенергією масового споживача.

В основу корисної моделі поставлена задача виключення відбору енергії з дерева на час сонячного випромінювання для можливості відновлювання нормального функціонування біологічних процесів у дереві, виключення провідників біля дерева та залежності величини струму при отриманні енергії з дерева від вологості землі, збільшення одержуваної електроенергії, для живлення електричного навантаження.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій містить два занурених у стовбур дерева електроди з різнорідних металів, які електрично з'єднані з підвищуючим перетворювачем напруги, вихід якого послідовно з'єднаний з діодом, накопичувачем енергії та електричним навантаженням, а також сонячну батарею, електрично пов'язану через другий діод з накопичувачем енергії.

Суть корисної моделі пояснюється схемою зображеною на рис. 3.13.

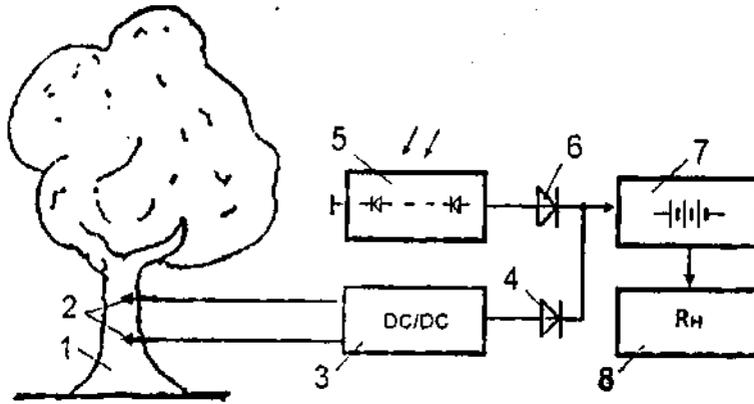


Рисунок 3.13 – Пристрій для отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання

Принцип дії пристрою наступний: використовують стовбур дерева 1, два електроди 2 з різномірних металів, підвищуючий перетворювач напруги 3, діоди 4 та 6, сонячну батарею 5, накопичувач енергії (акумулятор) 7, електричне навантаження (світлодіод) 8.

Пристрій отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання працює наступним чином. У стовбур дерева 1 занурюють два електроди 2 з різномірних металів, наприклад з міді й заліза. Електрично з'єднують електроди 2 з підвищуючим перетворювачем напруги 3. Виходи перетворювача 3 та сонячної батареї 5 відповідно через діоди 4 і 6 послідовно з'єднують з накопичувачем енергії 7 та електричним навантаженням 8. При відсутності освітлення, наприклад вночі, напруга від сонячної батареї 5 буде відсутня, діод 6 буде закритий, а діод 4 – відкритий і на навантаження 8 через накопичувач енергії 7, діод 4, перетворювач 3 буде надходити напруга від дерева 1 з електродів 2.

При появі сонячного випромінювання на виході сонячної батареї 5 з'явиться напруга і коли вона перевищить напругу на виході перетворювача 3 напруга на катоді діода 6 закриє діод 4, на накопичувач енергії 7 буде надходити напруга тільки від сонячної батареї 5. В цей час відбір електроенергії з дерева буде припинено і в ньому будуть відбуватися процеси відновлення нормального

функціонування біологічних процесів, а навантаження 8 буде живитись від накопичувача 7, який в цей час буде заряджатися через діод 6 від сонячної батареї 5.

Технічне рішення корисної моделі передбачає зменшення навантаження на дерево при отриманні з нього електричної енергії, виключення проводу біля дерева та залежності струму з дерева від вологості землі, збільшення, за рахунок застосування сонячної батареї, одержуваної електроенергії для живлення електричного навантаження [27].

Недоліками пристрою отримання електроенергії з нетваринного організму, наприклад з дерева, є залежність струму при отриманні електроенергії від вологості землі біля дерева, малий струм і низька напруга, що знімається з електродів (~1 В), недостатня для живлення світлодіодів і більшості електричних схем, можливість нанесення шкоди дереву при постійному відборі з нього електроенергії, необхідність прокладки проводу від провідника в землі до дерева.

3.2.9 Створення вітряних електростанцій

Основні види та принцип роботи. Вітряна електростанція (ВЕС – електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Вітрові електростанції – це система відновлюваної енергетики, оскільки вітер – відновлюване джерело енергії.

Принцип роботи: крутильний момент від лопат, які приводяться в рух за допомогою кінетичної енергії вітру передається на вал генератора який виробляє електричну енергію, яка, в свою чергу, передається на акумуляторні батареї; далі вона поступає на інвертор, який адаптує її під параметри електромережі. Управління вітряною електростанцією здійснюється за допомогою контролера.

Вітряні електростанції бувають двох основних типів: автономні та мережеві. Принципову схему автономної вітрової електростанції наведено на рис. 3.14.

Принципову схему мережевої вітрової електростанції наведено на рис. 3.15. Існують також проміжні види вітрових електростанцій: гібридна (автономна вітро-сонячна установка), а також установка з підключенням до мережі.

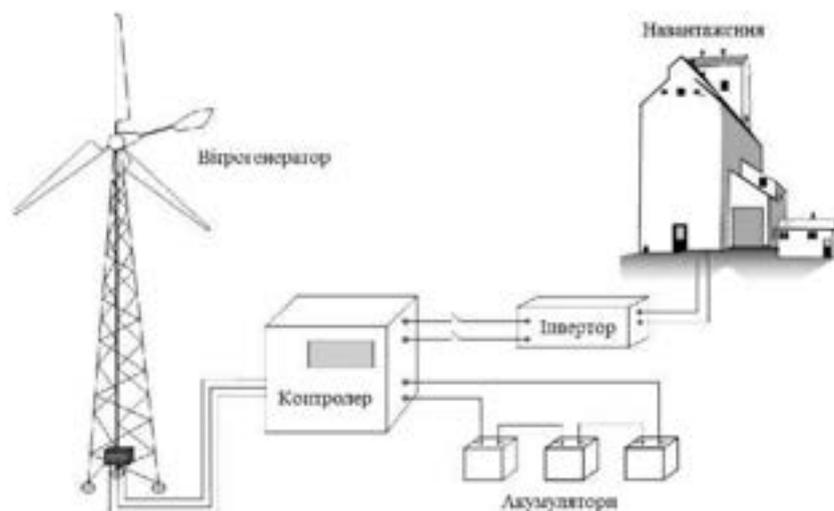


Рисунок 3.14 – Автономна вітряна електростанція

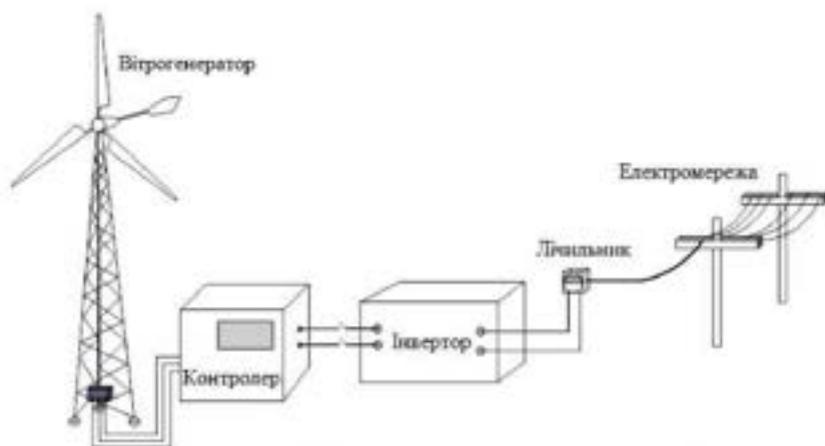


Рисунок 3.15 – Мережева вітряна електростанція

До основних компонентів системи, на яких базується робота вітряка відносять наступні елементи:

– Щогла, зазвичай, чим вище щогла, тим стабільніше і сильніше сила вітру. Звідси слідує – чим вище щогла, тим вища продуктивність генератора. Щогли бувають різних форм і висот.

– Лопатки приводять в рух вал генератора завдяки кінетичній енергії вітру.

– Генератор потрібний для заряду акумуляторних батарей. Від його потужності залежить як швидко заряджатимуться ваші акумулятори. Генератор потрібний для вироблення змінного струму. Сила струму і напруга генератора залежить від швидкості і стабільності вітру.

– Контролер керує багатьма процесами вітроустановки, такими, як поворот лопатей, заряд акумуляторів, захисні функції та ін. Він перетворює змінний струм, який виробляється генератором в постійний для заряду акумуляторних батарей.

– Акумуляторні батареї накопичують електроенергію для використання в безвітряні години. Також вони вирівнюють і стабілізують напругу, що виходить, з генератора. Завдяки ним ви отримуєте стабільну напругу без перебоїв навіть при поривчастому вітрі. Живлення вашого об'єкту йде від акумуляторних батарей.

– Анемоскоп і датчик напрямку вітру відповідають за збір даних про швидкість і напрям вітру в установках середньої і великої потужності.

– АВР (автоматичний перемикач джерела живлення) робить автоматичне перемикання між декількома джерелами електроживлення за проміжок в 0,5 секунд при зникненні основного джерела; дозволяє об'єднати вітроустановку, громадську електромережу, дизель-генератор і інші джерела живлення в єдину автоматизовану систему.

Інвертор перетворює струм з постійного, який накопичується в акумуляторних батареях, в змінний, який споживає більшість електроприладів.

Інвертори бувають чотирьох типів:

– Модифікована синусоїда перетворює струм в змінний з напругою 220 В з модифікованою синусоїдою (ще одна назва: квадратна синусоїда). Придатний тільки для устаткування, яке не чутливе до якості напруги, освітлення, обігрів, заряд пристроїв і тому подібне.

– Чиста синусоїда перетворює струм в змінний з напругою 220 В з чистою синусоїдою. Придатний для будь-якого типу електроприладів : електродвигуни, медичне устаткування та ін.

– Трифазний перетворює струм в трифазний з напругою 380 В. Можна використовувати для трифазного устаткування.

– Мережевий на відміну від попередніх типів дозволяє системі працювати без акумуляторних батарей, але його можна використовувати тільки для виведення електроенергії в громадську електромережу. Їх вартість, зазвичай, у декілька разів перевищує вартість мережевих інверторів. Іноді вони коштують дорожче, ніж усі інші компоненти вітроустановки разом узяті.

Підбір та проектування. Вітрові електростанції будують в місцях з високою середньою швидкістю вітру – від 4,5 м/с і вище.

Попередньо проводять дослідження потенціалу місцевості. Анемометри встановлюють на висоті від 30 до 100 метрів, і протягом одного-двох років збирають інформацію про швидкість і напрям вітру. Отримані відомості можуть об'єднуватися в карти доступності енергії вітру. Такі карти (і спеціальне програмне забезпечення) дозволяють потенційним інвесторам оцінити швидкість окупності проєкту.

Звичайні метеорологічні відомості не підходять для будівництва вітрових електростанцій, так як ці відомості про швидкостях вітру збиралися на рівні землі (до 10 метрів) і в межах міст, або в аеропортах.

Отже, три основні величини, які визначають роботу усього комплексу :

Вихідна потужність вітроустановки (кВт) визначається тільки потужністю перетворювача (інвертора) і не залежить від швидкості вітру, ємкості акумуляторів. Ще її називають «піковим навантаженням». Цей параметр визначає максимальну кількість електроприладів, які можуть бути одночасно підключені до вашої системи. Ви не зможете одночасно споживати більше електроенергії, чим дозволяє потужність вашого інвертора. Якщо ви споживаєте електроенергію рідко, але у великих кількостях, то звернете увагу на потужніші інвертори. Для збільшення вихідної потужності можливе одночасне підключення декількох інверторів.

Час безперервної роботи за відсутності вітру або при слабкому вітрі визначається ємкістю акумуляторних батарей (ампер-год або кВт) і залежить від потужності і тривалості споживання.

Якщо ви споживаєте електроенергію рідко, але у великих кількостях, зверніть увагу на акумулятори з великою ємкістю.

Швидкість заряду акумуляторних батарей (кВт/год) залежить від потужності самого генератора. Також цей показник прямо залежить від швидкості вітру, а побічно від висоти щогли і рельєфу місцевості. Чим потужніший Ваш генератор, тим швидше заряджатимуться акумуляторні батареї, а це означає, що ви зможете швидше споживати електроенергію з батарей і у великих об'ємах. Потужніший генератор слід брати у тому випадку, якщо вітри в місці установки слабкі або ви споживаєте електроенергію постійно, але в невеликих кількостях. Для збільшення швидкості заряду акумуляторів можлива установка декількох генераторів одночасно і підключення їх до однієї акумуляторної батареї.

Середній термін служби ВЕС складає 25–30 років, термін окупності в Україні складає приблизно 10 років.

3.2.10 Будівництво ежекційних вітрових електростанцій

Всі комерційні вітрогенератори, що застосовуються зараз в енергетиці, побудовані у вигляді наземних веж (вертикальних труб), з горизонтальною віссю електрогенератора.

В наслідок слабого вітру або його тимчасової відсутності, вітроустановки в середньому працюють на 35 % розрахованої потужності.

Для забезпечення ефективної роботи вітрової електростанції, яка не залежить від низької вітрової активності, інженерами спроектована конструкція вітроелектростанції, де вітрогенератори мають вертикальну вісь і встановлюються всередині вертикального повітряного каналу круглого перетину (труби). Такі вітроустановки працюють на 100 % розрахованої потужності за рахунок створення постійного висхідного потоку повітря.

У якості повітряних каналів для таких вітроелектростанцій можна використовувати, наприклад, труби непрацюючих ТЕЦ, котелен або виготовляти труби із поліпропілену, поліетилену чи непластифікованого полівінілхлориду повторної обробки, секціями довжиною до 12 м, з товщиною стінки 40 мм [28].

Для створення активного висхідного потоку повітря, науковцями запропоновано встановлення на вході повітряного каналу вентилятора нагнітання повітря і додавання в установку вузла пришвидшення повітряного потоку – ежектора. Дія ежектора заснована на розрідженні, що створюється в ньому потоком повітря, який швидко рухається через конфузозор – напірну трубу круглого перетину, що звужується за течією. Рух газового потоку у конфузозорі супроводжується збільшенням швидкості і падінням тиску повітря нагнітання за конфузозором. Для забезпечення чистоти робочого потоку, на входних отворах ежектора встановлюються повітряні фільтри.

Пристрій працює по закону Бернуллі, що визначає зв'язок між швидкістю течії, тиском та висотою певної точки потоку в трубі, де здійснюється передача кінетичної енергії від одного інжектуемого потоку повітря нагнітання, до інжектуемого, який через концентрично розташований ежекційний, щільний повіторзабірник підсмоктується в потік і далі переміщується енергією повітря нагнітання до лопастей ротора вітроелектричної установки.

Технічний результат, що полягає в підвищенні ККД ветроелектростанції, здійснюється шляхом зміни кута закриття-відкриття пелюсткового конфузозора, який реагує на зміну входного тиску перед вентилятором. Окремі елементи-пелюстки конфузозора встановлені на шарнірах, які приводяться в дію поворотними тягами.

За конфузозором, в змішувальній камері потоків ежектора, розміщений обтікач овоїдної форми, що забезпечує обурення потоку – створення турбулентного режиму течії. Для характеристики режимів течії використовується число Рейнольдса. При малих числах Рейнольдса спостерігається ламінарна течія, де сили в'язкості переважають. Турбулентний режим спостерігається при великих числах Рейнольдса, коли переважають сили інерції, котрі, як правило, спричиняють хаотичні вихори та іншу нестабільність потоку. Показником границі між ламінарним і турбулентним режимами руху є критичне число Рейнольдса, яке для круглих циліндричних труб дорівнює приблизно 2,3.

За рахунок збурення потоку перепону і зниження критичного значення числа Рейнольдса при обтіканні перепони потоком, досягається багаторазове перевищення числа Рейнольдса його

критичного значення, внаслідок чого мінімізується сила в'язкого тертя потоку в повітряному каналі.

Обтікач овоїдної форми має рейковий пристрій для лінійного переміщення вздовж осі повітряного каналу, з метою формування умовно досконалого потоку повітря, для інтенсивного розкручування лопастей вітроелектричної установки, після якої на виході з повітряного каналу встановлений турбодифлектор, який забезпечує збільшення тяги і запобігає зворотньому току газів під дією зовнішнього вітру.

Загальний вид ежекційної вітроенергетичної установки приведений на рис. 3.16.

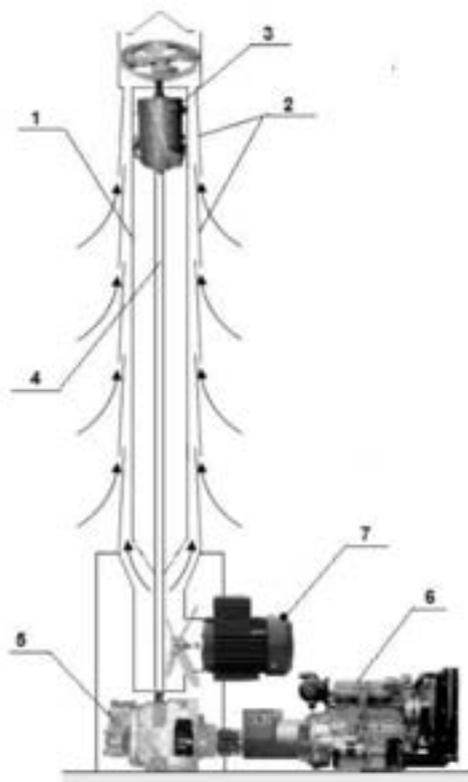


Рисунок 3.16 – Ежекційна вітроенергетична установка

Ежекційна вітроенергетична установка складається з наступних елементів: 1 – труба; 2 – конічні секції; 3 – вітряна турбіна; 4 – передаточний вал; 5 – мультиплікатор; 6 – електрогенератор; 7 – двигун вентилятора.

Використання явища ежекції в вітроенергетиці створює величезні переваги перед пропелерними аналогами з горизонтальними вісями вітрогенераторів і доводить ежекційні електростанції до можливості конкурувати з тепловими електростанціями.

Аспекти використання ежекції в вітроенергетиці. Для створення ежекційної вітроелектростанції необхідно здійснити:

- енергетичний розрахунок ежекційної вітроелектростанції.
- техніко-економічні розрахунки;
- розробку технічної документації для серійного виробництва;
- виготовлення дослідного зразка, його випробування, при необхідності – міжнародну сертифікацію;
- підготовку до серійного запуску виробу;
- організацію продажів виробу.

Виходячи з існуючих технологічно-конструктивних можливостей використання повітряного каналу, наприклад, труби з внутрішнім діаметром 750 мм від непрацюючої котельні, турбіна вітрогенератора може складатися з одної і більше ступенів тиску – роторів з радіально розташованими лопатками діаметром 740 мм, змонтованих на одному вертикальному валу.

Встановлена швидкість обертання турбіни, при енергетичних розрахунках вітроелектростанції, буде рівною 180 об/хв. Повітряний потік, що забезпечить лінійну швидкість лопаток турбіни складатиме приблизно 7 м/с. Конструкційна схема ежекційної вітроелектростанції, з її комплектацією двома роторами і двома секціями щілинних повітряозабірників, забезпечать генеруючу потужність 260 кВт та річне виробництво до 2 млн кВт-год електроенергії. Термін окупності даної установки становить до 5 років при умові відпуску електроенергії по «зеленому» тарифу.

Використання вітряних ежекційних установок може бути рекомендовано для відомчих підприємств системи держрезерву: багато з них має власні котельні, які через економічну недоцільність експлуатації перебувають у законсервованому стані або взагалі

демонтовані, але від них залишилися будівлі і димові труби. Крім того, дані установки забезпечать підвищення рівня автономності підприємств.

3.2.11 Впровадження енергоефективних світлодіодних світильників з компенсаторами реактивної потужності

З метою підвищення енергоефективності пропонується впровадження на території і в будівлях підприємств Держрезерву світлодіодних джерел живлення, які являються одночасно компенсаторами реактивній складовій електричного змінного струму.

Мета заходу – показати можливість поліпшення параметрів електричної мережі підприємства для ефективної економії електроенергії і коштів використовуючи світлодіодні джерела світла (СДДС) з мережевими адаптерами за допомогою яких компенсується реактивна потужність.

Як відомо, повна потужність (S) змінного струму складається з активної (P) (корисної) і реактивної (Q) (втрати) складових. Реактивна складова утворюється при роботі різних електроприладів і пристроїв. Такі втрати від реактивної потужності (РП) лежать в діапазоні від 5 % до 50 % і призводять до подорожчання оплати за електроенергію.

За останні роки характер споживання електроенергії сильно змінився. Це обумовлено збільшенням потужності нелінійних споживачів, а також випереджаючим зростанням споживання РП по відношенню до активної внаслідок зменшення завантаження силових трансформаторів. Тому основне завдання оптимізації електроспоживання – найбільш повно забезпечити компенсацію РП в мережі.

Пропонуємо у якості компенсуючого пристрою використовувати унікальні світильники, які дозволяють оптимально вирішити два найважливіші завдання будь-якого підприємства: зменшити споживання електроенергії (при цьому поліпшити якість електромережі) і отримати економне освітлення.

СДДС можуть бути поставлені у вигляді зовнішніх прожекторів для освітлення території та підсвічування будівель і споруд,

світильників для внутрішніх виробничих приміщень і офісу [29]. Зовнішній вид СДДС на базі вуличного світильника приведений на рис. 3.17.



Рисунок 3.17 – Вуличні світлодіодні світильники

Головні переваги СДДС:

– Компенсуючі властивості СДДС дозволяють: підвищити ККД мережі ($\cos \phi$), і кожен його 1 ват спожитої СДДС активної енергії компенсує в мережі від 2,5 до 5 ВАР реактивної потужності. Це забезпечує його швидку окупність у порівнянні з іншими світлодіодними джерелами світла.

– Частина спожитої активної потужності СДДС може бути скомпенсована при роботі в мережі за рахунок підвищення $\cos \phi$, і як результат, призводить до того, що в мережі змінного струму СДДС працює (світить) безкоштовно.

– Поліпшені теплові характеристики дозволяють отримати СДДС більшої потужності в менших габаритах.

– Світлодіоди, що використовуються в СДДС, виготовляються за передовими технологіями (вироблені в США), що дозволяє отримати не тільки високу яскравість в компактному корпусі, але і неперевірену надійність СДДС. Дані світлодіоди можна придбати безпосередньо у виробника, що знижує загальну вартість СДДС.

– СДДС має тривалий термін служби (50000 годин), що значно зменшує витрати на обслуговування. І, особливо, у випадку з вуличними і промисловими світильниками – це величезна стаття витрат, яка при використанні СДДС буде додатково заощаджуватися.

Для виробництва СДДС з компенсаторами реактивної потужності використовуються високоєфективні потужні світлодіоди виробництва США.

Окупність впровадження СДДС з компенсаторами реактивної потужності – близько 3 років.

3.2.12 Встановлення частотних перетворювачів на промислові холодильні установки

Метою заходу є встановлення частотних перетворювачів на холодильні установки, що надасть можливість плавного регулювання режимів їх роботи і обрання оптимального в залежності від завантаження камери, зовнішньої температури та інших факторів. При цьому завантаження електродвигунів компресорів, вентиляторів конденсаторів чи насосах контурів холодоносія (в аміачних установках) буде оптимальним, а втрати електроенергії мінімальними. Загальний вид промислової холодильної установки з частотним перетворювачем приведено на рис. 3.18.



Рисунок 3.18 – Промислова холодильна установка з частотним перетворювачем

Як показують теорія і практика, частотне регулювання елементів холодильної системи забезпечує максимальну гнучкість і енергоефективність. Велику частину часу холодильні системи працюють з продуктивністю нижче номінальної, оскільки розраховані на пікове навантаження, якої система може ніколи не вимагати. Гвинтові компресори з регулюванням продуктивності золотниковим

механізмом чи дросселем, поршневі компресори з керуванням продуктивністю за допомогою соленоїдних клапанів і інші типи компресорів працюють в режимі «вмк/вимк», тобто регулювання продуктивності в них лише механічне. На жаль, ці способи управління не забезпечують максимально можливого скорочення споживання електроенергії при зниженні холодильної продуктивності.

Практично всі гвинтові компресори використовують золотниковий клапан для розвантаження компресора. Незважаючи на те, що даний метод управління забезпечує безступінчасте регулювання і достатній ступінь управління тиском всмоктування, в компресорі виникають суттєві втрати потужності, пов'язані з роботою золотникового механізму. При зниженні навантаження компресора не відбувається пропорційного зменшення потужності. У загальному випадку, ефективність роботи компресора при частковому навантаженні знижується по мірі зниження тиску всмоктування або збільшення тиску нагнітання [30].

Порівняння ефективності частотного та золотникового (механічного) способів регулювання продуктивності зображено на рис. 3.19. Спостерігається суттєве підвищення ефективності роботи компресора у всьому діапазоні навантажень.

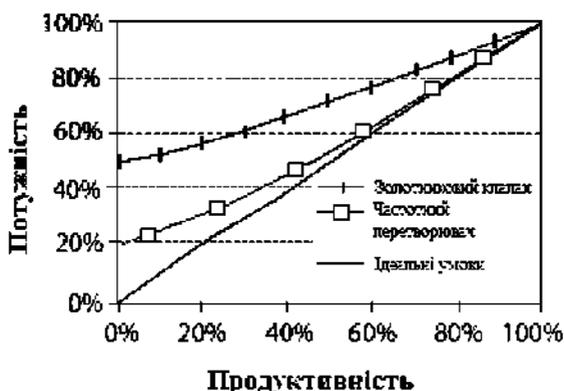


Рисунок 3.19 – Залежність енергоспоживання від продуктивності гвинтового компресора

Використання перетворювачів частоти для керування холодопродуктивністю забезпечує високу ефективність регулювання компресорів, вентиляторів і насосів.

Використання перетворювачів частоти для керування гвинтовими компресорами дозволяє:

- знизити втрати потужності, пов'язані з регулюванням продуктивності за допомогою золотникового механізму або дроселюючих клапанів.

- зменшити знос, пов'язаний з роботою золотникового механізму.

- підтримувати тиск всмоктування на необхідному рівні. Щоб уникнути надмірного зносу при використанні золотникового механізму часто передбачається широка нейтральна зона.

- зменшити навантаження електродвигуна при збереженні необхідної потужності компресора.

Для компресорів без засобів регулювання продуктивності, зміна швидкості обертання двигуна дозволить виключити використання інших малоефективних методів управління (байпасування, дроселювання та ін.).

Останнім часом для регулювання продуктивності конденсатора використовують частотне регулювання швидкості вентиляторів охолодження і насосів водяного охолодження. Регулювання продуктивності конденсаторів з повітряним охолодженням дає реальну економію 7–15 % електроенергії за рахунок точного підтримання заданого тиску (температури) конденсації.

Середня ринкова ціна частотних перетворювачів становить 2,7–3 €/Вт потужності, період окупності – до 2 років.

3.2.13 Теплоізоляція промислових холодильників

Основною метою даного заходу являється зменшення тепловитрат холодильних камер шляхом нанесення на стіни пінного теплоізоляційного матеріалу (пінополіуретан). Даний матеріал має коефіцієнт теплопередачі в 2 рази нижчий (0,02–0,025 Вт/м·К), ніж у мінеральної вати і пінопласту, чудову вологостійкість, та забезпечує монолітність шару теплоізоляції, що запобігає додатковим тепловтратам через «містки холоду» в стиках між плитами з вищенаведених утеплювачів.

На більшості підприємств Державного агентства резерву України холодильні камери розміщуються в будівлях п'ятдесяти-шістдесяти річної давнини і являють собою капітальні приміщення з цегляними стінами, а також бетонною підлогою і таким же стельовим перекриттям. Для утеплення стін використовувалася скловата, мінеральна вата або пінопласт.

Коефіцієнт теплопровідності даних матеріалів становить 0,04–0,045 Вт/м·К. Тобто показник в принципі дуже хороший, але мінеральна та скловата мають високу вологу проникність. Слід знати, що в процесі роботи холодильної камери від різниці зовнішньої та температури на цегляній або бетонній поверхні стін утворюється конденсат, який мінвата прекрасно вбирає. При поглинанні вологи у матеріалу істотно знижуються теплоізоляційні можливості, аж до повної їх втрати. Виключити можливість утворення конденсату на стінах з мінераловатним утеплювачем практично неможливо через велику різницю внутрішньої і зовнішньої температури стін холодильника. Тобто насичення вологою неминуче, а це, крім зниження теплоізоляційних характеристик, ще й істотне скорочення експлуатаційного періоду ізоляції. Так, у мінвати ефективний термін експлуатації не перевищує трьох років [30].

Пінопласт має значно вищу вологостійкість, проте у нього є спільний із вищенаведеними матеріалами недолік. Дані матеріали монтуються у вигляді плит, проміжки між ними та місця кріплення утворюють “містки холоду” і термічні втрати істотно збільшуються.

Приклад ізоляції стін промислового холодильника пінополіуретаном (ППУ) приведено на рис. 3.20.

Основні переваги пінополіуретану (ППУ):

- дозволяє отримати суцільний, монолітний шар ізоляції без швів і зазорів;
- матеріал наноситься на будь-яку поверхню, повторюючи всі контури;
- не підтримує самостійне горіння;
- екологічно чистий матеріал, безпечний для людини;
- має низьку теплопровідність (0,02–0,025 Вт/м·К);
- вологостійкий утеплювач, перешкоджає появі цвілі і мікробів;
- широкий діапазон робочої температури;
- тривалий експлуатаційний період.

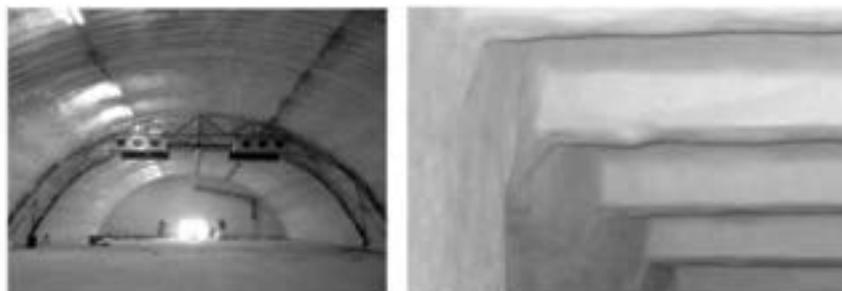


Рисунок 3.20 – Утеплення стін промислової холодної камери ППУ

Утеплення холодильників ППУ може проводитися як заливкою, так і напильням. У першому випадку необхідно просвердлити отвори в стіні камери, в які буде заливатися утеплювач, заповнюючи всі порожнини.

Другий метод відрізняється тим, що компоненти змішуються в установці і напильється на поверхню за допомогою пістолета.

Ринкова вартість напильнення шару ППУ до 100 мм становить 1100–1400 (40–50) грн/м² (повна вартість з врахуванням матеріалів), срок окупності знаходиться в межах 4 років.

3.2.14 Впровадження систем утилізації тепла промислових холодильних установок

Мета заходу – впровадження систем утилізації (рекуперації) тепла що виділяється в процесі роботи холодильних установок.

Суть системи рекуперації полягає в уловлюванні і ефективному використанні теплоти, яка зазвичай відводиться через конденсатор холодильної установки в атмосферу. Якщо брати до уваги фреонові установки, холодоносії за допомогою компресора в виді нагрітого і стислого пару по трубопроводах надходить з випарника в конденсатор, де охолоджується і зріджується.

Є два способи використання тепла, що одержується від холодильних установок: рекуперація з метою підігріву води або для підігріву повітря.

Рекуперація тепла з метою обігріву води, яка використовується для технологічних потреб або опалення. Даний спосіб дозволяє

ефективно використовувати близько 20 % тепла, що виділяється холодильними установками. До холодильної системи через теплообмінник підключається накопичувальний резервуар (бойлер), в якому відбувається акумулювання гарячої води або контур системи. На рис. 3.21 показана така система.

В якості рекуператорів тепла в останній час використовуються пластинчаті теплообмінники. Вони мають наступні переваги: невисока ціна, простота та надійність конструкції, компактні розміри.

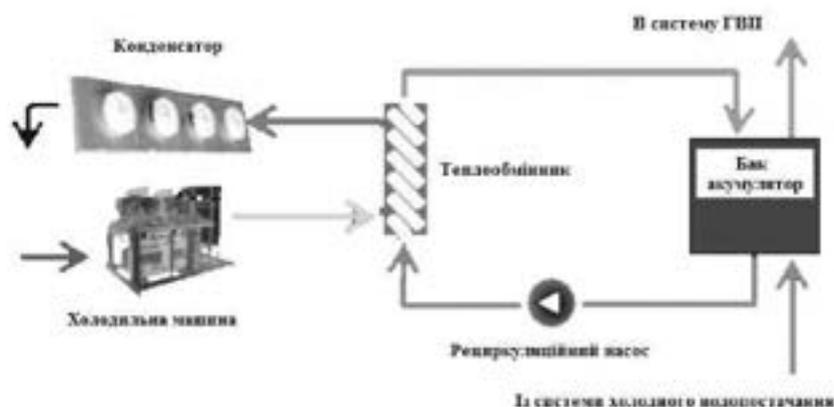


Рисунок 3.21 – Система рекуперації тепла шляхом підігріву води

Рекуперация тепла для повітряного обігріву приміщень без використання теплоносія (склад, цех, службові приміщення). Даний спосіб значно ефективніший і дозволяє використовувати практично 100 % тепла.

У найпростішому варіанті в схему холодильної машини включені два паралельно встановлених повітряних конденсатора. Один конденсатор встановлений на вулиці і працює в теплу пору року, другий – в приміщенні, працює в холодну пору року і підігріває повітря. Перевод роботи з одного конденсатора на інший може проводитися як вручну за допомогою запірних вентилів, так і автоматично з використанням необхідної автоматики [30].

В іншому варіанті, для опалення приміщення використовуються фанкойли (теплообмінники для гарячого газу) і автоматичне керування системою рекуперації тепла. Дана система утилізації тепла дозволяє розподіляти потік гарячого газу між усіма фанкойлами всередині опалювального приміщення і повітряним конденсатором, розташованим на вулиці. Дана система дозволяє регулювати температуру всередині приміщення і відключати частину фанкойлів. Робота системи повністю автоматизована, автоматика підтримує необхідні тиску в холодильних контурах, незалежно від пори року. Зовнішній вигляд фанкойлів дозволяє їм вписатися практично в будь-який інтер'єр.

Середній період окупності систем утилізації теплоти становить два роки.

3.2.15 Встановлення повітряних завіс на виході з холодильних камер



Рисунок 3.22 – Повітряна завіса холодильної камери

Мета заходу – встановлення повітряних завіс на виході з холодильних камер за метою економії електроенергії. Як відомо, в холодильній камері між температурою зовнішнього і внутрішнього повітря, особливо в теплу пору року, існує велика різниця. Використання повітряної завіси не дозволяє виходити охолоджену повітря за межі приміщення, що дозволяє істотно знизити витрати електроенергії на охолодження повітря і збільшити термін служби холодильного обладнання. Зовнішній вигляд повітряної завіси для холодильників приведено на рис. 3.22.

Використання повітряних завіс в холодильних і морозильних камерах запобігає утворенню так званої сніжної «шуби», туману і льоду, зменшуючи ризик нещасних випадків [30].

3.2.16 Будівництво енергоефективних теплиць

З метою максимального використання потенціалу підприємств Держрезерву, у вигляді вільної території, комунікацій і надлишків тепла від БіоТЕЦ, пропонуємо побудувати, де це можливо, прогресивну високотехнологічну, багаторусну напівавтоматичну теплицю із замкнутим циклом для вирощування спецій, трав і ягід – «Greenplant».

Ідеєю проєкту є впровадження у виробництво розробленої безвідходної, екологічно чистої технології одержання ягід, зелені і овочів, вирощуючи їх в ідеальних умовах.

Процес вирощування поєднує в собі ряд технологічних рішень, які дозволяють створювати ідеальні умови для вирощування ягід, зелені і трав.

Метод, що пропонується, дозволить отримати максимальний економічний ефект.

Основні переваги установки для культивування трав, спецій, ягід і овочів:

- технологія дозволяє знизити собівартість спецій і зелені за рахунок часткового виключення з собівартості продукту транспортних витрат і системи зберігання;
- в разі перевиробництва зелень може бути висушена, подрібнена і розфасована для подальшого продажу;

- можливість вирощувати дійсно рідкісні види зелені і спецій, отримуючи максимальний дохід;
- отримати низьку собівартість продуктів (максимальна собівартість 1 кг зелені складе до € 1. Оптова вартість 1 кг петрушки або кропу становить € 2);
- технологія дозволяє відносно швидко реагувати на мінливий споживчий попит;
- конструкція біофотореактора значно знижує трудовитрати і усуває складності в обслуговуванні;
- система може працювати протягом тривалого періоду часу без руйнування культури;
- низьке споживання енергії, води і дешевого тепла відбивається на собівартості готової продукції;
- відсутність землі в звичному для розуміння обсязі при вирощуванні дає можливість розмістити комплекс в будь-якому місці;
- проєкт «Greenplant» має модульний принцип і може бути розташований на будь-якій наявній площі.

Загальний вид теплиці з внутрішньої сторони приведено на рис. 3.23.



Рисунок 3.23 – Вид теплиці з внутрішньої сторони

Комплекс включає в себе:

- Систему обігріву рослин, що дозволяє підтримувати задану температуру протягом усього періоду вирощування.
- Систему спеціального освітлення, яке позитивно впливає на ріст і поділ клітин, прискорюючи в півтора рази швидкість дозрівання біомаси і збільшуючи врожайність на 15–50 %.
- Систему унікального живлення рослин.
- Вентиляційну систему нового покоління, яка запобігає потраплянню бактерій, пилу і шкідливих комах.
- Систему автоматичного контролю комплексом.

Характеристики проекту (станом на 01.12.2020):

- Строки виготовлення та постачання обладнання – до 90 днів.
- Монтаж устаткування – 30 днів.
- Повна питома вартість будівництва – 68 €/м².
- Окупність теплиці – 1 рік з моменту пуску.
- Окупність інвестиції – 1,5 року.

3.2.17 Впровадження пристроїв контролю якості продукції на складах

Однією з функцій пристрою контролю якості продукції являється контроль параметрів мікроклімату в приміщенні, тобто за допомогою даного пристрою можливо встановити оптимальні для зберігання певних груп товарів температуру та вологість повітря. Це також оптимізує енерговитрати на опалення, вентиляцію та кондиціонування і підвищить енергоефективність на складах. Фахівцями УкрНДІ «Ресурс» розроблено пристрій контролю якості товарної продукції, що включає датчики моніторингу навколишнього середовища, блок обробки інформації та корекції дати терміну придатності товару. Прилад додатково оснащений датчиком моніторингу фізичних властивостей продукції і блоком пам'яті, виходи яких з'єднані з входами блоку порівняння, вихід якого з'єднаний послідовно з блоками обчислення, індикації та сигналізації. Корисна модель належить до пристроїв моніторингу умов навколишнього середовища та фізичних властивостей продукції, що впливають на її якість під час зберігання.

В основу корисної моделі поставлено задачу щодо створення пристрою шляхом зміни конструкції. Поставлена задача вирішується тим, що пристрій, згідно з пропонуваним рішенням, оснащений датчиком моніторингу фізичних властивостей продукції та блоком пам'яті виходи яких з'єднані з входами блока порівняння, вихід якого з'єднаний послідовно з блоками обчислювання, індикації та сигналізації. Таке виконання пристрою дозволить проводити моніторинг одної або декількох фізичних властивостей продукції, наприклад електричного опору, вологості, прозорості та інших протягом усього часу її зберігання, а в разі відхилення властивостей продукції від норми подавати сигнал для перевірки можливості подальшого використання продукції. Суть корисної моделі пояснюється схемою пристрою на рис. 3.24.

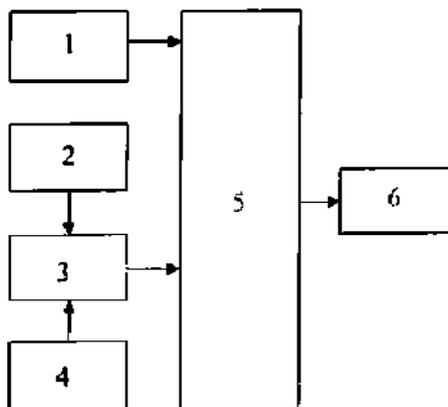


Рисунок 3.24 – Схема пристрою контролю якості продукції

Пристрій контролю якості продукції складається з наступних елементів: 1 – датчик моніторингу середовища, 2 – датчик моніторингу фізичних властивостей продукції, 3 – блок порівняння, 4 – блок пам'яті, 5 – обчислювальний блок, 6 – блок індикації та сигналізації.

Принципова схема роботи пристрою зображена на рис. 3.25.

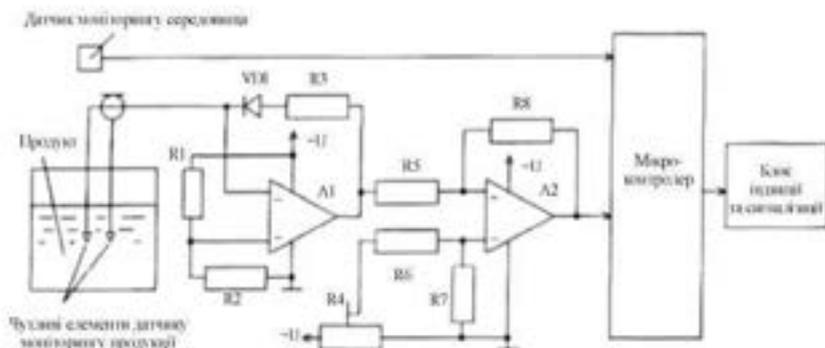


Рисунок 3.25 – Схема пристрою контролю якості продукції

Для кожного виду продукції, вибирається одна або декілька з його фізичних властивостей для їх контролю, наприклад електричний опір, вологість, прозорість та відповідно підбирають датчики моніторингу продукції для вимірювання цих властивостей. В нашому випадку вибрано датчик моніторингу продукції (виконаний на резисторах R1-R3, діоді VD1 та операційному підсилювачі A1) для вимірювання опору продукції. Після виготовлення продукції, наприклад масла, в його середовище встановлюють чутливі елементи датчика моніторингу продукції. На виході електричної схеми датчика (точка з'єднання елементів R3, R5 і A1) з'явиться сигнал, пропорційний опору середовища продукту між чутливими елементами (електродами) датчика. Цей сигнал подається на вхід схеми порівняння, виконаної на елементах R5-R8, A2). На другий вхід схеми порівняння подається напруга з потенціометра R4, на якому виконаний блок пам'яті. Різниця сигналів з виходу схеми порівняння (вихід схеми A2) подається на вхід мікроконтролера (типу AT89C2051), вихід якого підключений до блока індикації і сигналізації (типу МАЯК-12КПМ). При першому включенні пристрою, регулюванням потенціометра домагаються відсутності сигналів блока індикації та сигналізації. Після чого потенціометр плombsється. Під час зберігання продукту поточні значення сигналів з датчика моніторингу продукції (вихід схеми A1) безупинно подаються на вхід блока порівняння

(вхід схеми А2), на другий вхід якого подається сигнал із блоку пам'яті R4. Результат порівняння сигналів подається через блок обчислення (мікроконтролер) на блок індикації та сигналізації. Якщо із часом поточне значення вихідного сигналу з датчика моніторингу продукції значно відхилиться від значення сигналу на резисторі R4, на виході блока порівняння з'явиться сигнал, що через блок обчислення надійде на блок індикації та сигналізації. Поява сигналу буде свідчити про зміну властивостей продукту та необхідності його перевірки для подальшого використання. Датчик моніторингу середовища (логер даних типу testo 174), контролює параметри середовища, в якому знаходиться продукція і по його показниках в блоці обчислення проводиться корекція часу зберігання продукції. При підвищенні, наприклад, температури, час зберігання продукції скорочується. Моніторинг фізичних властивостей продукції протягом усього часу його зберігання дозволить вчасно визначити відхилення властивостей продукції від норми та подавати сигнал для перевірки можливості подальшого використання продукції [31].

3.3 Опис технічних рішень по будівлям

3.3.1 Модернізація фасадів

Для дотримання нормативних значень опору теплопередачі пропонується провести утеплення стін будівель мінеральною ватою товщиною 120 або 150 мм.

В якості переваг при утепленні фасаду виступають наступні аспекти:

- економічний – зменшення енергозатрат на опалення приміщень приблизно на 30 %;
- соціальний аспект – збільшення комфорту приміщень (відсутність плісняви, грибку, нормальний режим вологості у приміщенні, тощо).

Зовнішня теплоізоляція фасаду будівлі забезпечить:

- відповідність мікроклімату внутрішніх приміщень вимогам діючих на території України теплотехнічних параметрів;
- зменшення витрат енергії на створення потрібних параметрів мікроклімату внутрішніх приміщень;

- стабілізацію теплового режиму у внутрішніх приміщеннях протягом різних пір року;
- швидкий прогрів в період опалювального сезону та швидке охолодження в літній період року повітря внутрішніх приміщень;
- краще збереження будівлі за рахунок зменшення деформацій конструкцій, що викликаються різкими перепадами температури зовнішнього середовища, а також за рахунок забезпечення захисту від корозії зовнішніх огорожувальних конструкцій;
- покращення зовнішнього вигляду фасаду будівлі, що раніше експлуатувалися протягом тривалого часу.

На рис. 3.26 представлений принцип функціонування утеплення.

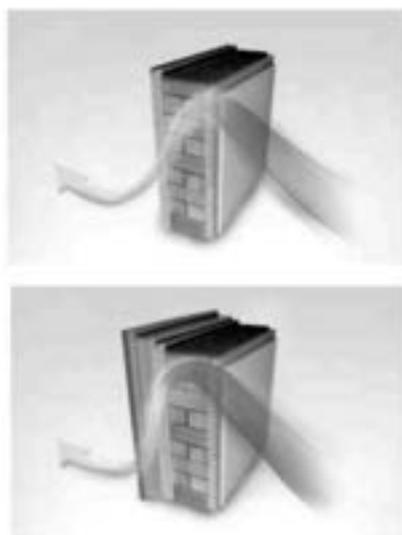


Рисунок 3.26 – Принцип функціонування утеплення

Швидкий відтік тепла через не утеплені стіни призводить до охолодження поверхні внутрішніх стін. Обмежений відтік тепла через стіни з теплоізоляцією призводить до підвищення температури внутрішніх стін [32].

Розподіл температури по товщині стіни до та після утеплення приведено на рис. 3.27, та 3.28, де:

- 1 – стіна;
- 2 – утеплювач.

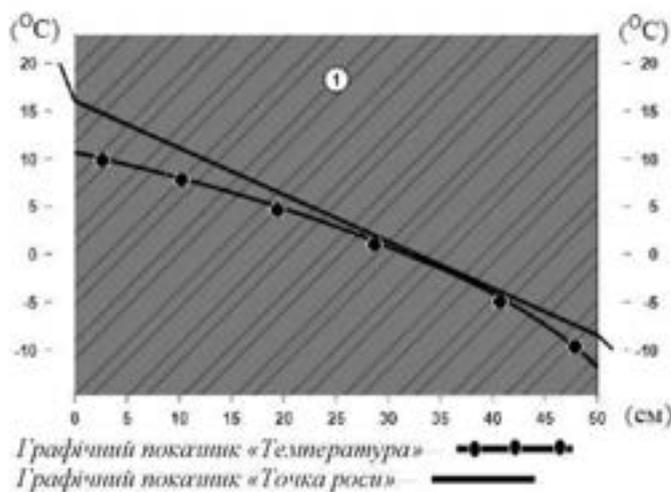


Рисунок 3.27 – Розподіл температури по товщині стіни до утеплення

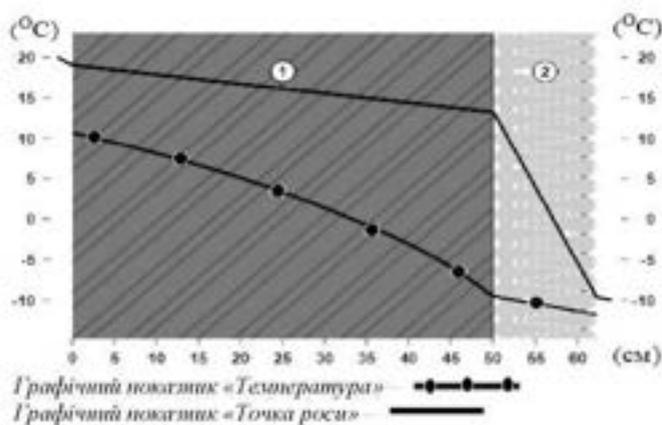


Рисунок 3.28 – Розподіл температури по товщині стіни після утеплення

Розріз багатoshарового огородження представлено на рис. 3.29.



Рисунок 3.29 – Розріз конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками

Середня вартість утеплення фасаду, в залежності від регіону, становила станом на 01.12.2020 рік приблизно 1500–2000 грн/м². Простий термін окупності проекту становить приблизно 8–10 років, при терміні служби утеплення 25 років.

3.3.2 Утеплення перекриття даху

Пропонується провести утеплення перекриття даху будівель, які мають ізоляцію з низьким опором теплопередачі на нову, що має більш високі показники опору теплопередачі. В наслідок цього, значно знижуються тепловтрати, досягається економія коштів.

Рекомендується утеплення даху плитами з мінеральної вати, товщиною 200–250 мм, зі структурою утеплення: паробар'єр, утеплювач, гідробар'єр. Вимоги щодо виконання термомодернізації приведені в [33].

Середня вартість перекриття даху, в залежності від регіону, становила станом на 01.12.2020 рік приблизно 1000–1500 грн/м². Простий термін окупності проекту становить від 8–10 років при терміні служби утеплення 25 років.

3.3.3 Утеплення підвального приміщення

Для забезпечення нормативних значень опору теплопередачі, та для зменшення втрат теплової енергії, пропонується провести утеплення підлоги будівель, де є така можливість.

Приклад утеплення перекриття зі сторони підвалу приведено на рис. 3.30.



Рисунок – 3.30. Приклад утеплення перекриття зі сторони підвалу

Товщина шару утеплювача – 10–15 см. Для утеплення підлоги можна використовувати мінеральну вату з густиною 125 кг/м³. Вимоги щодо виконання термомодернізації приведені в ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів будівництва. Настанова з виконання термомодернізації будинків. Середня вартість утеплення підлоги при наявності у будівлі підвалу чи техпіддля, в залежності від регіону, становила станом на 01.12.2020 рік приблизно 1000–1500 грн/м².

Простий термін окупності проекту становить від 9–10 років при терміні служби 25 років [34].

3.3.4 Заміна застарілих вікон з низьким опором теплопередачі

Значні втрати тепла відбуваються через старі вікна великих та середніх розмірів. Через незадовільний стан, та невідповідність опору теплопередачі, пропонується замінити існуючі вікна на металопластикові енергозберігаючі.

Основними перевагами енергозберігаючих вікон є:

- забезпечують повну герметичність;
- за рахунок високого опору, відмінно зберігають тепло;
- забезпечують хорошу звукоізоляцію;
- вікна нешкідливі для здоров'я, так як виготовляються зі спеціального екологічного пластику;
- вікна з ПВХ можна замовити в будь-якому варіанті виконання;
- термін служби таких віконних конструкцій кілька десятиліть, вони стійкі до будь-яких атмосферних явищ;
- догляд за пластиковими вікнами найпростіший, вони не вимагають фарбування або якогось особливого обслуговування.

На рис. 3.31 показано зовнішній вигляд енергоефективних вікон з трьохкамерним склопакетом.



Рисунок 3.31 – Енергоефективні трьохкамерні вікна

В рамках реалізації заходу додатково передбачається заміна встановлених звичайних склопакетів в металопластикових вікнах на двокамерні енергозберігаючі склопакети.

Термін окупності проєкту становить приблизно від 8–10 років [34].

3.3.5 Модернізація теплового пункту

Індивідуальні теплові пункти призначені для підключення систем опалення будівель, що використовують тепло, до мереж централізованого теплопостачання. Схеми підключення існують залежні (напряму до мережі) та незалежні (через теплообмінник). Основне розповсюдження на даний момент мають залежні схеми, незалежні використовують переважно в висотних будівлях, в яких елеватори та змішувачі насоси не можуть забезпечити потрібний напір та інші необхідні параметри. В нашому випадку використовуємо класичну залежну схему підключення. Вони забезпечують значне зниження втрат тепла за рахунок використання одного гріючого середовища, а автоматичне регулювання витрати теплоносія дозволяє підтримувати оптимальну температуру в приміщенні і температуру гарячого водопостачання, в залежності від температури навколишнього середовища, споживання тепла та гарячого водопостачання.

Змішувальний вузол дозволяє регулювати температуру подачі в систему опалення будівлі шляхом дозованого підмішування теплоносія з зворотного трубопроводу. Принципова схема автоматизованого індивідуального теплового пункту зображена на рис. 3.32.

Індивідуальний автоматизований тепловий пункт складається: 1 – тепловий лічильник; 2 – регулятор температури; 3 – датчик температури зовнішнього повітря; 4 – датчик температури гарячої води у подавальному трубопроводі системи опалення; 5 – керуючий пристрій; 6 – змішувальний насос; 7 – регулятор витрат води; 8 – система опалення.

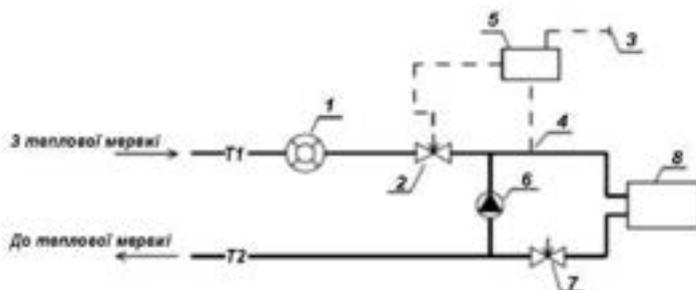


Рисунок 3.32 – Принципова схема автоматизованого індивідуального теплового пункту

Термін окупності проєкту встановлення індивідуального тепlopункту становить приблизно 5–7 років [34].

3.3.6 Модернізація системи тепловіддачі

Заміна радіаторів опалення на біметалеві. Для збільшення ККД системи тепловіддачі пропонується провести заміну існуючих радіаторів системи опалення на нові біметалеві. Зовнішній вигляд біметалічних радіаторів представлено на рис. 3.33.



Рисунок 3.33 – Зовнішній вигляд біметалічних радіаторів

Встановлення терморегуляторів на приладах опалення. Пропонується на радіаторах системи опалення встановлювати термостатичні радіаторні регулятори.

Терморегулятори опалення встановлюють безпосередньо на опалювальному пристрої або перед ним на трубопроводі, що подає в пристрій теплоносії. За допомогою терморегуляторів можна встановлювати температуру в приміщенні на рівні від $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дані прилади дозволяють перешкоджати перегріву приміщень, дозволяючи отримати економію близько 10 % енергії, яка споживається на опалення будівлі. Крім цього, терморегулятори опалення

забезпечують в приміщеннях комфортну температуру повітря. Зовнішній вигляд терморегулятора представлено на рис. 3.34.



Рисунок 3.34 – Терморегулятор радіатора

Монтаж тепловідбивних конструкцій за радіаторами опалення. Пропонується провести монтаж тепловідбивних конструкцій за радіаторами опалення. За рахунок установки досягається зниження променевого теплового потоку, що нагріває зовнішню стіну в місці за радіатором.

Установка подібних відбивачів є малозатратним способом економії енергії з низьким терміном окупності. Установка таких екранів допомагає підвищити температуру і наблизити її до нормативної. При наявності термостатичного вентиля і приладів обліку теплової енергії наслідком установки буде економія тепла.

Балансування системи опалення. Гідравлічне балансування трубопроводів в системах опалення будівель являється необхідною умовою енергоефективної експлуатації систем опалення будівель. Тільки радіатор з достатньою кількістю циркулюючого теплоносія здатний видавати необхідну теплову потужність, тим самим забезпечуючи необхідну температуру в приміщенні. Як видно на рис. 3.35, особливістю збалансованої системи опалення являється рівномірний розподіл теплоносія по радіаторам (а), а незбалансованої – навпаки (б).

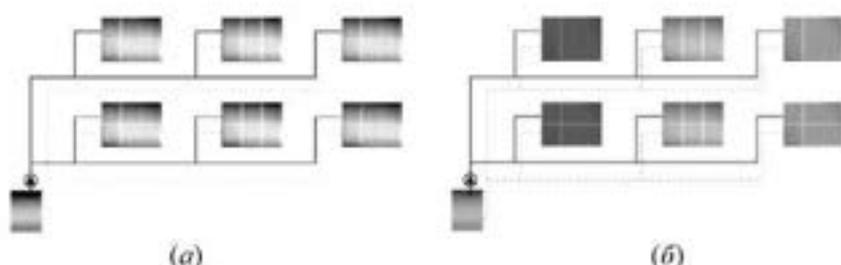


Рисунок 3.35 – Збалансована (а) та незбалансована (б) системи опалення будівлі

Гідравлічне балансування – це обмеження об'ємного потоку теплоносія значенням, яке відповідає тепловим навантаженням кожного радіатора системи. Поширена сьогодні насосна система опалення повинна розподілити тепло відповідно до потреб всіх опалювальних приміщень. Розподіл тепла обумовлено потоком об'єму води, що розподіляється в залежності від теплової потужності в системі трубопроводу.

При відсутності гідравлічного балансування, віддалені від джерела тепла, радіатори з несприятливим гідравлічним місцем розташування в системі відчувають нестачу теплоносія. Як наслідок, віддалені приміщення не отримують достатньої кількості тепла, а приміщення, що знаходяться поблизу джерела тепла, виявляються перегрітими. Часто причиною несприятливого розподілу тепла помилково вважають слабкі насоси, занадто низькі температури в прямому трубопроводі, малопотужні джерела тепла та ін. Відповідно встановлюють більш потужні насоси, підвищують температуру в прямому трубопроводі або перенастроюють автоматику, регулюючу систему опалення. Наслідками є виникаючі шуми в системі опалення, перегріті і не догріті приміщення. Крім цього виникає невиправдана перевитрата енергії при виробництві і розподілі тепла.

Проблему з оптимальним енергоспоживанням можна вирішити тільки за допомогою гідравлічного балансування всієї системи, тобто установки правильних параметрів пропускної здатності, які забезпечать на всіх опалювальних приладах, підключених до системи опалення, приблизно рівний гідравлічний опір. Зовнішній вигляд клапана приведенний на рис. 3.36.

Також для нормального функціонування системи опалення також необхідно забезпечити регулярний спуск повітря з системи опалення, тому що повітряні пробки в системі спричиняють нерівномірний нагрів опалювального приладу, що зменшує ефективність його роботи, також вони є причиною корозії та шумів. Для видалення повітряних пробок необхідно встановити автоматичні спускачі повітря в системі опалення, оскільки вони запобігають втратам теплоносія, яких неможливо уникнути при механічному спуску повітря. Автоматичні спускачі встановлюються на стояках у верхніх точках, де спостерігається найбільше скупчення повітря в системі опалення. Загальний вид автоматичного спускача повітря приведено на рис. 3.37.



Рисуюнок 3.36 – Ручний балансувальний клапан



Рисуюнок 3.37 – Загальний вигляд автоматичного спускача повітря

Термін окупності проєкту модернізації системи опалення приблизно становить 6–8 років [34].

3.3.7 Модернізація системи розподілу теплової енергії

Заміна магістральних та розподільчих трубопроводів. Внаслідок тривалої експлуатації системи теплопостачання будівлі, сталеві трубопроводи системи опалення зазнали змін. З часом на внутрішніх стінках труб утворилися відкладення різної природи та характеру.

Незалежно від хімічного складу і структури відкладень, їх утворення приводить до серйозного засмічення та зменшення пропускної здатності трубопроводів, збільшенню їх шорсткості і значного збільшення гідравлічного опору. Зростає витрата енергії, зменшується середня температура радіаторів, кількість теплоти, що віддається в приміщення та зростає загроза локальної корозії.

Найбільшої шкоди утворенні відкладення можуть завдати системі автоматизації теплопостачання. Для запобігання негативних факторів, пропонується замінити існуючі сталеві розподільчі трубопроводи опалення на металопластикові труби.

Теплоізоляція магістральних трубопроводів. Для зменшення тепловтрат з ділянок труб системи теплопостачання з порушеною або відсутньою тепловою ізоляцією, пропонується провести заходи з покращення їх теплоізоляції.

3.3.8 Встановлення індивідуальної котельні на твердому паливі

Оскільки тариф на теплову енергію централізованого теплопостачання постійно зростає, рекомендується розглянути можливість встановлення індивідуальної котельні на твердому паливі. Твердопаливна котельня – це система опалення та життєзабезпечення будівель «незалежне від газопостачання», джерело енергії для систем гарячого водопостачання та технологічних потреб де використовують тверду горючу сировину, таку як дрова, пилети, брикети, тирсу деревну та ін.

По призначенню опалювальні котли тривалого горіння серії KB-1,0-БТ (рис. 3.39) передбачають спалювання деревного палива багатьох різновидів. Поряд з такими характеристиками опалювальних котлів ВоВо, як простота експлуатації і висока ефективність, котли виготовляються з матеріалу з більш товстими стінками для досягнення забезпечення тривалого терміну служби та надійності з погляду системи безпеки.

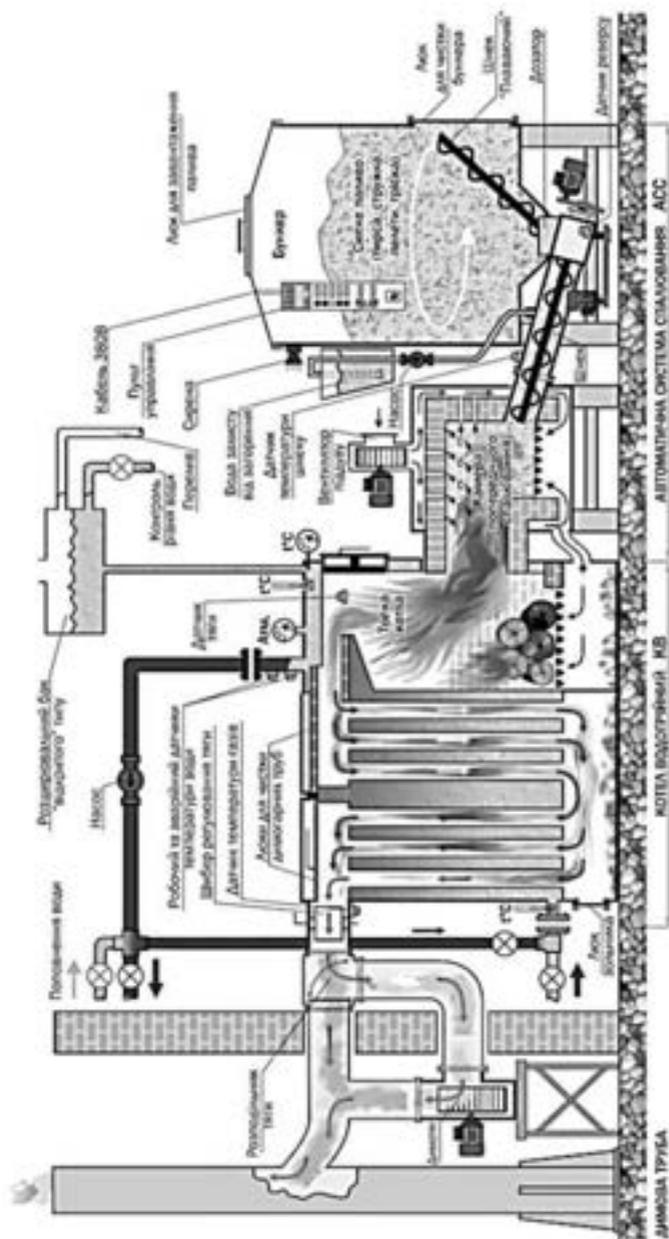


Рисунок 3.38 – Схема роботи твердопаливного котла

Твердопаливні котли можна обладнувати газогенератором розробленим та запатентованим фахівцями УкрНДІ «Ресурс» інформація про які наведена в пункті 3.2.3 даної монографії.

При розробці проекту необхідно звернути увагу на те, що при встановленні котлоагрегату на твердому паливі потрібно додаткові площі для встановлення бункеру та зберігання палива.



Рисунок 3.39 – Зовнішній вигляд котла KB-1,0-БТ

3.3.9 Впровадження теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель

Тепловий насос – пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш високою температурою. Термодинамічний цикл теплового насосу аналогічний холодильній машині. Однак, у холодильній машині основною метою є виробництво холоду шляхом відбору теплоти з будь-якого обсягу випарником, а конденсатор здійснює скидання теплоти в навколишнє

середовище. В тепловому насосі картина зворотна. Конденсатор являється теплообмінним апаратом, що виділяє теплоту для споживача, а випарник – теплообмінним апаратом, що утилізує низькопотенційну теплоту: вторинні енергетичні ресурси і (або) нетрадиційні поновлювані джерела енергії.

Залежно від принципу роботи теплові насоси поділяються на компресійні і абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди наводяться в дію за допомогою механічної енергії (електроенергії), в той час як абсорбційні теплові насоси можуть також використовувати тепло в якості джерела енергії (за допомогою електроенергії або палива). Найбільше розповсюдження отримали компресійні теплові насоси. Принципова схема компресійного теплового насоса зображена на рис. 3.40.

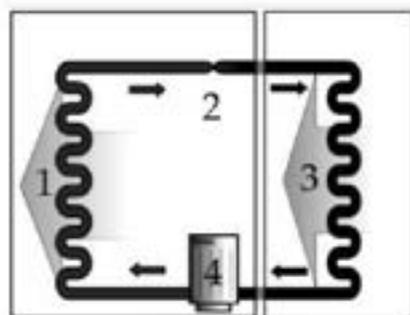


Рисунок 3.40 – Принципова схема теплового насоса

Тепловий насос складається з: 1 – конденсатор, 2 – дросель, 3 – випарник, 4 – компресор. В процесі роботи компресор споживає електроенергію. Співвідношення теплової енергії, що виробляється і споживаної електричної називається коефіцієнтом трансформації (або коефіцієнтом продуктивності (англ. COP – скор. від coefficient of performance) і служить показником ефективності теплового насоса. Для обчислення COP використовується наступна формула:

$$COP = Q / E, \quad (3.15)$$

де Q – теплова енергія передана споживачеві, Вт; E – споживання електричної енергії, Вт [35].

Залежно від джерела відбору низько потенціального тепла теплові насоси підрозділяються на:

– *горизонтальні (грунт)*

Колектор розміщується кільцями або спіралями в горизонтальних траншеях нижче глибини промерзання ґрунту (зазвичай від 1,2 м і більше) з розрахунку: один метр труби еквівалентний 20–30 Вт. Труби заповнюються антифризом (розчин пропілен-гліколю). Відстань між трубами повинна бути не менше 0,5–0,6 м. Після нескладних математичних підрахунків визначаємо, що для отримання 10 кВт енергії, буде потрібно контур довжиною 333–500 метрів. Контур укладається досить компактно, займаючи приблизно до 600 квадратних метрів площі. Такий спосіб є найбільш економічно ефективним для житлових об'єктів за умови відсутності дефіциту земельної площі під контур. При правильному розрахунку контур мало впливає на зелені насадження. Зовнішній вид горизонтального геотермального теплового насоса з горизонтальним контуром приведений на рис. 3.41.

– *вертикальні (грунт, гірська порода)*

Колектор розміщується вертикально в свердловині, кожен метр труби буде дорівнювати 50–60 Вт енергії. Для нормальної роботи геотермального насоса потужністю 10 кВт, буде потрібно створити контур загальною глибиною 170–200 м. Труби заповнюються, як правило, антифризом (розчин пропілен-гліколю). Свердловина заповнюється ґрунтовими водами природним шляхом, і вода проводить тепло від ґрунту чи каменю до теплоносія. При недостатній довжині свердловини або спробі отримати від ґрунту надлишкову потужність, ця вода і навіть антифриз можуть замерзнути, що і обмежує максимальну теплову потужність таких систем. Цей спосіб застосовується у випадках, коли площа земельної ділянки не дозволяє розмістити контур горизонтально або існує загроза пошкодження ландшафту або у гірській місцевості. Зовнішній вид геотермального теплового насоса з вертикальним контуром приведений на рис. 3.42.

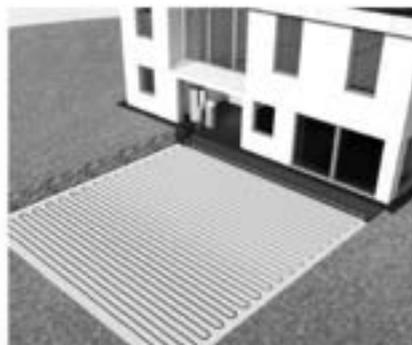


Рисунок 3.41 – Геотермальний тепловий насос з горизонтальним контуром (система “грунт-вода”)



Рисунок 3.42 – Геотермальний тепловий насос з вертикальним контуром (система “грунт-вода”)

– *водні (водойми)*

Колектор розміщується спіралями або кільцями у водоймі (озері, ставку, річці) нижче глибини промерзання. Такий варіант є ідеальним за всіма показниками: короткий контур, найбільш висока температура навколишнього середовища, як наслідок висока ефективність роботи. Один метр труби підводного контуру дорівнює 30 Вт теплової енергії. Для отримання 10 кВт тепла, потрібно 330 метра контурної труби. Це найбільш дешевий варіант, але є вимоги по мінімальній глибині і обсягом води у водоймі для конкретного регіону. Зовнішній вид геотермального теплового насоса для водойм (з притопленням контуром) приведений на рис. 3.43.

– *водні (грунтові води)*

Грунтові води є кращим джерелом енергії, завдяки тому, що навіть в зимовий час температура цього ресурсу не опускається нижче негативною позначки та знаходиться в діапазоні від +5 до +15 °С. Насоси, які отримують енергію від ґрунтових вод, мають найбільш високий ККД. Проходячи через нього, вода віддає своє тепло. Зовнішній вид геотермального теплового насоса з використанням ґрунтових вод приведений на рис. 3.44.



Рисунок 3.43 – Геотермальний тепловий насос з притоком контуром (система “вода-вода”)



Рисунок 3.44 – Тепловий насос з використанням грунтових вод (система “вода-вода”)

– *повітряні* (джерелом відбору тепла є повітря) використовують як джерело низькопотенційної теплової енергії повітря. Причому джерелом теплоти може бути не тільки зовнішній (атмосферне) повітря, а й витяжний вентиляційний повітря (загальнообмінної або місцевої) вентиляції будівель. Даний агрегат не вимагає монтажу підземного чи підводного контуру. Як правило, установки даного типу використовуються в тому випадку, коли інші варіанти відбору тепла не можуть бути реалізовані. Теплова енергія повітря використовується до позначки $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Якщо вдарили сильні морози, і температура опустилася нижче цього показника, за справу в загальному випадку береться додатковий теплогенератор, але теплові насоси Helixtep мають робочий діапазон температур від -25 до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ і додатковий теплогенератор не потрібний. Зовнішній вид повітряного теплового насоса (система “повітря-вода”) приведений на рис. 3.45.

Існують також повітряні теплові насоси, які відбирають низькопотенційне тепло з повітря і використовує його для обігріву приміщень в будинку за допомогою повітряної каналної системи (система “повітря-повітря”). Особливість даного типу повітряного теплового насоса в тому, що вони працюють або в режимі нагріву, або в режимі охолодження. Повітряне опалення використовується в офісних будівлях, торгових центрах, промислових і складських приміщеннях. Зовнішній вид повітряного теплового насоса (система “повітря-повітря”) приведений на рисунок 3.46.



Рисунок 3.45 – Повітряний
тепловий насос
(система “повітря-вода”)



Рисунок 3.46 – Повітряний
тепловий насос
(система “повітря-повітря”)

Загальні переваги, недоліки і особливості експлуатації теплових насосів

Основною перевагою теплових насосів є можливість перемикаєння з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку; просто замість радіаторів до зовнішнього колектору підключаються фанкойли або система «холодні стелі».

Тепловий насос надійний, його роботою керує автоматика. В процесі експлуатації система не потребує спеціального обслуговування, можливі маніпуляції не вимагають особливих навичок і описані в інструкції.

Тепловий насос компактний (його модуль за розмірами не перевищує звичайний холодильник) і практично безшумний.

До недоліків геотермальних теплових насосів, які використовуються для опалення, слід віднести велику вартість встановленого обладнання (300–1200 \$ за 1 кВт встановленої потужності), необхідність складного і дорогого монтажу зовнішніх підземних або підводних теплообмінних контурів. Період окупності теплових насосів становить 4–9 років, при терміні служби 15–20 років до капітального ремонту. Існує і альтернативний погляд на економічну доцільність установки теплонасосів. Так, якщо установка теплонасоса проводиться на кошти, взяті в кредит, економія від використання теплового насоса може бути менше, ніж вартість використання кредиту. Тому масове використання теплонасосів в приватному секторі

можна очікувати, якщо вартість теплонасосного обладнання буде порівнянна з витратами на установку газового опалення та підключення до газової мережі.

Основним недоліком теплового насоса є зворотна залежність його ефективності від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем. Це накладає певні обмеження на використання систем типу «повітря – вода». Реальні значення ефективності сучасних теплових насосів становлять близько $COP = 2,0$ при температурі джерела $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, і порядку $COP = 5,0\text{--}6,0$ при температурі джерела $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це призводить до того, що для забезпечення заданого температурного режиму споживача при низьких температурах повітря необхідно використовувати обладнання зі значною надлишковою потужністю, що пов'язане з нераціональним використанням капіталовкладень (втім, це стосується і будь-яких інших джерел теплової енергії). Всі, навіть найефективніші теплові насоси нагрівають воду в системі опалення не більше $+62\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$, причому, чим вище температура води, що нагрівається, тим менше ефективність і надійність теплового насоса. Якщо тепла із зовнішнього контуру все ж недостатньо для опалення в сильні морози, практикується експлуатація насоса в парі з додатковим генератором тепла (в таких випадках говорять про використання бівалентної схеми опалення). Коли вулична температура опускається нижче розрахункового рівня (температури бівалентності), в роботу включається другий генератор тепла – найчастіше невеликий електронагрівач, рідше газовий або твердопаливний котли.

Оптимальна потужність теплонасосної установки становить $60\text{--}70\%$ від необхідної встановленої потужності, що також впливає на закупівельну вартість установки опалення тепловим насосом. В цьому випадку тепловий насос забезпечує не менше 95% потреби споживача в тепловій енергії за весь опалювальний сезон. При такій схемі середньосезонний коефіцієнт перетворення енергії для кліматичних умов Центральної Європи дорівнює порядку $COP = 3$ [35].

3.3.10 Встановлення приточно-витяжної системи вентиляції з утилізацією теплоти

Пропонується для будівель встановлювати механічну систему вентиляції з енергоефективною приточно-витяжною установкою. На практиці необхідно використовувати саме механічну припливно-витяжну систему вентиляції, оскільки тільки вона може гарантувати створення комфортних умов (подавати повітря у вентильовані приміщення, незалежно від умов навколишнього середовища, в необхідних обсягах, очищати та нагрівати його). Для того щоб зберегти тепло внутрішнього повітря приточно-витяжну установку системи вентиляції доповнюють рекуператором, за допомогою якого тепло видаляемого повітря передається приточному повітрю.

В рамках реалізації заходу пропонується встановити загальну припливно-витяжну систему вентиляції з організованим приливом повітря та рекуперацією не менше 70 %.

Типова схема рекуперативної установки представлена на рисунку 3.47.

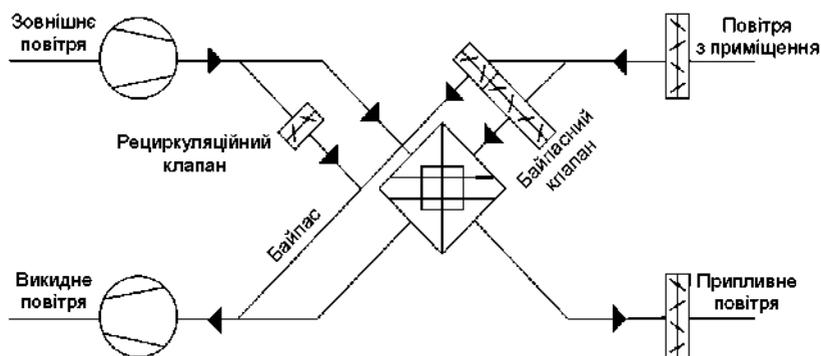


Рисунок 3.47 – Типова схема рекуперативної установки

3.3.11 Заміна джерел світла

Заходом пропонується модернізація системи внутрішнього освітлення шляхом заміни ламп розжарювання, що встановлені в будівлі, світлодіодними лампами (рис. 3.48). Основні вимоги до якості освітлення наведені в ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».



Рисунок 3.48 – Загальний вигляд світлодіодної лампи

LED-лампи мають вдвічі нижчу за люмінесцентні, та в 6–10 раз нижчу від ламп розжарювання світловіддачу при аналогічних світлотехнічних характеристиках. Період служби світлодіодних ламп становить від 30 до 50 тис. годин. Асортимент LED-ламп, світильників та панелей, нині представлених на ринку, дозволяє без проблем замінити діючі без суттєвих змін конструкції їх місця встановлення (аналогічні розміри, тип патрона та ін.). Термін окупності проекту становить приблизно від 1,5 до 2,5 років [34].



Рисунок 3.50 – Зовнішній вигляд фотореле

3.3.12 Встановлення датчиків руху

Для економії електроенергії пропонується оснастити освітлювальні прилади, в санвузлах та коридорах, пристроями на базі датчиків присутності (рис. 3.49). Дані датчики дозволяють включати освітлення тільки в разі присутності людини. Термін окупності проекту становить приблизно 1,5 роки [34].



Рисунок 3.49 – Зовнішній вигляд датчику руху

3.3.13 Встановлення фотореле

Пропонується розглянути можливість установки в мережі освітлення фотореле (рис 3.50). Реалізація даного заходу забезпечить автоматичне включення і відключення освітлювальних приладів виходячи з освітленості і часу доби, що знизить споживання електроенергії на потреби освітлення будівлі.

Конкретні місця встановлення фотореле можуть визначитися за результатами виконання проектних робіт. Термін окупності проекту становить приблизно 1,5 роки [34].

3.3.14 Додаткові рекомендації

1) Встановлення автоматизованої системи технічного обліку для моніторингу енергоспоживання. Для отримання повної інформації про енергоспоживання на об'єкті потрібні система моніторингу споживання енергоресурсів: електричної та теплової енергії. В ідеалі це може бути автоматизована система обліку теплової та електричної енергії, коли дані з обчислювачів теплових лічильників та лічильників електроенергії передаються на сервер.

Принципова схема автоматизованої системи обліку тепла, як приклад, зображена на рис. 3.51.



Рисунок 3.51 – Автоматизована система обліку теплової енергії

Якщо передбачається заключення ЕСКО-контракту, то дана система буде засобом моніторингу фактичного споживання теплової енергії, що дозволить об'єктивно оцінити заплановану економію.

2) *Встановлення віконних провітрювачів.* Одним із способів організації необхідного рівня повітрообміну є установка пасивного припливного вентиляційного клапану, який вмонтовується у верхню частину вікна і дозволяє свіжому повітрю зовні проникати до приміщення. Свіже повітря виходить вентиляційними каналами. Внутрішня решітка за допомогою регулятора забезпечує збереження оптимального мікроклимату в кімнаті, змінюючи кількість вхідного повітря та його напрямку. Також механізм має вбудований фільтр для запобігання потрапляння в приміщення пилу разом з повітрям. Таким чином при герметично закритому вікні ми отримуємо постійний повітрообмін та створюються максимально комфортні умови для перебування у приміщенні. Загальний вигляд віконного провітрювача приведено на рис. 3.52.



Рисунок 3.52 – Автоматичний віконний провітрювач

3) Установка водовідливів та відмоствів. Необхідно встановити по периметру будівель водовідливи (рис 3.53) та відмоствки, які запобігають скупченню води після дощу або снігу, не дають воді потрапляти в монтажні стики і шви, запобігають розмиттю фундаментів.

Взимку обмерзання разом з бурульками відкалюються, і, падаючи можуть нести загрозу життю людини. Уникнути цієї ситуації можна тільки виключивши застій води шляхом організації її відводу з покрівлі.



Рисунок 3.53 – Приклад водовідливу

Якщо не виконати монтаж водовідливів та відмоствів, то довговічність стін будівель і цоколя значно знижується. Виникає ризик замочування ґрунту під фундаментом, що веде до втрати ним несучої здатності, а це вже серйозно може вплинути на можливість експлуатації всієї будівлі.

Однією з причин установки таких конструкцій є економія теплової енергії. Під час дощу та мокрого снігу, замокає частина цоколю та стіни, тим самим зменшуючи опір теплопередачі, та збільшуючи втрати теплової енергії.

3.4 Висновок

Недостатність і обмеженість викопних паливних ресурсів обумовлює неминучість переходу до альтернативних, нетрадиційних джерел енергії Сонця і Землі, що є екологічно чистими і поновлюваними.

Фахівцями УкрНДІ «Ресурс» пропонується стратегія повномасштабного переходу до альтернативної енергетики, в тому числі автономної, яка включає впровадження всіх розрізаних розробок енергоефективних заходів, що позначиться на економічній стабільності підприємств системи Держрезерву, а також на позитивній екологічній обстановці в Україні.

Для розвитку альтернативної енергетики пропонується:

- розробити комплекс заходів щодо стимулювання і використання відновлюваних джерел енергії, відходів у теплопостачанні, комбінованому виробництві теплової та електричної енергії, включно з положеннями стосовно спільного спалювання біомаси та вугілля;

- визначити чіткі критерії відбору та затвердження проєктів, які використовуватимуть «зелений тариф»;

- надати пріоритет, щодо затвердження таких проєктів з урахуванням логістичної складової їх розміщення (у т. ч. з огляду на наявні місцеві ресурси, відстань до електричних мереж тощо);

- скорочувати обсяг субсидій до галузей та виробництв енергії з традиційних джерел енергії (перш за все, у вугледобувну галузь) з метою вивільнення коштів для розвитку підприємств нетрадиційних відновлюваних джерел енергії;

- розробити систему матеріального стимулювання процесів ефективного використання та економії паливно-енергетичних ресурсів, впровадження інноваційних розробок, захищених патентами підприємств, колективів та окремих робітників;

- започаткувати широке кредитування підприємств на пільгових умовах з метою встановлення обладнання для виробництва «чистої» енергії (сонячних панелей);

- забезпечити для виробників та інвесторів систематичне проведення рекламно-інформаційних кампаній з метою популяризації розвитку альтернативної енергетики, закріплення її позитивного іміджу, роз'яснення споживачам реальної вигоди від розвитку та впровадження проєктів з виробництва відновлювальної енергії;

- надавати пріоритет розвитку нетрадиційних, відновлювальних джерел енергії (НВДЕ), таких, як використання біомаси, техногенних, сільськогосподарських та побутових відходів, побічних викидів енергії у виробництві, як основи досягнення сталого розвитку відомствених підприємств [36].

4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ – ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИДИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ

4.1 Резюме

Енергетичний аудит підприємств – обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з метою визначення можливостей економії паливно-енергетичних ресурсів, здійснення заходів з економії на практиці шляхом впровадження механізмів енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

В даному розділі детально розглянуті всі аспекти методики проведення енергоаудиту: основні види, алгоритм з описом основних етапів і технічні особливості. Методика проведення енергоаудиту базується на міжнародному стандарті ISO 50002 «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення». Також наведено методіку розрахунку економічних показників впровадження заходів по підвищенню енергоефективності і екологічної оцінки проєктів.

4.2 Загальні положення

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки України, створенні адміністративних, нормативно-правових і економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки країни в цілому, її окремих галузей, підприємств та технологічних процесів передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску неенергоефективної продукції, впровадження у виробництво новітніх технологій, обладнання та побутових приладів. Важливим фактором підвищення

енергоефективності є забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки всіх суб'єктів економічної діяльності у вирішенні питань оптимізації енергоспоживання та енергозбереження. Розглянемо основні поняття та означення стосовно цієї проблематики.

Предметом енергетичного аудиту є система обстеження споживання палива й енергії, аналізу й вироблення рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів.

Головною метою енергетичного аудиту є пошук можливостей енергозбереження й допомоги суб'єктам господарювання у визначенні напрямків ефективного енерговикористання.

Об'єктом енергетичного аудиту може бути будь-яке підприємство, енергетична установка, будинок, агрегат, що виробляє, перетворює, передає або споживає енергію.

Межі енергоаудиту – фізичні межі або за місцем розташування виробничого майданчика, а/або організаційні межі згідно з тим, як їх визначила організація.

Енергоаудитор – особа (або група осіб) які проводять енергоаудит.

Призначенням енергетичного аудиту є розв'язання таких завдань:

- складання карти використання об'єктом ПЕР;
- розроблення організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка енергозберігаючих заходів.

Енергетичний аудит проводиться **енергосервісними компаніями** або незалежними експертами (енергоаудиторами), які вповноважені суб'єктами господарювання на його здійснення.

Ідеологія енергоаудиту ґрунтується на наступних основних посиланнях:

- енергоаудитори повинні не фіксувати помилки, а виявляти факти;
- результати, які надаються замовнику – це, насамперед, звіт про енергетичний аудит, в якому визначаються конкретні шляхи енергозбереження.

Енергоаудит потрібно проводити за такими принципами:

- аудит повинен відповідати узгодженому характеру та обсягу робіт з енергоаудиту, межах та шлях аудиту;

- застосовувані вимірювання та спостереження повинні враховувати особливості використання і споживання енергії;
- зібрані дані про рівень досягнутої/досяжної енергоефективності мають бути типовими для тих видів діяльності, процесів, обладнання та систем, що підлягають енергоаудиту;
- використовувані дані для кількісного оцінювання рівня досягнутої або досяжної енергоефективності та виявлення можливостей поліпшення мають бути узгодженими та однозначно визначеними;
- процес збирання, перевірки та аналізування даних має бути простежуваним;
- звіт за результатами енергетичного аудиту повинен висвітлювати можливості для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності на основі відповідного технічного та економічного аналізу.

Основними шляхами підвищення ефективності використання ПЕР є такі:

- впровадження нового енергоекономічного обладнання;
- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- удосконалення існуючих технологій, обладнання, переробки сировини та матеріалів і, як наслідок, підвищення якості продукції;
- заміщення і вибір найефективніших енергоносіїв;
- зменшення втрат сировини та матеріалів;
- скорочення втрат енергоресурсів;
- вжиття організаційно-технічних заходів, удосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів;
- урахування економічних, правових та інших чинників зниження рівнів енергоспоживання.

Енергетичний баланс є розрахунком обсягів вхідних енергоресурсів і/або енергетичних ресурсів власного виробництва та порівняння їх з обсягами вихідних енергоресурсів, отриманих з обсягів споживання енергії на рівні кінцевого використання енергії.

Енергетична ефективність являє собою співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, наданими послугами, виробленими товарами чи енергією і вхідним показником, тобто вхідним рівнем [37].

В провідних країнах світу діяльність у сфері енергетичного аудиту промислових підприємств регламентується міжнародним

стандартом ISO 50002:2014, який вже гармонізовано в Україні у вигляді національного стандарту ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення». Цей стандарт базується на передовій практиці енергетичного аудиту. Він охоплює мінімальний набір вимог до етапів розроблення технічного завдання, виконання робіт, затвердження результатів та завершення робіт з енергоаудиту. Стандарт дозволяє застосовувати різні підходи в залежності від характеру та обсягу робіт, меж та цілей аудиту.

4.2 Основні етапи енергетичного аудиту

Процес енергетичного аудиту, відповідно до ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT), складається з декількох основних етапів [37], які представлені на рис. 4.1.

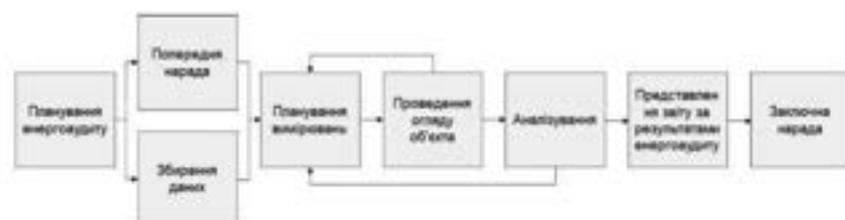


Рисунок 4.1 – Схема проведення енергоаудиту

1 етап. Планування енергетичного аудиту

Заходи з планування енергетичного аудиту мають важливе значення для визначення характеру та обсягу робіт з енергетичного аудиту та його цілі(-ей), а також для збору попередньої інформації про організацію [38].

З метою визначення характеру та обсягу робіт з енергоаудиту та забезпечення проведення ефективного енергоаудиту потрібно враховувати наступне:

Енергетичний аудитор та організація мають домовитися про таке:

- характер та обсяг робіт, межі та ціль(-і) енергетичного аудиту;
- потреби та очікування для досягнення цілей аудиту;
- необхідний рівень деталізації.
- часові межі енергоаудиту;
- критерії оцінювання та ранжування можливостей для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності.

II етап. Попередня нарада

Мета попередньої наради для енергоаудитора – інформування зацікавлених сторін про цілі енергоаудиту, визначення характеру та обсягу робіт з енергоаудиту, меж та методів енергетичного аудиту, а також обговорення заходів щодо підготування до проведення енергоаудиту (наприклад, інструкцій з техніки безпеки на об'єкті, порядку контролю доступу, безпеки тощо).

Енергетичний аудитор повинен поставити перед організацією завдання:

- призначити відповідальних осіб з числа персоналу організації для надання допомоги енергетичному аудитору або відповідних осіб, які увійдуть до складу групи з енергоаудиту з цією самою метою: ці особи повинні бути компетентними і мати повноваження, щоб вимагати або здійснювати безпосередні операції над процесами й обладнанням, дотримуватися визначених характеру та обсягу робіт і цілей енергоаудиту;

- інформувати відповідний персонал та інші зацікавлені сторони про енергоаудит, їх ролі, обов'язки, співпрацю та будь-які інші вимоги, що поширюються на них;

- забезпечити співпрацю залучених сторін.

- підтвердити будь-які незвичні умови, які можуть вплинути на енергетичний аудит або рівень досягнутої/досяжної енергоефективності, а саме: роботи з технічного обслуговування, спеціальні візити (клієнтів, контролювальних органів тощо), значні зміни в обсягах виробництва та інше.

Енергетичний аудитор повинен погодити з організацією:

- порядок доступу відповідно до вимог певного характеру та обсягу робіт з енергетичного аудиту для енергетичного аудитора;

- вимоги до охорони праці, до промислової та загальної безпеки, щодо правил і процедур, чинних у разі надзвичайної ситуації;

- наявність ресурсів, зокрема енергетичних даних, та необхідності у додатковому обліку;

- чинні угоди щодо нерозголошення конфіденційної інформації (наприклад, щодо орендарів у будівлі);
- вимоги до будь-яких спеціальних вимірювань, якщо в цьому є необхідність;
- процедури, яких необхідно дотримуватися для встановлення вимірювального обладнання, якщо це необхідно.

Енергетичний аудитор повинен розглянути деталі планування енергоаудиту з організацією, зокрема графіки, процеси, можливу необхідність у додатковому вимірювальному обладнанні, провести опитування персоналу організації, наради, відвідування об'єкта тощо.

III етап. Одержання інформації про об'єкт енергоаудиту

– Збір первинних даних про витрати палива, води й електроенергії за попередній і поточний роки. Це дає можливість судити про напрямки у використанні палива й енергії, визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників об'єкту в цілому.

– Аналіз структури енергоспоживання. Це дозволяє визначити структуру енерговикористання на об'єкті. Аналіз структури дозволяє сформулювати стратегію енерговикористання на перспективу.

– Аналіз структури витрат на енергію.

– Аналіз частки витрат різних видів енергії в загальних витратах дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшою часткою витрат.

– Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається підприємством та окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити питому витрату енергії основного й допоміжного виробництва на одиницю продукції, що випускається, у порівнянні з аналогічними передовими виробництвами, дозволяє оцінити частку вартості енергоносіїв у собівартості продукції.

Типовий список питань при зборі даних:

- короткий опис виробничої структури підприємства;
- дані щодо випуску продукції по товарним групам з розбивкою по місяцях.
- дані про використання палива, тепло- та електроенергії з розбивкою по місяцях за останні 5 років;
- генплан підприємства з експлікацією будівель;
- технологічні схеми випуску продукції та їх короткий опис;

- однолінійна схема електропостачання 10 кВ та короткий опис системи електропостачання підприємства;
- дані про основні виробничі, адміністративні та допоміжні будівлі та споруди підприємства: назва будівлі, призначення, будівельний об'єм, кількість поверхів, матеріал огорожувальних конструкцій, площа застелення, температурний режим, наявність систем опалення та вентиляції, кількість душевих та рукомийників, що використовують гарячу воду;
- дані про теплогенеруюче обладнання: назва, марка, кількість, місце встановлення, режими роботи а також технічну документацію на обладнання (режимні карти, технічні паспорти);
- дані про основне технологічне електроспоживаюче обладнання: назва, марка, кількість, призначення, місце встановлення, тривалість роботи за рік, яка продукція на ньому виробляється;
- дані про електроспоживаюче обладнання допоміжних цехів (насосних, котельних, компресорних, механічних та інструментальних цехів, автопарків тощо): назва, марка, кількість, призначення, місце встановлення, тривалість роботи за рік;
- дані про основне технологічне теплоспоживаюче обладнання: назва, марка, кількість, призначення, місце встановлення, тривалість роботи за рік, яка продукція на ньому виробляється;
- дані про холодильне обладнання: назва, марка, кількість, призначення, місце встановлення, габарити, матеріал та товщина огорожуючі конструкції, температура у камері, завантаження, час та особливості роботи;
- дані про систему освітлення цехів та приміщень: назва, марка, кількість, місце встановлення, тривалість роботи за рік;
- дані про систему зовнішнього освітлення: назва, марка, кількість, тривалість роботи за рік.
- дані щодо заходів з економії паливно-енергетичних ресурсів, впроваджених за минулі роки та тих, що плануються на майбутнє.

IV етап. Вивчення паливно-енергетичних потоків на об'єкті в цілому та в окремих підрозділах.

- Вивчення технологічної схеми основного виробництва. До складу схеми входить послідовність окремих технологічних операцій, їх взаємозв'язок для одержання основної й допоміжної продукції. Схема необхідна для подальшого обліку енергії та оцінки правильності прийнятих технологічних операцій.

– Складання схеми споживання енергетичних ресурсів об'єктом. На технологічну схему наносяться місця споживання й передачі паливно-енергетичних ресурсів.

– Складання карти використання енергетичних ресурсів. Карта використання енергетичних ресурсів являє собою нанесений на план об'єкта у відповідному масштабі рівень споживання різних видів енергії окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити транспортні потоки різних видів енергії й визначити найбільш енергоємні підрозділи.

У етап. Складання паливно-енергетичного балансу підприємства

Паливно-енергетичний баланс об'єкту є основою для оцінки правильності вибору енергоносіїв та прогнозу оцінки їх споживання. Показники енергетичного балансу розраховуються згідно діючих в Україні методик, ДСТУ, ДБН та інших нормативних актів.

– *Складання паливно-енергетичного балансу по окремим видам енергоресурсів.*

Баланс з окремих енергоресурсів об'єкту дозволяє в цілому оцінити ефективність використання різних енергоносіїв, звернути увагу на окремі споживачі енергії для поглибленого їх дослідження.

– *Виявлення найенергоємніших споживачів і збирання даних по них.*

Визначення найенергоємніших споживачів об'єкту, для яких встановлюються вихідні дані каталожного характеру, схеми енерговикористання, а також визначаються за допомогою відповідних вимірювань режимні параметри їх роботи для подальшої оцінки ефективності використання енергоносіїв.

– *Визначення питомих норм споживання енергії окремими споживачами.*

Питомі норми споживання енергії окремими споживачами і об'єкту в цілому дають можливість порівняння з аналогічними нормами високопродуктивних виробництв, а також виявити окремих споживачів з низькими нормами для подальшого обстеження.

– *Складання енергетичного балансу для окремих енергоємних споживачів.*

Енергетичний баланс окремих енергоємних споживачів дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії, виявити ділянки її нераціонального використання, намітити шляхи економії.

VI етап. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом

– Аналіз ефективності використання окремих технологічних процесів.

На підставі аналізу роблять висновок про правильність прийнятих в умовах діючого об'єкту окремих технологічних рішень або про заміну деяких з них на прогресивні, при цьому визначаються витрати на зміну технології та обґрунтовується висновок про доцільність інвестицій.

– Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підрозділами об'єкту.

На підставі аналізу робиться висновок про доцільність використання того або іншого енергоносія на різних рівнях технологічного процесу в підрозділах об'єкту. У випадку заміни енергоносія наводиться відповідне техніко-економічне обґрунтування. Особлива увага повинна бути приділена питанням транспортування енергоносіїв в умовах об'єкту. Це стосується в першу чергу мережі теплопостачання й пневматичної мережі. Також повинна бути приділена увага специфічним питанням, наприклад, обґрунтування використання того або іншого тарифу на електроенергію в умовах об'єкту.

– Аналіз енерговикористання окремими споживачами.

Цей підрозділ має значний обсяг, тому більшість організацій, які проводять енергетичний аудит, обмежуються лише розглядом даного питання. Як наслідок, воно розглядається не всебічно, а за обмеженого часу енергоаудиту приймаються до розгляду лише ті споживачі енергії, які дають очевидний ефект.

– Визначення технологічно припустимих втрат палива та енергії.

– Визначення пріоритетів для поглибленого енергетичного аудиту.

На окремих об'єктах мають місце специфічні енергоспоживачі, ефективність роботи яких складно визначити без додаткового енергетичного аудиту. Додатковий енергетичний аудит включає спеціальні обстеження з використанням спеціального вимірювального обладнання або проведення наукових досліджень. До специфічних енергоспоживачів, належать холодильні, компресорні установки, електричні печі нагрівання й т. ін. Дослідницькі розробки проводяться до вирішення специфічних питань, вказаних у договорі на енергетичний аудит.

VII етап. Поглиблений енергетичний аудит окремих технологічних процесів і енергоспоживачів

- Проведення додаткових вимірювань проміжних параметрів і визначення робочих режимів.
- Виявлення ефективності роботи споживачів.
- Ви рішення специфічних питань (за домовленістю з керівництвом).

VIII етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту

- Розроблення енергозберігаючих заходів.
- Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів.
- Порівняльний аналіз отриманих результатів.
- Вибір нових пріоритетів і постановка завдань на подальше зниження енергоемності продукції та споживання енергоресурсів.
- Складання звіту з енергетичного аудиту.

Існує безліч чинників, які визначають важливість і доцільність проведення енергетичного обстеження і пояснюють, чому енергокористувач може довіряти його результатам. Найважливішим аспектом проведення енергоаудиту є додаткова вигода, оскільки дослідження проводиться кваліфікованим фахівцем, а не випадковим працівником компанії. Найчастіше більшою довірою у керівників користуються рекомендації професійного консультанта, а не поради персоналу.

Зміст звіту за результатами енергоаудиту має відповідати визначеним характеру та обсягу робіт, межах та цілі(-ям) енергетичного аудиту.

Звіт за результатами енергоаудиту має містити такі розділи, як:

1) *Стисла характеристика результатів роботи:*

- короткий опис використання та споживання енергії;
- ранжування можливостей для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності;
- запропонована програма з реалізації заходів щодо підвищення рівня енергетичної ефективності;

2) *Організація енергоаудиту:*

- загальна інформація про організацію, енергетичного аудитора та методи енергоаудиту;

- відповідні законодавчі та інші вимоги, що стосуються енергоаудиту;
- заява про конфіденційність;
- передумови проведення енергетичного аудиту;
- опис процесу енергетичного аудиту, визначені характер та обсяг робіт і межі, мета (ціль) аудиту та часові рамки;
- інформація про збирання даних;
- план вимірювань;
- тип даних, що використовують (частота збирання даних, період вимірювання, об'єкт і параметри вимірювання та оцінювання);
- копія або посилання на ключові дані, що використовують, зокрема: протоколи випробувань, сертифікати калібрування, паспортизація обладнання;
- аналіз енергетичних потоків підприємства (паливно-енергетичні баланси) з виділенням споживачів з найбільшим потенціалом енергозбереження;
- аналіз рівня досягнутої енергоефективності і будь-якого(-их) показника(-ів) рівня досягнутої/досяжної енергоефективності;
- підстава для розрахунків, оцінок і припущень та зумовлена цим точність;
- критерії ранжування можливостей для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності;

3) *Можливості для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності:*

- рекомендації та пропозиції щодо програми з реалізації запропонованих можливостей;
- припущення і методи, які використовують під час розрахунку економії енергії, і зумовлена ними точність розрахунків економії енергії та коштів;
- припущення, що використовують під час розрахунку витрат на реалізацію, і зумовлена ними точність;
- відповідний економічний аналіз, зокрема відомих фінансових стимулів і будь-яких позитивних;
- ефектів, не пов'язаних з енергією;

4) *Енергокористувач отримує звіт з енергоаудиту й може самостійно вирішувати такі проблеми:*

- визначати, як споживається енергія всередині об'єкту, формулювати пріоритети в переліку енергозберігаючих рекомендацій;
- порівнювати енергоспоживання на даному об'єкті з величинами споживання енергії на інших аналогічних об'єктах, визначаючи в такий спосіб об'єкт як “поганий” або “добрий” споживач енергії.
- показувати необхідність інвестицій для придбання й освоєння нового, економічнішого обладнання;
- обґрунтовувати запропонований проект, який не був би затверджений без підтримки зовнішнього консультанта.

IX етап. Заключна нарада

Перед заключною нарадою організації необхідно надати звіт за результатами проведення енергоаудиту. Під час заключної наради енергетичний аудитор повинен:

- представити результати проведення енергоаудиту так, щоб полегшити процес прийняття рішень в організації;
- бути в змозі пояснити результати та відповісти на запитання;
- якщо це доречно, визначити пункти, що вимагають від енергетичного аудитора подальшого аналізу або наступних дій.

4.3 Методологія енергоаудиту

4.3.1 Загальні дані

Методологія проведення енергоаудиту залежить від інформації, яку прагне одержати й за яку готовий платити клієнт, а також від складу використовуваного в ході обстеження контрольно-вимірювального устаткування. З одного боку, енергоаудит може бути простим оглядом енергоспоживання, що ґрунтується на даних лічильників підприємства. З іншого боку, енергоаудит може бути комплексним і трудомістким процесом визначення та ідентифікації всіх напрямків витрат енергії й передбачати встановлення нового постійного вимірювального устаткування, тестування й вимірювання протягом тривалого періоду часу і в результаті ретельної перевірки дозволить сформулювати детальні рекомендації. Природно, що останній тип аудиту буде значно дорожчим, ніж перший. Професійний енергетичний аудитор повинен вміти провести обстеження

підприємства, яке випускає будь-яку продукцію. Це означає, що методика проведення аудиту не повинна залежати ні від виду продукції, що випускається підприємством, ні від технології, що застосовується. Ця методика також не повинна залежати від структури обстежуваного підприємства.

Методика проведення аудиту має ґрунтуватися на певному стандартному (типовому) алгоритмі, що, по-перше, забезпечить якомога ефективнішу роботу самого аудитора (не треба «винаходити велосипед» – що, як і в якій послідовності обстежувати, просто треба швидко виконувати пункти стандартної програми), а по-друге, оскільки програма стандартна, забезпечити можливість настільки ж ефективного підключення інших аудиторів на певних (стандартних) етапах роботи.

Практично всі енергоаудити можна поділити на такі типи: експрес-енергоаудит (обхід), попередній енергоаудит (місцевий, спрощений, міні-аудит), комплексний енергоаудит (детальний, максі-аудит) [38].

Існує безліч способів проведення енергоаудиту, і вибір одного з них залежить від таких чинників:

- кваліфікація енергоаудитора;
- наявні вимірювальні пристрої (стаціонарні й переносні);
- розуміння, чого вимагає й за що готовий платити клієнт.

4.3.2 Експрес-енергоаудит

Цей тип енергоаудиту найменш витратний і дозволяє визначити загальні можливості енергозбереження. У ході аудиту проводиться візуальне обстеження об'єкту для визначення потенціалів енергозбереження за рахунок оптимізування експлуатації устаткування, так само відбувається збір інформації для визначення потреби проведення детальнішого аналізу [38].

Таким чином, експрес-енергоаудит:

- складає загальне уявлення про об'єкт енергоаудиту;
- робить загальні висновки про споживання енергії;
- дозволяє підготувати комерційну пропозицію для проведення детальнішого аналізу.

4.3.3 Попередній енергоаудит

Для проведення цього типу аудиту необхідне використання вимірювальних засобів і обладнання для тестування, щоб дати кількісну оцінку споживачів енергії та втрат, а також визначити очікуваний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів. Склавши кілька перших звітів з енергоаудиту, енергоаудитор усвідомить актуальність і важливість рекомендацій щодо економії енергії, як, наприклад, використання світильників з низьким споживанням енергії, поліпшений тепловий контроль і теплоізоляція. Після цього аудитор може легко досліджувати інші аналогічні об'єкти й визначити можливості застосування технологій енергозбереження, які він з успіхом використав. Цей технічний прийом часто використовується компаніями, які продають енергозберігаюче обладнання, для знаходження ринків збуту. Крім того, такий прийом може використовуватися «внутрішніми» енергоменеджерами компанії, у якій всі об'єкти мають подібні енергетичні проблеми. Наприклад, енергоменеджер компанії, яка володіє мережею готелів, міг би визначити перелік енергозберігаючих заходів, які можна застосувати до всіх готелів даної мережі.

Цей метод рекомендується також застосовувати професійним консультантам з енергетичних питань. Таким чином, попередній енергоаудит:

- забезпечує базове енергетичне обстеження;
- дає карту розподілу енергії;
- приділяє особливу увагу стандартним заходам щодо економії енергії;
- дозволяє визначити економічний ефект впровадження енергозберігаючих заходів.

4.3.4 Комплексний енергоаудит

Такий аудит іде на один крок далі, ніж попередній енергоаудит. У цьому випадку проводиться оцінка того, скільки енергії витрачається в кожному процесі, як, наприклад, освітлення, технологічні потреби й т. ін. Для виявлення тенденцій енергоспоживання й розроблення попередніх прогнозів на рік необхідне проведення

аналізу моделі, наприклад, комп'ютерне моделювання, що враховує різні змінні фактори (погодні умови й т. ін.).

Цей метод ґрунтується на визначенні кількості використаної енергії й порівнянні цієї величини з промисловими нормативами й теоретичним енергоспоживанням. Метод допомагає виявити потенційну економію енергії. В першу чергу доцільно підрахувати кількість енергії, спожитої всіма основними видами обладнання і порівняти цю величину із загальним енергоспоживанням на підприємстві. Виконавши цю роботу, аудитор виявляє шляхи економії енергії, засновані на модернізації обладнання, новому технічному обслуговуванні та режимі експлуатації, реструктуризації споживання енергії на об'єкті (децентралізоване електропостачання, використання альтернативних процесів виробництва, комбіноване виробництво теплової й електричної енергії та ін.). Наведена методологія дозволяє провести високоякісний енергоаудит, заснований на науковому підході, дослідженні й вимірюванні різних параметрів режимів об'єкту енергоаудиту, а також на досвіді експерта.

Таким чином, комплексний енергоаудит:

- забезпечує детальне енергетичне обстеження;
- для точного визначення енергоспоживання використовує такі прийоми, як регресійний аналіз і енергетичний баланс;
- розглядає широке коло можливостей енергозбереження, включаючи структурні зміни, такі як когенерація, децентралізація або використання альтернативних джерел енергії.

У реальному житті частіше зустрічається поєднання першого і другого методів проведення енергетичного обстеження. Такий підхід має на увазі використання складних аудиторських прийомів, але замість пошуку широкого кола можливостей економії енергії він фокусується на невеликій кількості технологій енергозбереження. Третій метод орієнтований на створення автоматизованого робочого місця енергоменеджера.

Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання. Це можуть бути лише комерційні лічильники підприємства. Деякі підприємства можуть мати велику мережу додаткових лічильників, і завжди існує можливість використання тимчасового переносного вимірювального обладнання.

У комерційних стосунках енергоаудитору дуже важливо дати клієнтові те, чого він хоче, але не більш того, за що він бажає заплатити. На додаток до загального обсягу наданої клієнту необхідної інформації аудитор також повинен враховувати те, яким чином ця інформація повинна бути представлена. Здійснюючи енергоаудит, аудитор завжди повинен пам'ятати про те, чого потребує клієнт і про наявні ресурси (час і гроші). Ці моменти вплинуть на:

- детальність енергоаудиту;
- кількість використовуваних вимірювальних приладів;
- наголос на застосуванні певного устаткування або на заходах щодо енергозбереження;
- розподіл енергії за центрами проведення перевірки;
- види використовуваних показників роботи;
- метод розрахунку енергоспоживання.

4.3.5 Виробнича система як об'єкт енергоаудиту

Будь-яку виробничу систему можна розбити на три основні складові:

- підсистема вироблення енергії (котел, компресор, помпа, електричний двигун або генератор);
- підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії (трубопроводи, кабельні або повітряні лінії, ремінні передачі);
- навантаження, тобто елемент, заради якого працює все інше. Таким останнім може бути деякий технологічний процес, де використовується вироблене тепло, або це може бути вентилятор, що обертається електричним двигуном через систему передач.

Цей рисунок ілюструє основні компоненти всієї виробничої системи або установки. Методика визначення можливостей економії енергії, особливо економії, яка не вимагає витрат або яка потребує їх найменшої кількості, полягає в оцінці навантаження або втрат у навантаженні з подальшою оцінкою мережі розподілу. Внесення технічних змін безпосередньо в підсистему вироблення енергії часто вимагає значних інвестицій [38].

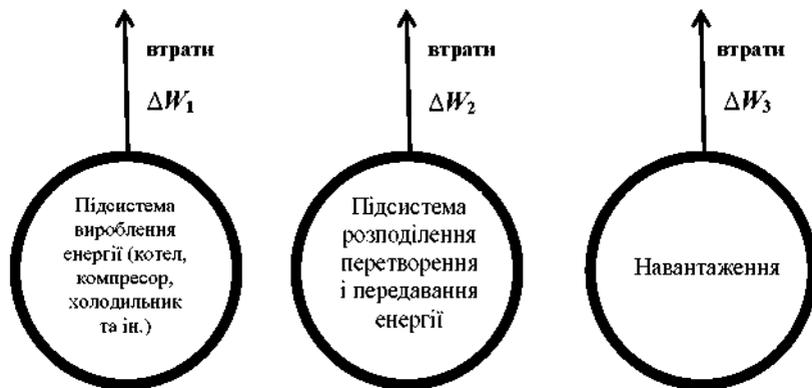


Рисунок 4.2 – Елементи виробничої системи

Втрати енергії (ΔW_1 , ΔW_2 , ΔW_3) присутні у всіх компонентах системи, однак, вартість усунення цих втрат з різних елементів системи, як правило, дуже різняться. Розмірковуючи про можливості енергопостачання, необхідно підходити до таких систем комплексно. Дуже мудро почати розгляд не спочатку (заміна електродвигуна або компресора обійдеться недешево!), а з кінця, як правило, найдешевші можливості економії приховані саме в навантаженні. Наприклад, не варто змінювати нехай і не найсучасніший, але працюючий компресор холодильної камери з численними витокami холодного повітря з неї. Спочатку потрібно усунути ці витокi з камери (це практично нічого не буде коштувати, і тому фінансова ефективність цієї операції буде величезною). Потім потрібно усунути втрати із підсистеми розподілу, перетворення і передачі, і лише після того, як це буде зроблено, можна буде розглянути можливості усунення недоліків підсистеми вироблення енергії або заміни її новою [38].

Перелічимо найбільш типові енергетичні установки і виробничі системи:

- котли;
- сушильне устаткування;
- устаткування технологічних ліній для подачі тепла;
- опалення приміщень і водопостачання;
- різання, подрібнення матеріалів;

- плавлення;
- відлив;
- холодильні установки;
- стиснене повітря;
- вентиляція;
- освітлення;
- помпи;
- інше устаткування з електроприводом.

Основна увага повинна приділятися найенергоємнішим виробничим системам, що, як правило, характеризуються такими показниками:

- високими або низькими температурами (у порівнянні з температурою навколишнього повітря);
- інтенсивністю виробництва;
- високим рівнем споживання води, пари, стисненого повітря і т. ін.

Зазвичай, економія енергії безпосередньо пов'язана з відповідями на такі запитання:

- *Чи виправдане навантаження даної установки?* (Приклади: помпа працює цілий рік, а її робота реально потрібна лише протягом 8 годин на добу; недбале ставлення користувача системи до своїх обов'язків; незадовільна робота або відсутність керування).
- *Чи можна забезпечити навантаження використанням іншої системи?*

Приклади: деревний пил транспортується на велику відстань за допомогою стисненого повітря. Можна запропонувати використання механічного транспорту (наприклад, шнекового конвеєра) як альтернативний варіант. Пневмоінструмент може бути замінений на інструмент з електроприводом. Що в даному випадку більше підходить: конвективний чи променевий теплообмін, водяне чи випарне охолодження і т. ін.

- *Чи можна знизити навантаження?* Приклади: втрати тепла можна зменшити шляхом удосконалення теплової ізоляції і зменшення потоку повітря, яке вентилює робоче приміщення. Навантаження компресора можна зменшити, використовуючи пневмоінструмент, що не має витоків повітря, скоротивши час роботи з цим інструментом;

ліквідувати недбале ставлення користувача до своїх обов'язків, незадовільну роботу або відсутність пристроїв автоматичного керування, поліпшуючи теплоізоляцію, оптимізуючи аеродинаміку і т. ін.

– *Наскільки великі втрати в мережі?* (Витоки стисненого повітря в системах, втрати тепла через поверхні розігрітих трубопроводів, втрати в газопроводах, зниження тиску в трубопроводах через витоки).

– *Які втрати при передачі енергії?* (Незадовільний стан ремінних передач, незадовільне або відсутнє змащування).

– *Наскільки потужність продуктивної системи відповідає навантаженню?* (Робота систем великої потужності з малим навантаженням характеризується низькою ефективністю; потужність системи було розраховано на інше навантаження, якщо потужність системи занадто мала, це знижує термін експлуатації системи і може бути джерелом небезпеки.)

– *Наскільки добре система обслуговується?* (Запилені фільтри, брудна поверхня теплообмінників значно знижують ефективність роботи системи).

– *Який рівень підготовки персоналу, інженерів, керівництва цехом і всім підприємством?*

– *Чи контролюється робота допоміжного устаткування?* (При вимиканні котла або холодильної установки через нульове навантаження допоміжні насоси і вентилятори іноді можуть бути також вимкнені).

– *Чи можлива рекуперація тепла для даної системи або тепла, що виробляється даною системою?* (Використання тепла компресорів і холодильних установок для систем гарячого водопостачання). Шляхом ретельного аналізування всіх перерахованих вище аспектів для кожної установки і системи можна досягти високих результатів з економії енергії, навіть якщо деякі з них здаються на перший погляд неефективними.

– *Наскільки добре система обслуговується?* (Запилені фільтри, брудна поверхня теплообмінників значно знижують ефективність роботи системи).

– *Який рівень підготовки персоналу, інженерів, керівництва цехом і всім підприємством?*

– *Чи контролюється робота допоміжного устаткування?* (При вимиканні котла або холодильної установки через нульове навантаження допоміжні насоси і вентилятори іноді можуть бути також вимкнені).

– Чи можлива рекуперация тепла для даної системи або тепла, що виробляється даною системою? (Використання тепла компресорів і холодильних установок для систем гарячого водопостачання). Шляхом ретельного аналізування всіх перерахованих вище аспектів для кожної установки і системи можна досягти високих результатів з економії енергії, навіть якщо деякі з них здаються на перший погляд неефективними.

4.3.6 Вимоги до енергетичного аудитора

Кваліфікація, яка визначається:

- освітою (належна теоретична підготовка на рівні інженера);
- підготовкою в галузі аудиту;
- практичним досвідом у сфері енергоефективності;
- тим, що аудитор повинен бути скоріше фахівцем широкого профілю, а ніж вузьким фахівцем;
- комунікабельністю (уміння працювати з керівництвом підприємства і з інженерно-технічними працівниками);
- умінням складати звіти.

Вміння, яке визначається наступними видами діяльності:

- збирання ключових даних щодо споживання енергії; створення карти її споживання;
- складання переліку можливостей економії;
- оцінка термінів окупності;
- реалізація програм енергозбереження;
- впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Професійні знання:

- принципу роботи енергогенеруючих установок (генераторів, котлів; устаткування центрального опалення; місцевих ТЕЦ та ін.);
- принципу роботи енергоспоживаючих установок (холодильні установки, компресорні станції; вентиляційні та освітлювальні системи; насоси; електропривод та ін.);
- сутності технологічних процесів (сушіння; плавлення; лиття; термооброблення, випалення виробів; подача тепла на виробничі потреби; система опалення; водопостачання і водопідготвлення; різання (подрібнення матеріалів) та ін.).

4.4 Приладове забезпечення енергоаудиту

4.4.1 Основні поняття

Енергосервісній компанії під час проведення енергетичного обстеження об'єкту, а також для розроблення заходів з енергозбереження, доволі часто доводиться проводити вимірювання, вибираючи і застосовуючи для цього необхідні методи і засоби (рис. 4.3). Найчастіше проводяться вимірювання [39]:

- витрат рідини, пари, газу та споживання теплової енергії;
- кількості та якості електричної енергії;
- значень параметрів технологічних процесів, як наприклад: температури, рівня освітленості, рівня рідини, швидкості повітря, складу відпрацьованих газів, вологості і т. ін.;
- тривалості роботи устаткування, систем освітлення, моменту виникнення певних подій та ін.

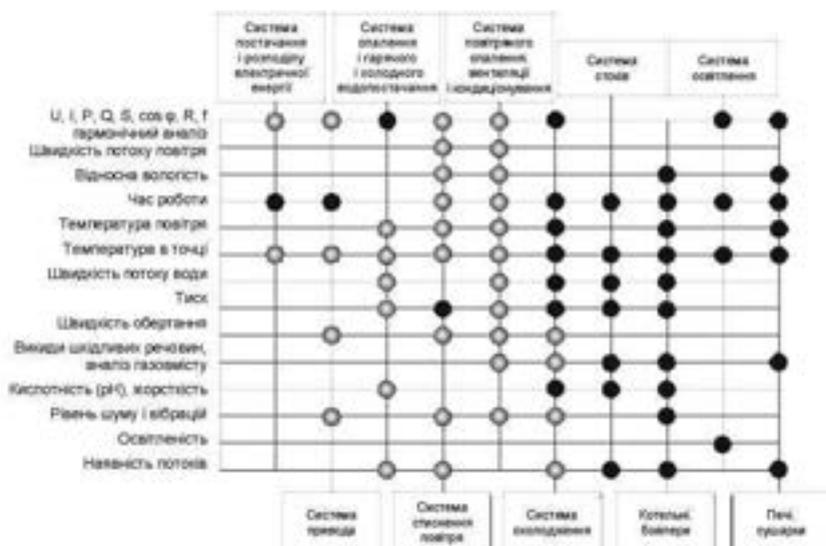


Рисунок 4.3 – Матриця вимірювань в енергоаудиті

Для виконання таких робіт існує багато засобів, які умовно можна поділити на такі групи:

- мобільні пересувні пристрої, які виконують безпосередні вимірювання необхідних параметрів;
- стаціонарні автоматизовані системи: комерційного та технологічного обліку енерговикористання; управління технологічними процесами (спрямовані суто на технологію виробництва); управління режимами енерговикористання (спрямовані на оптимізацію енерговикористання без погіршення якості виробництва);
- непрямі засоби, які дозволяють визначити значення необхідних параметрів у разі їх недоступності для вимірювання, через інші параметри.

Розглянемо основні терміни та означення.

Вимірювання – визначення числового значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Принципи вимірювань – сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань.

Методи вимірювань – фізичні явища, на яких засноване вимірювання.

Засіб вимірювання – технічний пристрій, який використовується для вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Витрата – кількість речовини, що проходить через переріз трубопроводу за одиницю часу. Витрата вимірюється витратомірами.

Витрата рідини, яка вимірюється в одиницях об'єму, називається об'ємною витратою (Qt , наприклад, $\text{м}^3/\text{с}$), а в одиницях маси – масовою (Mt , $\text{кг}/\text{с}$). Зв'язок між ними $Mt = Qt \cdot \rho$ (де ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$) – густина рідини). Об'єм рідини, як правило, не є показником кількості речовини, оскільки для однієї і тієї самої кількості рідини він залежить від температури і тиску (або питомого об'єму), тому об'ємну витрату відносять до певних фіксованих (нормальних) умов. Для промислових вимірювань вважають нормальними умовами температуру $t_n = 20^\circ\text{C}$ і тиск $p = 101\text{--}325$ Па.

Вимірювання кількості речовини (енергії) здійснюється інтегруванням витрати за визначений інтервал часу. Призначені для цього прилади називаються лічильниками.

Вимірювальні пристрої – це пристрої, за допомогою яких вимірювана інформація передається і відображається у зручній для

обробки формі. В енергоаудиторській практиці широко використовуються різні витратоміри і лічильники.

Діапазон вимірювань приладу може бути означений як ефективний або повний діапазон вимірювань. Цей параметр визначає межі вимірювань, у яких даний вимірювальний прилад здатний працювати із зазначеними похибками і достовірним відображенням результатів. Наприклад, якщо який-небудь вимірювальний прилад здатний вимірювати витрату потоку в межах від мінімального рівня 1,25 кг/с до максимального – 12,5 кг/с, то повний діапазон або діапазон вимірювань дорівнюватиме 10:1. Зазвичай для витратомірів, наприклад турбінних, у паспортах наводяться декілька значень витрат:

- $Q_{\text{макс}}$ – найбільша витрата, за якої лічильник може працювати короткочасно, наприклад, не більше години на добу, зберігаючи при цьому метрологічні характеристики;

- $Q_{\text{ном}}$ – номінальна витрата – зазвичай дорівнює половині найбільшій; з такою витратою лічильник може працювати безперервно протягом терміну служби;

- $Q_{\text{мін}}$ – найменша витрата, за якої і вище якої похибка нормується класом точності, а нижче похибка не нормується.

Похибка характеризує якість вимірювального приладу та «достовірність» його показань. Виробники приладів подають похибку своїх вимірників одним з двох способів:

- відносною похибкою приладу, тобто значенням відношення допустимої абсолютної похибки до вимірюваного значення. Наприклад, якщо прилад з похибкою $\pm 4\%$ показує витрати 6,75 кг/с, то дійсна витрата лежить в межах від 6,48 до 7,02 кг/с, тобто в межах $6,75 \pm 0,04 \cdot 6,75$;

- зведеною похибкою приладу – значенням відношення допустимої абсолютної похибки до верхньої межі шкали приладу (ВМП). Якщо вимірник має похибку $\pm 4\%$ ВМП, а сама ВМП становить 12,5 кг/с, то за фіксованої вимірником витрати 6,75 кг/с дійсне значення витрати лежить в межах від 6,25 до 7,25 кг/с, тобто в межах $6,75 \pm 0,04 \cdot 12,5$.

Основною похибкою засобу вимірювань називається його похибка за нормальних умов використання.

Додаткова похибка – похибка засобу вимірювальної техніки, що виникає додатково через відхилення хоча б однієї з величин, які спричиняють певний вплив, від нормального значення.

Вимірювальні прилади характеризуються *класом точності* – узагальненою характеристикою засобу вимірювань, яка зумовлена межами допустимих основних і додаткових похибок, а також іншими властивостями засобів вимірювань, які впливають на точність, і значення яких встановлюють у стандартах на окремі види засобів вимірювань.

Користувачі повинні з'ясувати, який із зазначених видів похибок використаний для конкретного вимірювального приладу, оскільки це істотно впливає на інтерпретацію показів витратоміра.

Відтворення результатів вимірювального приладу. Під цим розуміють його спроможність давати однакові покази для ідентичної витрати потоку, що вимірюється, при двох або декількох послідовних вимірюваннях.

Непрямі вимірювання. Непряме вимірювання – це вимірювання під час якого вимірюване значення знаходять, ґрунтуючись на відомих залежностях між цим значенням і величинами, які безпосередньо вимірюються. Іноді дешевше вимірювати, наприклад, споживання води замість споживання палива, яке витрачено на нагрівання води (зі збереженням прийнятної точності результатів). Така ситуація може виникнути, якщо неможливо виправдати організацію вимірювань витрати пари очікуваними вигодами. Це може мати місце в тих випадках, коли витрати на енергію на об'єкті малі або коли вимоги до діапазону вимірювань такі, що система вимірювання витрати пари стає дуже дорогою. Звичайно паливні витратоміри (наприклад, витратоміри нафтопродуктів, газові лічильники, лічильники електроенергії) дешевші, ніж вимірювачі енергії на подальших етапах її перетворення, наприклад пароміри. Вимірювання витрати води простіше ніж пари, тому, наприклад, практичнішим може бути вимірювання витрати води, яка проходить через калорифер і вимірювання збільшення температури у калорифері ніж безпосереднє вимірювання витрати пари. У деяких випадках споживання енергії можна оцінити на підставі дешевих вимірювачів тривалості роботи устаткування (наприклад, споживання електроенергії повітряним компресором) [39].

4.4.2 Вимірювання параметрів електричної енергії

Для визначення параметрів електроенергії можуть застосовуватися такі типи вимірювальних приладів:

- амперметри, вольтметри, фазометри, ватметри, варметри та ін.;
- лічильники електроенергії.

Також існує багато типів комплексних приладів, які дозволяють здійснювати вимірювання і реєстрацію струму, напруги, активної та реактивної потужності тощо. Необхідно пам'ятати про існування такого інструменту як автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ). Хоч проведення вимірювання параметрів електроенергії може, на перший погляд, здатися легкою справою, ймовірність зробити помилку при їх проведенні дуже велика. Усі показники режиму електричних установок базуються на вимірюванні двох визначальних параметрів – струму та напруги, а для кіл змінного струму ще й кута фазового зсуву між напругою і струмом (рис. 4.4). Багато виробників розробили прилади для проведення одного або кількох згаданих визначальних та похідних від них параметрів – потужності (активної і реактивної), електричної енергії.

Найвідомішим методом вимірювання електричного струму є вимірювання з використанням давача або трансформатора струму (ТС). ТС розташовують на кабелях живлення навантажень, наприклад, двигунів або освітлювальних мереж, як у ввідних пристроях з виведенням інформації на панелі приладів для вимірювання навантаження, так і безпосередньо на навантаженні (в ввідних коробках). Вторинні кола ТС приєднуються до амперметра, ватметра або лічильника. Вимірювання струму з використанням ТС є найпоширенішим. Цим пояснюється широка номенклатура існуючих ТС. Достатньо широко поширені ТС тороїдальних конфігурацій. Ці ТС є досить надійним та недорогими. Тороїди зазвичай є економічнішими у порівнянні з ТС у формі струмових кліщів. Обидва типи ТС працюють з достатньо високою точністю. Для достатньої безпеки більшість виробників стандартизували ТС, які обладнані внутрішніми шунтувальними резисторами. В таких ТС сигналом, пропорційним значенню струму в первинній обмотці є спад напруги на шунтувальному резисторі. Напругу звичайно вимірюють вольтметром,

прямим приєднанням його до джерела енергії. Для вимірювання в мережах високої напруги застосовуються вимірювальні трансформатори, які понижують вимірювані напруги до відносно малих стандартизованих значень. Вольтметри та обладнання, яке вимірює потужність, приєднують до вторинних кіл таких трансформаторів дозволяє визначати повну потужність (ВА).



Рисунок 4.4 – Схема вимірювання параметрів електричної енергії

Для отримання активної потужності, за відомою повною, необхідно помножити повну потужність на $\cos\phi$. Електричне навантаження, що є резистивним за своєю природою, наприклад у лампах розжарювання та опалювальних пристроях має коефіцієнт

потужності який дорівнює одиниці, отже, значення активної та повної потужності є однаковими.

Електричне навантаження у флуоресцентних лампах та двигунах має коефіцієнт потужності, який не дорівнює одиниці, а отже активна потужність не дорівнює повній. Приймаючи їх рівність при розрахунках, можна отримати помилку понад 40 %.

Особливо обережно слід підходити до використання вимірювання струму як заміни вимірювання потужності для аналізу роботи двигуна. Проблема полягає в тому, що струм не є прямою функцією навантаження. Коефіцієнт потужності у електродвигунах змінюється залежно від навантаження. Існування недовантажених двигунів на промислових підприємствах є скоріше нормою, ніж винятком та спричиняє завищене споживання енергії і коефіцієнт потужності. Буде помилковим для вимірювання потужності двигуна покладатися лише на вимірювання струму.

Якщо припустити, що двигун завантажений на 65 %, а дійсне навантаження складає 50 %, то лише у коефіцієнті потужності помилка складе 15 %. При підрахуванні навантаження двигуна, ефективності його роботи та коефіцієнту використання помилка швидко акумулюється. Зміни напруги системи також суттєво впливають на характеристики роботи двигуна, за умови його роботи з постійним моментом на валу. Наприклад, номінальна напруга 90 % вказаної у паспорті двигуна призводить до зростання струму на 11 % та до збільшення на 1 % коефіцієнту потужності.

Напруга у 110 % від номінальної призводить до зниження струму на 7 % та до зниження на 3 % коефіцієнту потужності. Для отримання даних щодо потужності двигуна рекомендується використовувати загальновідому інженерну практику використання цифрової вибірки сигналів струму та напруги.

Вимірювання активної потужності зазвичай здійснюється з використанням ватметрів (приладів, які визначають потужність через вимірювання напруги та струму). Прилади, які вимірюють кількість спожитої електроенергії називаються лічильниками електричної енергії, які являють собою інтегрувальні прилади.

Лічильники поділяються на індукційні (або електромеханічні) та електронні й існують у моделях для одно- і трифазної мережі.

Як правило, всі електронні лічильники мають імпульсний вихід, на якому число імпульсів пропорційне кількості пропущеної через лічильник енергії (на ринку є універсальні перетворювачі обертів диска індукційного лічильника в послідовність імпульсів, які легко інтегруються в моделі лічильників без імпульсного виходу).

Якщо лічильник вимірює активну й реактивну енергію у двох напрямках, то в нього повинні бути 4 імпульсних виходи або канали обліку.

При правильному виборі ТС, похибка показів лічильника електроенергії може сягати приблизно 0,1%. Значення первинного струму ТС повинні бути якнайближчими до значення робочого струму мережі, в яку встановлюється ТС, оскільки при зниженні струму у вимірюваному колі нижче рівня 20% від номінального струму похибка ТС сильно зростає [39].

4.4.3 Вимірювання параметрів теплової енергії

Для контролю гарячої води, яка має високу температуру, (або гарячої води, яка має низьку температуру, для потреб гарячого водопостачання) рекомендується використовувати теплотічильник. Вимірювання лише однієї змінної – витрати, температури підведеної води або перепаду температур – може розглядатися лише в тих випадках, коли інші змінні залишаються сталими, й повний обсяг вимірювань не може бути виправданим. Надійні дані особливо важливі при вимірюванні продуктивності котельні або у випадку імпорту або експорту послуг. Тепломіри забезпечують пряме вимірювання кількості енергії, яка переноситься потоком. Для побутових і офісних застосувань теплоносієм звичайно виступає гаряча вода, що використовується для опалення приміщень, однак промислові застосування допускають використання для перенесення тепла дуже гарячих мастил або рідин на одному кінці температурного діапазону й охолодженої води або розсолу вторинного холодоагенту на іншому кінці цього діапазону.

Для вимірювання теплової енергії пари може бути необхідне вимірювання витрат (напр., витрат пари або конденсату), тиску пари, температури пари та температури живильної води котла, де енергоємність

пари підраховується з використанням таблиць з даними для пари. У випадках з постійним обсягом вироблення пари можна обійтися вимірюваннями витрат пари або конденсату (за сталих тиску і температури пари та тиску і температури живильної води котла).

Теплолічильник (рис. 4.5) містить витратомір, придатний для вимірювання витрати теплоносія, і датчі температури, необхідні для вимірювання різниці температур між лінією, що подає і зворотною лінією. Тепловий потік розраховується шляхом інтегруванням вимірюваних величин, з врахуванням через введену в нього константу властивостей конкретного теплоносія. Оскільки різниця температур може бути малою, точність вимірювання температури повинна бути високою.

Теплообчислювач призначений для розрахунку кількості спожитої теплової енергії та інших параметрів теплоспоживання в складі теплолічильників, забезпечених одним або двома витратомірами і двома термометрами опору. Отримання інформації з теплолічильника може здійснюватися за допомогою вбудованого індикатора і двох кнопок, через вбудований ІЧ-порт, інтерфейс RS-232, а також через локальну інформаційну мережу, побудовану на основі шини MBUS чи інтерфейсу RS-485.

У загальному випадку теплообчислювач забезпечує безперервне вимірювання наступних параметрів теплоспоживання:

- кількості теплової енергії в ГДж, спожитої за весь час роботи теплолічильника після останнього обнулення теплообчислювача;
- об'єму теплоносія в м³, який пройшов через витратомір теплолічильника за весь час його роботи після останнього обнулення;
- температури теплоносія в подаючому трубопроводі в °С;
- температури теплоносія в зворотному трубопроводі в °С;
- різниці температур теплоносія в подаючому і зворотному трубопроводах в °С;
- середньої теплової потужності в ГДж/год, обчисленої за останні 10 хв.

Параметри теплоспоживання і споживання додаткових входів можуть бути прочитані будь-яким з способів знімання даних (з індикатора, через ІЧ-порт, інтерфейси RS-232 та RS-485, по шині MBUS). Два імпульсних виходи призначені для видавання вимірянних значень теплової енергії і об'єму теплоносія у вигляді імпульсів заданої ваги на вторинні прилади обліку, наприклад, на механічні інтегратори [39].

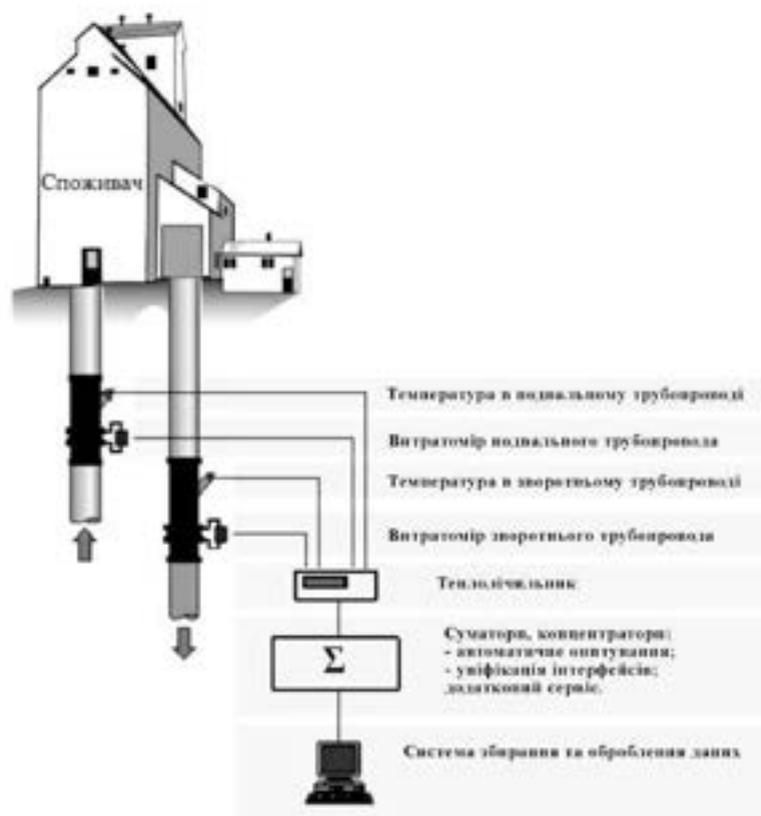


Рисунок 4.5 – Система збирання інформації і вимірювання теплової енергії

4.5 Оцінка витрат та розрахунок економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів

4.5.1 Заощадження первинних і вторинних енергоресурсів

Одна з найважливіших (але якою часто нехтують) особливостей звіту з енергоаудиту – це відмінність між економією первинної і вторинної енергії.

Ці особливості полягають в наступному.

Заощадження палива шляхом економії вторинної енергії.

Економія вторинної енергії впливає на споживання первинної. Найпростіший шлях обчислення економії первинної енергії – поділити розмір економії вторинної енергії на коефіцієнт перетворення (електростанції або котла). Іноді економія вторинної енергії здійснює негативний вплив на завантаження заводу і впливає на розподіл втрат (зниження рівня споживання пари також може скоротити її миттєві втрати в резервуарах збирання конденсату).

Ефект від заміни палива. Заміна одного палива іншим зазвичай проводиться у випадках, коли є можливість придбати інше паливо за нижчою вартістю на одиницю вмісту енергії. Фінансовий розрахунок заощаджень повинен також враховувати можливість зміни витрат на ремонт обладнання. Крім того, заміна палива може змінити коефіцієнти перетворення.

Регенерація теплоти. Якщо потоки енергії отримуються з регенеруючих систем або виводяться як побічний продукт систем перетворення енергії (теплота низької температури виділяється з системи когенерації), економія в цих енергопотоках не обов'язково є результатом збереження первинної енергії. Наприклад, якщо гаряче водопостачання проводиться системою когенерації, яка в іншому випадку викинула б цю теплоту в атмосферу, тоді економія гарячої води не зберігає первинне паливо, на якому працює система когенерації. Навпаки, якщо теплота низької температури з установки когенерації забезпечує тільки частину необхідного запасу теплоти, а інша частина поповнюється електричним опалюванням, тоді економія гарячої води відіб'ється на заощадженні електроенергії.

4.5.2 Життєздатність проекту

Одне із найчастіших заперечень рекомендаціям енергоаудитора – це те, що рекомендації в запропонованому проекті не врахували інші життєво важливі, але такі, що не стосуються енергозбереження, питання.

Приклади зауважень щодо життєздатності проекту:

- ефективність енергозбереження;
- аналіз цінової чутливості;

- вплив на виробничий процес;
- доступність палива;
- вимоги з техніки безпеки;
- законодавство про охорону навколишнього середовища;
- необхідність в додатковому навчанні персоналу;
- нормативи підприємства.

4.5.3 Оцінка витрат

Обчислення капітальної вартості проєкту з енергозбереження – це ключовий момент звіту. Невірно оцінені витрати можуть легко підірвати довіру до звіту в цілому. Зазвичай причина недооцінки витрат викликана не власне недооцінкою витрат, а упущенням загальної вартості компонентів [38].

Типові приклади компонентів, які слід включити в розрахунок загальної вартості енергозберігаючого проєкту (даний список не є вичерпним):

- вартість закупівлі енергозберігаючого обладнання;
- закупівельна вартість допоміжного обладнання (а саме, регуляторів, інструментів, захисного обладнання, обхідних пристроїв);
- витрати на доставку (митні формальності і установка обладнання);
- страхування;
- витрати на ізоляцію;
- тестування і введення установки в промислову експлуатацію;
- виплати за консультації;
- витрати на цивільне будівництво;
- витрати на переміщення виробничого обладнання;
- діяльність, необхідна для виконання вимог техніки безпеки;
- перебудова каркаса будівлі, зумовлена встановленням нового обладнання;
- перевірка ліцензування/сертифікації/страхування;
- навчання персоналу;
- вартість втраченої продукції.

Типові джерела оцінки витрат:

- прайс-листи на обладнання;

- публікації з оцінки витрат;
- вартість обладнання;
- витрати на оплату праці;
- загальні середні витрати (а саме, на 1 м², на 1 кВт встановленої потужності);
- бюджетні витрати постачальників/монтажників;
- розцінки постачальників/монтажників;
- інформація про вартість попередніх впроваджених проектів.

Способи визначення вартості можуть бути взяті з різних джерел. Найнадійнішим з них є особистий досвід виконання аналогічного проекту у минулому, але навіть у такому випадку слід обережно ставитися до чинників, які можуть викликати значну цінову різницю в двох аналогічних проектах. Наприклад, встановлення електронного контрольного обладнання на нафтохімічному заводі може коштувати набагато дорожче, ніж аналогічна установка на пивоварному заводі, внаслідок необхідності використовувати обладнання, яке сертифіковане для використання у вибухонебезпечному середовищі.

4.5.4 Основні економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів

При здійсненні аналізу ефективності проекту використовують наступні показники:

Сума інвестицій – це вартість початкових грошових вкладень у проект, без яких він не може здійснюватись. Ці витрати мають довгостроковий характер. За період функціонування проекту протягом його “життєвого циклу”, капітал, вкладений у такі активи, повертається у вигляді амортизаційних відрахувань як частина грошового потоку, а капітал вкладений в оборотні активи, в тому числі в грошові активи, по закінченню “життєвого циклу” проекту має залишатися у інвестора у незмінному вигляді й розмірі. Сума інвестицій у фінансові активи являє собою номінальну суму витрат на створення цих активів;

Грошовий потік – дискontований або недискontований дохід від здійснення проекту, який включає чистий прибуток та амортизаційні відрахування, які надходять у складі виручки від реалізації

продукції. Якщо у завершальний період “життєвого циклу” проекту підприємство-інвестор одержує кошти у вигляді недоамортизованої вартості основних засобів і нематеріальних активів та має вкладення капіталу в оборотні активи, вони враховуються як грошовий потік за останній період.

Чиста поточна вартість – Net Present Value (NPV). Це один з основних критеріїв доцільності проекту. У літературі зустрічаються й інші його назви: чиста приведена вартість, чиста приведена цінність, дискontовані чисті вигоди. NPV являє собою дискontовану цінність проекту (поточну вартість доходів або вигід від вкладених інвестицій). Чиста теперішня вартість проекту – це різниця між величиною грошового потоку, дискontованого за прийнятної ставки доходності і сумою інвестицій. Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дискontу, використати її для дискontування потоків витрат та вигід і підсумувати дискontовані вигоди й витрати (витрати зі знаком мінус). При проведенні фінансового аналізу ставка дискontу звичайно є ціною капіталу для фірми. В економічному аналізі ставка дискontу являє собою закладену вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути одержаний при інвестуванні найприбутковіших альтернативних проектів.

Якщо NPV позитивна, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо NPV дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу. Якщо NPV менша нуля – проект не приймається.

Розрахунок чистої поточної вартості грошових потоків здійснюють за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^{PB} CF_t / k_R - IC, \quad (4.1)$$

де $\sum CF_t$ – грошові потоки (Cash Flow) або ЕВІТДА (аналітичний показник прибутку до вирахування витрат за відсотками, сплати податків та амортизаційних відрахувань) за розрахунковий період проекту $PB = t$ (1...n років);

IC – інвестиції в проект (моментальний віддік коштів);

$k_R = 1/(1 + R : 100)^t$ – коефіцієнти дискontування за періоди проекту t ;

R (%) – ставка дискontування, що складається з трьох складових:

- відсоткова ставка на позикові кошти – винагорода, яку отримав би кредитор, якби надав у користування на певний строк певну суму коштів (інколи приймається, як середня річна облікова ставка рефінансування НБУ);
- відсоткова ставка кредитного ризику, який враховує кредитор у разі неповернення позиченої суми;
- очікувана процентна ставка інфляції.

Основна перевага *NPV* полягає в тому, що всі розрахунки проводяться на основі грошових потоків, а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом підсумовування *NPV* його окремих підпроектів. Це дуже важлива властивість, яка дає змогу використовувати *NPV* як основний критерій при аналізі проекту.

Основним недоліком *NPV* є те, що її розрахунок вимагає детального прогнозу грошових потоків на термін окупності проекту. Часто робиться припущення про постійність ставки дисконту.

Термін окупності інвестицій Payback Period (PBP) – це час, протягом якого грошовий потік, одержаний інвестором від втілення проекту, досягає величини вкладених у проект фінансових ресурсів. Один із найбільш часто вживаних показників оцінки ефективності капітальних вкладень. На відміну від показників, які використовуються у вітчизняній практиці, показник «термін окупності капітальних вкладень» базується не на прибутку, а на грошовому потоці з приведенням коштів, які інвестуються в інновації та суми грошового потоку до теперішньої вартості. Критерій прямо пов'язаний з відшкодуванням капітальних витрат у найкоротший період часу і не сприяє проектам, які дають великі вигоди згодом. Він не може слугувати за міру прибутковості, оскільки грошові потоки після терміну окупності не враховуються.

Простий термін окупності розраховується за формулою:

$$PB = IC : \sum_{t=1}^{tB} CF_t + PC, \quad (4.2)$$

де *PC* – строк створення (будівництва) об'єкта.

Дисконтований термін окупності розраховується за формулою:

$$DPB = IC : \sum_{t=1}^{DPB} CF_t / k_R + PC, \quad (4.3)$$

Внутрішня норма рентабельності – Internal Rate of Return (IRR). В літературі зустрічаються різні назви: внутрішня ставка рентабельності, внутрішня ставка доходу, внутрішня норма прибутковості. Це рівень ставки дисконтування, при якому чиста приведена вартість проекту за його життєвий цикл дорівнює нулю. *IRR* проекту дорівнює ставці дисконту, при якій сумарні дисконтовані вигоди дорівнюють сумарним дисконтованим витратам, тобто *IRR* є ставкою дисконту, при якій *NVP* проекту дорівнює нулю. *IRR* дорівнює максимальному проценту за позиками, який можна платити за використання необхідних ресурсів, залишаючись при цьому на беззбитковому рівні. Розрахунок *IRR* проводиться методом послідовних наближень величини *NPV* до нуля при різних ставках дисконту. Розрахунки проводяться за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^{DPB} CF_t / k_{IRR} - IC = 0, \quad (4.4)$$

де $k_{IRR} = 1/(1 + IRR : 100)^t$ – коефіцієнти дисконтування при яких *NVP* = 0.

Індекс прибутковості – один з важливих показників ефективності проекту. У разі $PI > 1$ підтверджується ефективність проекту і демонструється запас його фінансової міцності. Індекс прибутковості розраховується по формулі:

$$PI = \sum_{t=1}^{DPB} CF_t / k_R : IC, \quad (4.5)$$

4.5.5 Екологічна оцінка проєктів

Енергоефективні заходи на стороні споживача здійснюють прямий вплив на викиди через всю енергосистему. Викиди від системи виробництва енергії викликані спалюванням викопних видів палива (нафта, природний газ і т. д.). Найбільш розповсюдженими забруднюючими компонентами, виділених із цих палив, є:

CO₂ – вуглекислий газ – не отруйний газ. Нешкідливий для життя і навколишнього середовища при нормальній концентрації в атмосфері, але вважається одним із основних газів, що впливають на зміну клімату.

SO₂ – двоокис сірки – газ, що виділяється при спалюванні палива, і впливає на навколишнє середовище на місцевому і глобальному рівнях. Величина викидів залежить від вмісту сірки у паливі, що використовується і якості встановленого обладнання.

NO_x – окиси азоту – загальне позначення азотовмісних компонентів (в основному NO і NO₂). Отримуються в результаті процесу горіння.

При розрахунку обсягів викидів шкідливих речовин використані питомі коефіцієнти викидів парникових газів, які представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Питомі коефіцієнти викидів парникових газів

Енергоносії		KCO ₂ (г/кВт·год)
Горючі корисні копалини	- Тверді	350
	- Скраплені	290
	- Газоподібні	220
Біологічне паливо	- Тверде	40
	- Скраплене	70
	- Газоподібне	100
Електрична		420
Централізоване опалення		260

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» робота щодо реалізації енергоефективних заходів у будівлях не потребує повномасштабної екологічної оцінки, достатньо виконати пом'якшуючі заходи, що дозволить зменшити негативний вплив на довкілля та здоров'я людини.

До основних пом'якшуючих заходів відносяться дії, що пов'язані з: запобіганням травмування та нещасних випадків робітників; утворенням відходів, в тому числі таких, що можуть і мають бути використані в якості вторинної сировини; захистом рослинного покриву та ґрунтів; впливом пилу; негативним впливом від посилення транспортного руху; зберіганням будівельних матеріалів; шумовим впливом.

4.6 Висновок

Енергетичний аудит – процедура для виявлення можливостей з підвищення енергоефективності та впровадження альтернативних та відновлюваних джерел на підприємстві. Міжнародний стандарт ISO 50002 «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення» визначає методику його проведення на будь-якому об'єкті: підприємстві, окремому виробництві, будівлі тощо.

Для повноцінного набору вхідних даних для визначення напрямків, а потім і заходів підвищення енергоефективності та розрахунку їх техніко-економічних показників необхідно проводити комплексний енергоаудит об'єкта з використанням необхідних вимірювальних приладів.

Економічна та екологічна оцінка проєктів дає можливість оцінити фінансову рентабельність та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище в результаті економії паливно-енергетичних ресурсів від впровадження.

5 АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА РОЗРОБКА СХЕМ ЗАЛУЧЕННЯ ФІНАНСУВАННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

5.1 Резюме

Розрахунок техніко-економічних показників на основі даних, отриманих в результаті енергоаудиту об'єкту є початковим етапом впровадження заходів з підвищення енергоефективності або альтернативних та відновлюваних джерел енергії. Наступними етапами будуть: отримання дозволів в органах державної влади (якщо потрібно), складання проектно-кошторисної документації, закупка обладнання, монтаж, і, нарешті, моніторинг результатів впровадження. Реалізація вищезазначених етапів потребує виділення значних додаткових фінансових коштів.

В даному розділі детально роз'яснено методику впровадження заходів з підвищення енергоефективності та альтернативних джерел енергії на підприємствах та інших суб'єктах господарювання: приведено алгоритм реалізації, найбільш поширені схеми фінансування проєктів та методику моніторингу результатів.

5.2 Алгоритм реалізації проєктів з підвищення енергоефективності

5.2.1 Етапи впровадження проєкту

Впровадження енергоефективних заходів і самого проєкту можна умовно розділити на наступні етапи:

- розробка техніко-економічного обґрунтування або бізнес-плану;
- проведення тендерних процедур для визначення проєктувальної організації, розробка проектно-кошторисної документації (ПКД);

- проведення тендерних процедур для визначення генерального підрядника на виконання будівельно-монтажних робіт;
- впровадження енергоефективних заходів;
- виконання пусконаладжувальних робіт, верифікація якості виконаних робіт, навчання персоналу об'єкту, здача будівлі в експлуатацію.

Підготовчий етап включає в себе:

- подання на розгляд концепції проекту або попереднього техніко-економічного обґрунтування;
- вибір консультанта з розробки техніко-економічного обґрунтування;
- розробка техніко-економічного обґрунтування;
- укладання кредитного договору та вирішення організаційних питань щодо реєстрації проекту згідно діючого законодавства України.

I-й етап включає в себе:

- розробка технічного завдання на проектування;
- проведення тендерних процедур для вибору проектно-організацій;
- проведення передпроектного обстеження об'єкту, розробка проектно-кошторисної документації;
- подання проектно-кошторисної документації на державну експертизу, затвердження проектно-кошторисної документації.

Зазвичай, на виконання завдань з реалізації I-ого етапу відводиться від 3-х до 6-ти місяців, у залежності від кількості та складності об'єктів та робіт, які для них передбачені.

II-й етап включає в себе:

- розробка тендерної документації для визначення генерального підрядника/управляючої компанії;
- підготовка та подача пропозицій;
- оцінка отриманих пропозицій та вибір генерального підрядника/управляючої компанії, постачальників обладнання та матеріалів.

III-й етап включає в себе:

- придбання обладнання, конструкцій, матеріалів, що мають бути сертифіковані на території України та відповідати діючим вимогам державних нормативних документів;
- виконання підготовчих, будівельних та монтажних робіт.

При складанні графіку організації виконання робіт, необхідно враховувати, що деякі роботи можуть виконуватись тільки після завершення інших.

IV-й етап включає в себе:

- проведення пуersonалагоджувальних робіт;
- перевірка якості виконання робіт з монтажу устаткування, перевірка якості робіт;
- навчання персоналу об'єктів з обслуговування встановленого обладнання та матеріалів;
- здача об'єкту в експлуатацію.

На рис. 5.1 приведений приклад плану реалізації енергозберігаючих заходів для будівель, що включає склад і зміст основних етапів робіт.

Етапи	Напрямок діяльності	Строки реалізації, місяці																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I-й	Розробка технічного завдання на проектування	■																	
	Проведення тендерних процедур для вибору проєктної організації	■																	
	Проведення передпроектного обстеження будівель та інженерних мереж, розробка проєктно-контрфактної документації		■	■	■														
	Погодження проєктно-контрфактної документації						■	■											
II-й	Розробка тендерної документації для визначення генерального підрядника управитвочої компанії							■	■										
	Проведення тендерних процедур для вибору генерального підрядника, постачальників обладнання та матеріалів. Укладання договорів							■	■										
III-й	Придбання обладнання, конструкцій, матеріалів									■	■	■							
	Виконання підготовчих та будівельно-монтажних робіт												■	■	■				
IV-й	Проведення будовналаджувальних робіт													■	■	■			
	Перевірка якості виконання робіт																■	■	
	Навчання персоналу об'єктів з обслуговування встановленого обладнання та матеріалів																	■	■
	Складання оповісного енергетичного паспорту (сертифікату) будівлі																		■
	Здача об'єкту в експлуатацію																	■	■

Рисунок 5.1 – План реалізації енергозберігаючих заходів для будівель

5.2.2 Експлуатація та моніторинг економії енергоспоживання після впровадження проекту

Процедури здачі в експлуатацію, що забезпечують коректне і ефективне функціонування, вкрай важливі при початку експлуатації будівлі. Тим не менш, умови експлуатації не залишаються незмінними протягом всього строку служби, якщо не застосовувати правильні процедури і систему Експлуатації і Обслуговування.

Після впровадження заходів, важливим є розуміння того, що для забезпечення очікуваної економії та для постійного рівня її підтримки необхідно передбачити якісне обслуговування встановленого обладнання та виробів.

Існують три головні цілі впровадження процедур експлуатації і обслуговування:

- забезпечити виконання технологічного процесу згідно регламенту (для будівель – відповідність санітарним нормам перебування людей);
- постійно підтримувати експлуатаційні затрати на мінімально можливому рівні, враховуючи затрати на енергію;
- уникати великих та дорогих ремонтів.

Для того, щоб правильно експлуатувати і обслуговувати обладнання, необхідно знати наступне: яким чином та коли установки мають експлуатуватись та обслуговуватись; а також відповідальні за цю роботу.

Детальну інструкцію з експлуатації та обслуговування обладнання та виробів має розробити та надати обслуговуючому персоналу виконавець робіт, а саме генеральний підрядник.

Своєчасне виявлення та усунення недоліків та пошкоджень, а також своєчасне та якісне обслуговування обладнання та матеріалів дозволяють забезпечити розрахункову економію ПЕР протягом всього часу експлуатації та скоротити витрати на ремонтні роботи.

В табл. 5.1 на прикладі будівлі приведено перелік мінімальних обов'язкових процедур з обслуговування встановленого обладнання та облаштування огорожувальних конструкцій.

Таблиця 5.1 – Перелік мінімальних обов'язкових процедур з обслуговування встановленого обладнання та огороджувальних конструкцій

Контроль	Заходи з контролю та обслуговування
Утеплені огороджувальні конструкції (стіни, цоколь, підлога)	Виконується візуальний контроль за цілісністю конструкції утеплювача та оздоблювальних матеріалів. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходи щодо найшвидшого їх усунення.
Покрівля	Для забезпечення надійного захисту шару пінополіуретану від ультрафіолету та атмосферних опадів протягом всього періоду експлуатації рекомендується один раз в 5 років виконувати відновлення захисного шару, шляхом нанесення «Фарбоізолу». Окрім цього виконується візуальний контроль за цілісністю конструкції утеплювача та оздоблювальних матеріалів. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходи щодо найшвидшого їх усунення.
Замінені вікна та входні двері	Виконується візуальний контроль за цілісністю та герметичністю конструкції вікон та дверей, стану ущільнюючих матеріалів, працездатність системи автоматичного доведення дверей. Один раз на рік проводяться роботи з очищення фурнітури та ущільнювачів від пилу; обробці силіконовим мастилом фурнітури та ущільнювачів; регулювання фурнітури. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходи щодо найшвидшого їх усунення.
Обладнання та мережі системи опалення	Проводиться постійний контроль за цілісністю та герметичністю трубопроводів, обладнання, запірної та регулюючої арматури; кожен день персонал об'єкту має виконувати зняття показників з контрольно-вимірювального обладнання, а саме: тиск в подавальному та зворотному трубопроводах, витрати теплоносія, температуру теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, споживання теплової енергії та інше. У разі виявлення засмічення фільтрів, виконується їх очистка або повна заміна.
Система освітлення	Щонайменше раз на рік проводиться очистка ламп та світильників від пилу.

Одним з важливих чинників з оптимізації витрат на утримання будівель є зниження витрат на оплату паливно-енергетичних ресурсів. Мета системи моніторингу споживання ПЕР – це оцінка ефективності використання фінансових ресурсів, а також оцінка можливості зниження витрат споживачів, а отже – і витрат коштів. Дієвим інструментом, що сприяє раціоналізації системи платежів за ПЕР, є розробка системи, націленої на єдиний результат та проводиться на основі даних, отриманих від споживачів ПЕР. Система управління енергозбереженням включає програму впровадження енергозберігаючих заходів, що представляє сукупність організаційно-технічних проєктів, об'єднаних спільною метою, термінами виконання та механізмом фінансування. Енергетичний моніторинг – це системні процедури щотижневої реєстрації і контролю енергоспоживання та умов експлуатації в будівлях. Порівнюючи щотижневе виміряне споживання з розрахунковим цільовим, обслуговуючий персонал може забезпечити оптимальну експлуатацію технічних установок будівлі.

Реєстрація енергії здійснюється за допомогою існуючих лічильників або нових лічильників. На підприємстві мають здійснюватися щотижневі системні процедури експлуатаційним та обслуговуючим персоналом:

- зняття показів лічильників енергії і розрахунок питомого енергоспоживання;
- реєстрація середніх показників відповідного періоду;
- порівняння цих двох значень;
- відхилення від середніх показників вказують на відхилення в роботі обладнання або невірних налаштуваннях, необхідно визначити причину, здійснити ремонт або регулювання.

5.3 Основні схеми фінансування проєктів з підвищення енергоефективності

Фінансування впровадження альтернативних джерел енергії та заходів з енергоефективності на підприємствах та в організаціях Держрезерву може проводитись з наступних джерел:

- кредитні кошти від банків та міжнародних фінансових організацій.

- цільові державні, регіональні, районні фінансові ресурси, за умови наявності регіональної (галузевої) Програми;
- кошти, які витрачаються на утримання бюджетної організації, установи, при умові наявності в кошторисі по розділу “капітальні витрати”, витрат на заходи з підвищення енергоефективності.
- кошти грантів міжнародних організацій;
- фінансові ресурси, які можливо класифікувати, як благодійні внески;

Найпоширенішим механізмом фінансування енергозберігаючих проєктів являється залучення кредитних коштів банків та міжнародних фінансових організацій.

В більшості випадків для допомоги в залученні кредитних коштів звертаються до енергосервісних компаній (ЕСКО). З ними відбувається заключення ЕСКО-контрактів (перформанс-контрактів), тобто договорів з енергосервісними компаніями.

Умови залучення енергосервісних компаній для реалізації проєктів енергозбереження такі:

- ЕСКО гарантує, що вартість заощадженої енергії буде перевищувати вартість інвестицій, необхідних для досягнення цих заощаджень (плюс прибуток ЕСКО на повернення цієї інвестиції);
- підприємство (бюджетна установа) оплачує устаткування та послуги ЕСКО протягом декількох років і тільки за рахунок коштів, які вже заощаджені в результаті скорочення споживання енергії;
- підприємство (бюджетна установа) забезпечує необхідну майнову заставу чи іншим чином гарантує виконання своїх договірних зобов'язань.

ЕСКО-механізм фінансування проєктів з енергозбереження діє за такими принципами:

- споживач енергії (замовник) не несе ніяких попередніх витрат на реалізацію енергозберігаючих проєктів;
- усі витрати на реалізацію проєкту «під ключ» бере на себе енергосервісна компанія (ЕСКО);
- усі витрати на реалізацію проєкту компенсуються за рахунок досягнутої в результаті енергозбереження економії.

При виконанні Перформанс-контракту ЕСКО пропонує споживачеві енергії – замовнику повний комплекс сервісу, пов'язаного з енергозбереженням:

- проєктний;
- інженерний;
- технічний;
- управлінський;
- фінансовий.

Результатом цього сервісу є зниження витрат на енергію шляхом підвищення ефективності її використання. Загальна схема організації проєктування фінансування заходів з енергозбереження приведена на рис. 5.2.

ЕСКО забезпечують фінансування проєктів зі своїх власних фондів, однак зазвичай вони здатні фінансувати тільки початкові стадії проєкту. Частіше роль ЕСКО – знайти та оптимізувати фінансування проєктів від лізингової компанії, інвесторів і комерційних банків.

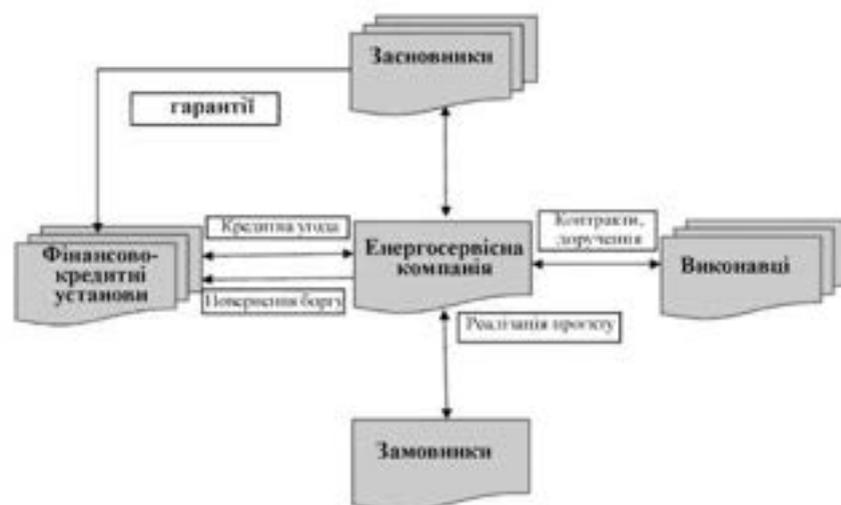


Рисунок 5.2 – Організація проєктування фінансування заходів з енергозбереження за допомогою ЕСКО

Співробітництво ЕСКО і замовника проходить у 7 стадій:

- Проведення енергоаудиту. На цій стадії ЕСКО визначає, чи буде достатньою потенційна економія для подальшого співробітництва

з замовником. Як правило, спочатку проводиться попередній аналіз, а потім, за бажанням замовника, – докладний аудит.

– Розробка енергоефективних заходів (ЕЕЗ), представлення їх у вигляді звіту за проектом, підписання перфоманс-контракта.

- Закупівля, доставка і монтаж устаткування, впровадження ЕЕЗ.
- Навчання обслуговуючого персоналу.
- Контроль, перевірка і ремонт встановленого устаткування.
- Вимірювання споживання енергії та фактично отриманої економії.
- Повернення вкладених коштів.

Переваги залучення енергосервісних компаній:

– ЕСКО вкладає свій капітал у проект, гарантує ефективну експлуатацію устаткування та забезпечує прибутковість проекту у цілому;

– ЕСКО домовляється з підприємством про умови і терміни виконання проекту «під ключ» у рамках енергосервісного контракту;

– ЕСКО гарантує виконання всіх умов та технічних параметрів, необхідних для забезпечення окреслених та обумовлених у Контракті якості.

Залежно від умов розподілу отриманої економії у формі прибутку протягом терміну дії контракту, у світовій практиці використовують наступні методи виплати витрат за енергосервісними контрактами:

Метод розподілу доходів від економії за частками (Shared Savings)

За умови використання такого методу проводиться точний підрахунок доходів від економії. Причому економія коштів визначається як різниця між витратами на забезпечення підприємства енергоресурсами і пов'язаними з цим обслуговуванням витратами на ремонт відповідного обладнання за визначений період до реалізації проекту енергозбереження та фактичними витратами на ті ж самі цілі за такий же період при умові реалізації проекту. Також заздалегідь підраховується частка кожної сторони в такому доході. В частку енергосервісної компанії включається виплата кредиту та обумовлена плата за послуги, розподілена за період дії контракту. Всі ризики недосягнення запланованої ефективності бере на себе ЕСКО. Як свідчить світовий досвід, частка замовника в доходах від економії складає близько 20 %.

Метод швидкої окупності проекту (First-Out, First Pay-Out).

За такого методу ЕСКО отримує всі 100 % доходів від економії за період виходу проектом на повну окупність впроваджених заходів. На відміну від першого методу, де заздалегідь підраховуються доходи від економії, в цьому випадку завчасно підраховуються та обумовлюються витрати на енергозберігаючі технології. В практиці може зустрічатися поєднання вищезазначених методів.

Метод гарантування економії (Guaranteed Savings, Chauffage)

За умови використання такого методу ЕСКО гарантує замовнику зменшення витрат на електроенергію. Крім впровадження проекту енергозбереження, ЕСКО також здійснює перевірку енергетичного господарства замовника. Протягом всього терміну дії контракту комунальні рахунки замовника сплачує ЕСКО. Замовник же сплачує фіксовану суму, що складає в середньому 85–90 % від виплат до проведення заходів з енергозбереження. Величина фактично наданої економії прямо не впливає на платежі замовника.

Зважаючи на те, що енергосервісний контракт включає в себе елементи різних договорів (підряду, послуг, фінансової оренди чи лізингу, поруки, кредитної угоди, угоди на проектно-пошукові роботи тощо), тобто за своєю природою є складним та багатокомпонентним контрактом, слід розглянути механізм фінансування проекту енергозбереження, в основі якого є енергосервісний контракт.

Так, якщо укладається трьохстороння кредитна угода, за якою позичальником виступає ЕСКО, а цільовим призначенням кредиту є реалізація проекту енергозбереження на об'єкті замовника, то механізм фінансування енергозберігаючих заходів буде мати вигляд зображений на рис. 5.3.

Якщо за умовою енергосервісного контракту та кредитної угоди замовник зобов'язаний відкрити розрахунковий рахунок в кредитній установі, що фінансує реалізацію проекту енергозбереження і всі розрахунки за енергоресурси, що споживаються, замовник здійснює лише з такого розрахункового рахунку, то механізм фінансування енергозберігаючих заходів буде мати вигляд як на рис. 5.4.



Рисунок 5.3 – Перший варіант кредитування проєкту енергозбереження



Рисунок 5.4 – Другий варіант кредитування проєкту енергозбереження

Договір ЕСКО-контракту повинен охоплювати визначення таких позицій:

- сторона, яка оплатить витрати на інвестиційний та енергетичний аудит у тому випадку, якщо енергоефективний проєкт не буде впроваджуватися;
- момент переходу права власності на результати виконаних робіт за енергоефективним проєктом;
- права та обов'язки сторін стосовно результату виконаних робіт у разі дострокового припинення договору на кожному етапі реалізації проєкту;
- врегулювання питання невіддільності нового обладнання від старих систем у випадку дострокового припинення договору;
- порядок залучення незалежної експертної організації у випадку суперечок між замовником і ЕСКО з питань визначення енергетичного базису, розміру витрат на впровадження, досягнення (недосягнення) економічного ефекту, отримання гарантованих обсягів;
- порядок реалізації права ЕСКО на нагляд за технологічними процесами на підприємстві замовника та експлуатацією нового обладнання, контроль формування собівартості для періодичного визначення обсягів заощадженої енергії, контроль усіх взаємовідносин з енергопостачальними організаціями;

– випадки та порядок зміни розміру гарантованих заощаджень (суттєва зміна тарифів, інфляція, зміна законодавства тощо), порядок розподілу економії, одержаної понад початково розраховану суму.

Існує також інша форма залучення ЕСКО до участі у реалізації енергоефективного проєкту, за якої ЕСКО виступає тільки як інжинірингова та консультатійна фірма і отримує сплату за свої послуги (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Варіант співпраці, коли ЕСКО виконує лише консультатійні та інжинірингові послуги

За такої схеми реалізації проєкту з енергозбереження фінансові посередники виступають як замовники для енергосервісної компанії щодо аналізу реальності бізнес-планів, які подаються банку для отримання кредиту. Крім того, ЕСКО може виконувати енергоаудит об'єктів фінансування, здійснювати інжиніринговий супровід, розробляти бізнес-плани та виконувати інші консультатійні послуги на замовлення фінансової установи.

Оплата та виконання робіт за такою схемою оформляються звичайними договорами на виконання робіт або одним генеральним договором на консалтингово-інжиніринговий сервіс для банківської установи, який укладається на певний проміжок часу і в рамках якого проводиться оплата робіт Замовником (банком) та виконання робіт Підрядником (ЕСКО).

Доцільною є схема, відповідно до якої ЕСКО виступає перед замовником та фінансовою установою як посередник і гарант,

а замовник і фінансова установа вступають у прямі відносини. Отримані замовником фінанси переводяться на рахунок ЕСКО, яка фактично буде реалізувати проєкт [38].

5.4 Висновок

Впровадження заходів з підвищення енергоефективності передбачає наступні етапи:

- отримання необхідних дозволів в органах державної влади та вирішення юридичних питань;
- розробка проєктно-кошторисної документації;
- проведення процедур закупки обладнання та матеріалів;
- монтажні та налагоджувальні роботи;
- моніторинг результатів впровадження.

Впровадження заходів з підвищення енергоефективності, зокрема альтернативних джерел енергії, потребують значних коштів, які передбачені державними або регіональними цільовими програмами далеко не всім підприємствам. Отже, найпоширенішим механізмом фінансування енергозберігаючих проєктів являється залучення кредитних коштів банків та міжнародних фінансових організацій.

В більшості випадків для допомоги в залученні кредитних коштів звертаються до енергосервісних компаній (ЕСКО), з ними відбувається заключення ЕСКО-контрактів (перформанс-контрактів). Енергосервісні компанії, при бажанні замовника, також здійснюють реалізацію енергозберігаючих проєктах на всіх етапах.

6 СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЯК НАЙБІЛЬШ ДІЄВИЙ ІНСТРУМЕНТ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ ТА СТАНДАРТ ISO 50001

6.1 Резюме

Рациональне споживання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві чи іншому суб'єкті господарювання забезпечує економію грошових коштів, що підвищує рівень фінансової стабільності та енергонезалежності, а також зменшує викиди шкідливих речовин у довкілля.

Для забезпечення стабільного раціонального енергоспоживання та підвищення рівня енергоефективності підприємства необхідний системний підхід, який полягає в створенні комплексу дій, направлених на вдосконалення вищезазначеного та умов, що максимально сприяють їх реалізації. Таким комплексом являється система енергетичного менеджменту.

В даному розділі детально розглянуто основні принципи та механізми впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві згідно міжнародного стандарту ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».

6.2 Основні терміни та поняття

Енергетичний менеджмент – це самостійний вид професійної діяльності, спрямований на зниження витрат підприємств та організацій шляхом підвищення енергетичної ефективності в результаті господарської діяльності в ринкових умовах.

Підвищення енергоефективності на підприємстві підвищує доходи підприємства і разом з тим приносить такі результати:

- заощадження коштів, що забезпечує зростання конкурентоспроможності підприємства, особливо при зростанні цін на енергоносії;
- збільшення продуктивності через удосконалення виробничих процесів, що пов'язані із способом використання енергії;
- скорочення викидів у навколишнє середовище, від чого покращується екологічний стан, а з ним – імідж підприємства.

Енергоменеджмент включає в себе набір заходів, націлених на економію енергетичних ресурсів: моніторинг енергоспоживання, розробку енергетичних бюджетів, аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів, розробку енергетичної політики, планування нових енергозберігаючих заходів.

Структурований енергетичний менеджмент функціонує в багатьох компаніях по всьому світу. Добре налагоджена система енергоменеджменту дозволяє використати перспективні заходи з підвищення енергоефективності та енергозбереження. Завдяки цьому скорочуються адміністративні витрати і підвищується конкурентоспроможність компанії.

Стандарт ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту» – міжнародний стандарт, створений ISO для управління енергосистемами, який визначає вимоги для установки, впровадження, супроводу і поліпшення системи енергоменеджменту, мета якого – дозволити суб'єктам господарювання слідувати системному підходу у досягненні послідовного поліпшення енергосистеми, включаючи енергоефективність, енергобезпеку і енергоспоживання.

Стандарт ISO 50001 заснований на методиці, розробленій Міністерством енергетики США спільно з Міністерством з охорони навколишнього середовища

Згідно стандарту ISO 50001 системи енергетичного менеджменту для підприємств базується на принципі «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» (Plan-Do-Check-Act; PDCA). Правило циклу «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» встановлює умови для постійного вдосконалення процесів або систем. Ця модель є динамічною – результати одного циклу являються основою для ще кращих результатів наступного циклу.

Цикл Шухарта-Демінга (Цикл PDCA) – відома модель безперервного покращення процесів, або циклу PDCA, застосування

якої в різних областях діяльності дозволяє ефективно управляти цією діяльністю на системній основі. Родоначальником даного циклу прийнято вважати Вільяма Шухарта. У 1931 р. він опублікував звіт про використання контрольних карт і свою першу книгу «Економічне управління якістю промислової продукції». У 1939 р. вийшла його друга книга «Статистичний метод з точки зору контролю якості».

Правило циклу «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» встановлює умову для постійного вдосконалення процесів або систем. Ця модель є динамічною – результати одного циклу являються основою для ще кращих результатів наступного циклу [40].

Схематично цикл «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» показаний на рис. 6.1.



Рисунок 6.1 – Система енергетичного менеджменту на підприємстві

Короткий опис кожного кроку циклу «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» енергоменеджменту:

– **Плануй** – встановлення цілей енергозбереження, визначення стратегії та заходів, розподіл відповідальності, забезпечення необхідними ресурсами, підготовка плану дій.

– **Виконуй** – встановлення структури менеджменту для підтримки постійних процесів, здійснення заходів щодо поліпшення (наприклад, ефективні технології/процедури).

– *Контролюй* – перевірка ступеня досягнення поставлених цілей та ефективності системи енергоменеджменту, розгляд нових ідей, що виникають при внутрішніх аудитах і, якщо необхідно, консультації із зовнішніми аудиторами.

– *Покрацуй* – стратегічна оптимізація при розгляді поточних даних з енергетики, результатів аудиту та нової інформації, оцінювання ступеня прогресу з урахуванням поточних характеристик ринку енергоресурсів, постановка нових цілей.

Стандарт ISO 50001 допомагає створити основу для інтеграції енергоефективності в практику управління підприємством, більш ефективно використовувати існуючі енергоактиви. Завдяки стандарту досягається прозорість у сфері управління енергетичними ресурсами, можна оцінювати пріоритетність впровадження нових енергозберігаючих технологій.

Мета впровадження стандарту ISO 50001 полягає в забезпеченні підприємства структурованим і всеосяжним керівництвом щодо оптимізації процесу споживання енергетичних ресурсів і системним управлінням даним процесом. Стандарт ISO 50001 – це система енергоменеджменту, яка є фундаментальною базою для створення ефективного і сучасного енергетичного менеджменту на промислових, торгових, та інших підприємствах і організаціях. Підприємства, що впровадили систему енергоменеджменту за стандартом ISO 50001, отримують об'єктивну можливість скоротити витрати на споживання енергетичних ресурсів і знизити викиди вуглекислого газу в навколишнє середовище, що дає значну перевагу користувачам.

Стандарт ISO 50001 призначений як для самостійного застосування, так і для його застосування у складі інших систем управління якістю, впливом на навколишнє середовище, безпечними умовами праці, соціальною відповідальністю.

Порівняння традиційного управління енерговикористанням і системи енергетичного менеджменту приведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Порівняння традиційного управління енерговикористанням та енергоменеджменту [41]

Традиційне управління енерговикористанням	Енергетичний менеджмент
Відсутність на підприємстві чітко сформульованих, взаємозалежних і документованих енергозберігаючої політики, цілей і завдань. Практична відсутність цілей, пов'язаних з процесами послідовного покращення.	Ініціативна і добровільна в своїй основі діяльність, обумовлена рішеннями керівництва підприємства і в більшості випадків є доповненням до вимог законодавства. В основі енергоменеджменту полягають чітко сформульовані, взаємозалежні і документовані політика, цілі та завдання
Перевага зовнішніх нормативів по енергоспоживанню.	Перевага внутрішніх, самостійно встановлених підприємством нормативів з енергоспоживання.
Планування економії енергоресурсів по окремих підрозділах, як правило, економічно неефективно для підприємства	Менеджмент безпосередньо взаємопов'язаний з можливістю отримання значних прямих і, головним чином, непрямих економічних ефектів (наприклад при інвестиціях у виробництво).
В основному здійснюється відповідальними фахівцями. Керівництво підприємства та персонал в цілому, як правило, не беруть активної участі.	Важливий результат можливо отримати тільки за умови активної свідомої участі керівництва підприємства та персоналу в цілому.
Важливий результат можливо отримати тільки за умови активного свідомої участі керівництва підприємства та персоналу в цілому.	Значною мірою визначається ініціативою і особистою зацікавленістю енергоменеджера та персоналу в результатах діяльності.
Організація діяльності практично не змінюється і не вдосконалюється в часі.	Діяльність систематично коригується, доповнюється і вдосконалюється з року в рік.
Пріоритет для окремих високозатратних заходів і дій.	Пріоритет для численних безвитратних і малозатратних заходів і дій.

Закінчення таблиці 6.1

Традиційне управління енерговикористанням	Енергетичний менеджмент
Практична доступність планів і результатів діяльності для більшості зовнішніх зацікавлених осіб і сторін.	Постійна активна демонстрація планів і результатів діяльності всім зацікавленим особам і сторонам.
Нехтування негативними результатами діяльності. Боязнь і замовчування негативних результатів.	Цінність негативних результатів. Відкрита демонстрація окремих негативних результатів діяльності нарівні з позитивними результатами
Відсутність будь-якої зовнішньої незалежної оцінки (енергоаудиту) організації діяльності та досягнутих результатів.	Енергоаудит (оцінка організації діяльності та досягнутих результатів третьою стороною) є невід'ємною складовою частиною будь-якої системи енергетичного менеджменту.
Відносна легкість імітації та фальсифікації ефективної діяльності в області формального енергетичного управління.	Практична недоцільність імітації та фальсифікації ефективної діяльності в області енергетичного менеджменту.

Ефекти від впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві [41]:

- економічний – підвищення конкурентоспроможності підприємства за рахунок зниження собівартості продукції;
- корпоративний – зміцнення корпоративної культури підприємства за рахунок залучення працівників усіх рівнів до процесу енергозбереження, єднання колективу для досягнення спільної мети;
- іміджевий – створення іміджу успішної, прогресивної та перспективної компанії.

Впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві згідно стандарту ISO 50001 включає в себе наступні етапи:

- проведення енергетичного аудиту підприємства з метою визначення поточного стану і збору вхідних даних;
- розробка політики енергозбереження підприємства;
- розробка програми енергозбереження підприємства;

- розробка програми (проєкту) впровадження системи енергоменеджменту;
- формування служби енергоменеджменту;
- впровадження комплексу енергетичного моніторингу;
- створення комплексу внутрішніх стандартів, що регламентують функціонування системи енергоменеджменту;
- розробка програм мотивації, інформування та навчання персоналу у сфері енергозбереження;
- навчання персоналу у сфері енергозбереження;
- проведення аудиту системи енергоменеджменту;
- проведення сертифікації системи енергоменеджменту.

6.3 Підготовчий етап створення СЕНМ на підприємстві

Керування енергоефективністю – поєднання законодавчої бази та механізмів фінансування, інституційної організації та механізмів координування, які всі разом спрямовані на підтримку реалізації стратегій, політики та програм енергоефективності.

Керування енергоефективністю – складна проблема, в якій можна виділити основні аспекти керування: правове середовище (закони і постанови, стратеги і плани заходів, механізми фінансування), організаційна структура (виконавчі органи, вимоги до залучення ресурсів, роль енергетичних компаній, залучення зацікавлених сторін, співпрацю державного та приватного секторів, міжнародна допомога) і механізми координації (державна координація, планові показники, оцінка).

При керуванні визначаються такі заходи політики в галузі енергоефективність:

- механізми ціноутворення (змінні тарифи, де на більший рівень споживання припадає більш висока питома вартість);
- механізми регулювання та контролю (обов'язкові заходи, такі як енергетичний аудит і контроль витрат енергії; мінімальні енергетичні стандарти, цільові показники зниження енергоспоживання, зобов'язання приватних компаній з інвестицій в енергоефективність);
- фінансові заходи та податкові стимули (гранти, субсидії та податкові стимули для інвестицій в енергоефективність; прямі закупівлі товарів і послуг з енергоефективності);

- механізми розвитку та перетворення ринку (інформаційні компанії, включення питань енергоефективності в шкільну програму; маркування побутових приладів і сертифікація будівель);
- технологічний розвиток (розробка та демонстрація технологій енергоефективності);
- комерційний розвиток і створення потенціалу (створення енергосервісних компаній (ЕСКО), навчальні програми, розвиток індустрії енергоефективності);
- фінансове відновлення (поновлювані фонди для інвестицій в енергоефективність; кошти на підготовку проєктів; кошти залученого фінансування).

Створення СЕнМ на підприємстві починається з процесу ініціювання побудови СЕнМ. Керівництву підприємства необхідно усвідомити необхідність впровадження СЕнМ, зокрема, введення до штатного розпису служби енергоменеджменту. Необхідним є залучення додаткових співробітників, а не розширення кола обов'язків наявних співробітників, які і так завантажені.

Аналіз існуючої організаційної структури та функцій персоналу багатьох підприємств показує ряд негативних моментів, а саме:

- нечисленність служб і небажання займатися вирішенням завдань з управління енерговикористанням зважаючи на необхідність вирішення поточних завдань, пов'язаних з підтримкою працеспроможності енергообладнання і мереж;
- відсутність достатньої кількості кваліфікованих фахівців, які могли б ефективно вирішувати поставлені завдання;
- відсутність достатнього фінансового, матеріально-технічного, інформаційного та аналітичного забезпечення, включаючи засоби організації обліку і контролю використання енергоресурсів.

Не сприяє цьому і існуюча на багатьох підприємствах лінійно-функціональна структура управління, в якій відсутній механізм, здатний координувати виконання складних, комплексних робіт. З цієї причини при розробці СЕнМ практично не беруть участі інші функціональні служби підприємства, допомога яких, як показує досвід, необхідна на всіх стадіях розробки та реалізації програм енергозбереження. Сформована ситуація не дозволяє енергослужбам самостійно, комплексно і науково обгрунтовано вирішувати завдання, пов'язані з організацією робіт з управління енерговикористанням [42].

Підготовка бізнес-плану виконання робіт. Виконання робіт з розробки та впровадження СЕНМ на підприємстві вимагає залучення чималої кількості матеріальних і людських ресурсів. Тому для правильного розрахунку їх кількості та розподілу необхідно розробити бізнес-план виконання робіт з впровадження СЕНМ на підприємстві. У бізнес-план необхідно включити заходи впровадження системи енергоменеджменту на підприємстві, обсяги фінансування, розподіл грошових потоків, кількість і розподіл залучених кадрів та ін. На сьогодні на міжнародних інвестиційно-фінансових ринках вироблені певні стандарти та методики підготовки бізнес-планів, техніко-економічних обґрунтувань та інвестиційних меморандумів [43].

Ідентифікація законодавчих, нормативних та інших вимог. Підприємство має ідентифікувати, впровадити і мати доступ до застосованих до його діяльності законодавчих та інших вимог, які підприємство зобов'язується виконати відносно використання та споживання ПЕР. Підприємство має визначити, яким чином ці вимоги можуть застосовуватися до його режиму використання та споживання ПЕР, і повинно забезпечити розгляд необхідних законодавчих та інших вимог, які підприємство зобов'язалося виконувати, при розробці, впровадженні та підтримці функціонування СЕНМ.

Законодавчі та інші обов'язкові для організації вимоги повинні аналізуватися через певні інтервали часу.

Розробка Енергополітики і доведення її до відома всіх зацікавлених сторін. Керівництво підприємства повинно розробити, впровадити і підтримувати енергетичну політику в організації. Ця енергетична політика повинна демонструвати прихильність організації поліпшенню використання ПЕР. Для підприємства має бути забезпечено, щоб енергетична політика [43; 44]:

- відповідала характеру і масштабам підприємства, а також впливу використовуваної енергії;

- включала в себе зобов'язання щодо постійного підвищення енергетичної ефективності;

- включала в себе зобов'язання щодо забезпечення доступності інформації та всіх необхідних ресурсів для досягнення поставлених цілей і завдань;

- включала в себе зобов'язання по всіх правових та інших вимогах у сфері енергозбереження, прийнятих на себе підприємством;
- забезпечувала основу для розроблення та перегляду енергетичних цілей і завдань;
- документувалася, коментувалась і була зрозумілою в рамках підприємства;
- регулярно переглядалася та оновлювалася по мірі необхідності.

Корисний ефект може бути збільшений шляхом покращень як в технічній, так і в організаційній сфері, тому підвищення енергоефективності об'єднує в собі не тільки комплекс заходів по збільшенню ККД виробничих процесів, а й заходи в області оптимізації взаємодії ланок всередині виробничого ланцюжка, покращення бізнес-процесів, підвищення ефективності менеджменту [44].

6.4 Енергопланування та енергоаналіз, визначення рівня енергоефективності

6.4.1 Збір і оцінка вхідних даних та орієнтовний перелік основних показників енергоефективності

Передбачається аналіз минулого та сьогоденного використання і споживання енергоресурсів. Підготовчий етап для створення СЕНМ для підприємства полягає в отриманні даних про минуле та сьогоденне використання та споживання ПЕР на підприємстві.

При енергоплануванні потрібно виділити відповідні змінні, що впливають на значне використання і споживання ПЕР. Для підприємства такими змінними є: виробнича програма і ділова активність. Обсяги виробництва продукції на підприємстві значно впливають на споживання енергоресурсів, оскільки основна частина спожитих енергоресурсів йде на технологічні процеси. Далі виконується аналіз тарифів на енергоресурси за два-п'ять років.

Показники енергоефективності використовуються для порівняння кількості спожитих ПЕР в різні періоди часу. Індикатори енергоефективності полегшують проведення моніторингу енергоспоживання, особливо в місцях підвищеного споживання ПЕР, зазначених в енергетичному профілі. Наприклад, можливий такий

індикатор енергоефективності, як питома норма витрат ПЕР, що визначається помісячно для обраного року.

Орієнтовний перелік показників енергоефективності:

- Порівняння щорічного реального споживання енергії із запланованим рівнем.

- Енергоспоживання на одиницю продукції, так зване питоме споживання.

- В окремих випадках використовується термін «нормалізоване енергоспоживання», де нормалізуючими факторами можуть служити обсяг виробництва, сезонні коливання температури, тривалість сервісного обслуговування і т.п. Методи нормування можуть ранжуватися від лінійної компенсації до теоретичної калькуляції. Такий тип індикаторів енергоефективності дозволяє пояснити зміни у значеннях показників енергоспоживання, які відбуваються під впливом зовнішніх факторів, націлених на підвищення енергоефективності.

- При виборі невимірюваних індикаторів (тобто таких, які не можуть бути виражені в числовому значенні), необхідно розробити і прийняти в роботу план з проведення вимірювань. Після закінчення певного проміжку часу, відведеного на проведення вимірювань, дані, отримані в результаті цієї діяльності, вносяться в базове енергоспоживання.

- Статистичні інструменти використовуються для визначення впливу різних змінних факторів на показники енергоефективності. До таких факторів належать погодні умови, будівлі та споруди, сировина, якість енергії тощо.

- Показники енергоефективності встановлюються з урахуванням функціональних особливостей на різних рівнях організації. Для керівників компанії важливу роль відіграють такі чинники, як витрати та досягнення стратегічних цілей і завдань.

- Тенденції у розробці індикаторів енергоефективності повинні відображати постійне вдосконалення у цій сфері.

- При виявленні тенденції до зниження енергоефективності, даний факт має враховуватися при розробці превентивних заходів.

6.4.2 Енергоаналіз

Збір та аналіз інформації про використання енергії в технологічних процесах проводиться для визначення можливості підвищення рівня енергоефективності підприємства. При енергоаналізі

необхідно провести оцінку минулого та поточного використання енергії [43].

Ідентифікація сфери значного (істотного) енергоспоживання. Для підприємства необхідно провести ідентифікацію установок, обладнання, процесів, систем і персоналу, які істотним чином впливають на використання ПЕР. Виконується оцінка стану основного та допоміжного обладнання в процентних співвідношеннях, критеріями оцінки може бути зовнішній огляд устаткування, а також отримані дані на місцях. Стан обладнання представляється в таблиці по цехах або технологіям в процентному співвідношенні за показниками «хороше», «задовільне», «незадовільне», «аварійне».

При необхідності проводиться більш детальне енергетичне обстеження, яке в повній мірі зможе дати енергозберігаючий ефект і в свою чергу призведе не тільки до зниження споживання енергоресурсів, але й викидів парникових газів в атмосферу.

Оцінюється можлива економія різних видів ПЕР при здійсненні максимально можливої й економічно доцільної модернізації при заміні всього обладнання, яке знаходиться в незадовільному стані.

Далі визначається потенціал енергозбереження за типами обладнання, для яких визначено їх стан по цехах за показниками «добрий», «задовільний», «незадовільний», в процентному відношенні. У результаті визначається потенціал енергозбереження (у відсотках). Зокрема, можлива економія може в середньому скласти близько 20 % при здійсненні максимально можливої й економічно доцільної модернізації або при заміні всього обладнання, яке знаходиться в незадовільному стані.

Оцінка складових потенціалу енергозбереження. Виходячи з наявних даних, виконується оцінка складових потенціалу енергозбереження.

Під потенціалом зазвичай мають на увазі можливості, резерви, які можуть бути реалізовані в часі. Наприклад, проводячи аналіз і здійснюючи оцінку економічного потенціалу підприємства, поряд з кількісною та якісною характеристикою ресурсів необхідно враховувати можливість ефективного їх використання. Економія ресурсу, в свою чергу, характеризує потенціал ресурсозбереження, що є складовою частиною економічного потенціалу.

Названі передумови дозволяють сформулювати поняття «потенціалу енергозбереження».

Потенціал енергозбереження є резерв скорочення споживання енергії за рахунок реалізації енергоефективних проєктів та заходів, у тому числі спрямованих на залучення в господарський оборот відновлюваних джерел енергії, шляхом реалізації економічних, організаційних, правових, виробничих і науково-технічних заходів для підвищення енергетичної ефективності суб'єкта господарювання (у нашому випадку промислового підприємства) за умови екологічності виробництва. З точки зору існуючих обмежень розрізняють технологічний, економічний і ринковий потенціали.

Технологічний потенціал енергозбереження являє собою нереалізовані можливості щодо зниження питомих витрат і втрат енергії внаслідок прогнозованих змін технологічної структури виробництва.

Економічний потенціал енергозбереження характеризує нереалізовані можливості підприємств з виробництва енергоефективного обладнання та споживачів щодо застосування цього обладнання та енергоефективних технологій.

Ринковий потенціал енергозбереження – це потенціал, пов'язаний з ринковою ситуацією, що склалася до моменту прийняття управлінських рішень з реалізації енергоефективних заходів.

У свою чергу, в ринковий потенціал деякі автори включають інформаційно- та фінансово-забезпечений потенціали, що базуються на техніко-економічних розрахунках реалізації інвестиційних проєктів у галузі енергозбереження. Потенціал енергозбереження може також розділятися за видами енергоресурсів, етапам руху і перетворення енергоресурсів, напрямками енергозбереження, галузям економіки, територіальною ознакою.

Можна розглядати структуру потенціалу енергозбереження в залежності від класифікації енергоефективних проєктів за певними ознаками, наприклад, націленість на продуктивність існуючих технологій і вдосконалення енергетичного господарства. При цьому під енергозберігаючою технологією розуміється структура і послідовність взаємодії правових, організаційних, виробничих, науково-технічних та економічних заходів, що забезпечують ефективне використання енергетичних ресурсів і залучення

в господарський оборот відновлюваних, альтернативних і вторинних джерел енергії. Методи, що використовуються для освоєння потенціалу енергозбереження з метою економії витрат ПЕР на одиницю корисного ефекту, за новим варіантом інвестиційного проєкту можуть, наприклад, реалізуватися через систему правових, технічних, організаційних і виробничих заходів, який представляється до впровадження у вигляді програми енергозбереження.

Управління потенціалом енергозбереження – це результат реалізації системи методів, способів моделей, спрямованих на ефективне його освоєння. Процес цього освоєння визначається як процес енергозбереження. Потенціал енергозбереження, як очікуваний результат (у відсотках) зниження витрат від виконання запланованих енергозберігаючих заходів, може виражатися у можливому зниженні енергоємності продукції, рівні підвищення ефективності використання ПЕР, витрат коштів на ПЕР, а також можливе зниження паливно-енергетичної складової витрат у собівартості продукції.

У різних джерелах потенціал енергозбереження ототожнюється з «потенціалом підвищення ефективності використання ПЕР»; «потенціалом енергоефективності». Виділяються прямі та зворотні (інверсні) показники енергетичної ефективності. Прямі відображають зростання ефективності, інверсні формулюються в термінах витрат енергоресурсів на одиницю отриманого позитивного ефекту. Під енергоефективністю виробництва слід розуміти результативність виробництва, співвідношення результатів виробничої діяльності та витрачених на їх досягнення економічно, технічно і технологічно обґрунтованих обсягів енергетичних ресурсів в умовах енергозберігаючої та екологічно прийнятною інтенсифікацією промислового виробництва. Сутність процесу підвищення енергоефективності виробництва полягає в зниженні питомих витрат енергоносіїв на виробництво продукції, в раціоналізації режимів енерговикористання, зміні структури енергоспоживання, підвищення екологічної ефективності виробництва.

Доцільно виділити такі складові потенціалу енергозбереження:

- потенціал від реалізації першочергових заходів;
- потенціал від реалізації можливостей енергозбереження;
- загальний потенціал енергозбереження.

Ідентифікація та ранжування можливостей для покращення рівня енергоефективності.

Покращення рівня енергоефективності можна забезпечити в рамках Програми енергозбереження (далі – Програма).

Заходи Програми поділяються на організаційні (що не дають пряму економію енергетичних ресурсів, але необхідних для створення організаційної структури управління Програмою, навчання працівників підприємства, впровадження економічних стимулів до енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності та практичної реалізації програмних заходів) і технічні, які потребують капітальних вкладень.

При цьому організаційні заходи необхідно проводити на першому етапі реалізації Програми. Заходи організаційного характеру передбачають нормативно-правове та фінансове забезпечення, а також створення структур для досягнення мети програм.

Заходи технічного (технологічного) характеру припускають модернізацію або заміну існуючого енергоємного обладнання, запровадження новітніх енергоефективних та енергозберігаючих технологій, підвищення енергоефективності виробництва одиниці продукції, виконання робіт, надання послуг, зменшення втрат ПЕР, економію бюджетних коштів.

Заходи структурного характеру в сфері виробництва припускають докорінні зміни в структурі виробництва.

Розробка та техніко-економічна оцінка першочергових і перспективних заходів з енергозбереження може виконуватися із залученням алгоритму оцінки ефективності реалізації заходи з енергозбереження складається з наступної послідовності кроків:

- аналіз поточного стану (обладнання, технології);
- технічна сутність заходи з енергозбереження;
- розрахунок економії ПЕР від впровадження заходу;
- калькуляція фінансових витрат на реалізацію заходу;
- визначення техніко-економічних показників проєкту;
- оцінка економічної ефективності проєкту.

6.4.3 Визначення базового рівня енергоспоживання, індикаторів енергоефективності, енергетичних цілей і завдань

Встановлення базового рівня енергоспоживання. Енергетичний базис – кількісна передумова для основи порівняння енергоефективності. Зміни енергоефективності повинні вимірюватися саме щодо енергобазису.

Базовий рівень енергоспоживання встановлює на рівні всіх енергетичних і виробничих показників обраного базового року. Такими показниками можуть бути: виробництво теплової енергії, споживання вугілля і мазуту, споживання електричної енергії, питомі витрати палива на виробництво теплової енергії, питомі витрати електроенергії на виробництво теплової енергії тощо.

Енергозадачі – докладна деталізація цілей. Визначення енергоцілей і завдань та їх кореляція з індикаторами.

Основою для організації діяльності співробітників підприємства в галузі енергоефективності є енергетична політика підприємства, а також похідні від неї енергоцілі і енергозадачі. Енергоцілі – досягнення конкретних результатів енергоефективності у відповідності з політикою.

Для підприємства можна виділити наступні енергоцілі (приблизний перелік):

- зниження питомої витрати умовного палива на вироблення продукції до проєктного значення;
- підвищення енергоефективності цехів підприємства;
- зменшення витрат електроенергії;
- зменшення споживання електричної енергії енергоємним обладнанням;
- модернізація систем внутрішнього і зовнішнього освітлення з метою економії електроенергії;
- зменшення витрат ПЕР за рахунок людського фактора;
- зменшення викидів ПГ за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів;
- удосконалення системи обліку ПЕР на підприємстві;
- навчання персоналу підприємства у сфері енергоефективності.

Енергозадачі підприємства (приблизний перелік):

- проведення режимно-налагоджувальних робіт;
- заміна зношених насосів і конвеєрів на сучасні аналогічної продуктивності (та/або заміна зношених вузлів дробильного обладнання);
- установка частотних перетворювачів на енергоємне електрообладнання, оскільки пускові струми досягають величезних значень;
- заміна двигунів з низьким ККД на сучасні;
- заміна насосного обладнання на сучасне;
- установка додаткових засобів обліку споживання ПЕР;
- установка систем автоматизованого контролю та обліку використання ПЕР;
- заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи з аналогічним світловим потоком;
- проведення регулярних семінарів, курсів підвищення кваліфікації в галузі енергоефективності;
- проведення просвітницької діяльності серед працівників підприємства за темою економного та раціонального використання ПЕР.
- організація діяльності, покращення комунікацій, забезпечення ресурсів.

Реалізація енергоцілей і енергозадач вимагає максимальної злагодженості дій між співробітниками всіх підрозділів підприємства. Тому від вищого керівництва підприємства та керівників підрозділів вимагається забезпечити максимум можливостей для безперешкодного обміну інформацією, отримання консультацій з різних питань і т. д. Важливим фактором є надання для роботи фахівців робочих місць, виробничих та інших площ, устаткування, які знаходяться у підрозділах. Реалізація енергоцілей і енергозадач вимагає виділення значної кількості матеріальних ресурсів, вирішення про обсяги фінансування приймаються вищим керівництвом підприємства. Успіх досягнення енергоцілей та вирішення енергозадач багато в чому залежить від рівня професіоналізму кадрів, тому для реалізації цього необхідно залучати кваліфікованих і досвідчених співробітників. Необхідно також постійно підвищувати рівень кваліфікації працівників за допомогою різних навчальних курсів і програм.

Підвищення енергоефективності на підприємстві підвищує доходи підприємства і разом з тим приносить такі результати:

- заощадження коштів, що забезпечує зростання конкурентоспроможності підприємства, особливо при зростанні цін на енергоносії;
- збільшення продуктивності через удосконалення виробничих процесів, що пов'язані із способом використання енергії;
- встановлення квот на викиди, що дозволяє знизити залежність від цін на енергоносії, зменшити ризики компанії, що, в свою чергу, підвищує вартість підприємства;
- скорочення викидів у навколишнє середовище, від чого покращується екологічний стан, а з ним – імідж підприємства.

Під економічною ефективністю використання енергії та паливно-енергетичних витрат розуміється здатність системи енергопостачання у процесі функціонування створювати економічний ефект (потенційна ефективність) і реальне створення такого ефекту (фактична ефективність).

Система показників енергоефективності складається із інтегрованого показника – енергоємності випуску продукції (ВВП), показників, що характеризують енергоємність галузей економіки (енергоємність валової доданої вартості галузей) та енергоефективність виробництва окремих видів продукції (послуг), а також показників, що характеризують енергоефективність окремих технологій, видів обладнання, матеріалів. Залежно від рівня технологічного та економічного розвитку система показників потребує періодичного уточнення та їх моніторингу за сферами та рівнями управління.

Показники енергоефективності можуть бути прямі, тобто такі, які безпосередньо визначають ефективність використання ПЕР, і непрямі, в яких ефективність використання ПЕР прямо не відображається, але значною мірою залежить від рівня та структури використання ПЕР.

Система таких показників дає можливість підрахувати результати реалізації енергоефективного проекту на промисловому підприємстві:

- динаміку енергоємності виробництва одиниці продукції (виконаних робіт, наданих послуг);
- динаміку втрат ПЕР при виробленні одиниці продукції (виконаних робіт, наданих послуг);

– забезпечення економії коштів (за умови дотримання відповідних вимог щодо охорони праці, санітарних норм та правил тощо) на утримання підприємства, за рахунок запровадження відповідних енергозберігаючих заходів та проектів.

Основні показники енергоефективності підприємства:

Прямі показники [44]:

- енергоємність випуску продукції, кг у.п.;
- енергоємність валової доданої вартості (ВДВ), кг у.п./грн.;
- паливоємність, електроенергоємність, тепло енергоємність випуску;
- коефіцієнт корисного використання енергії;
- питомі витрати палива, кг у.п./од.прод, електроенергії, кВтгод/од. прод, теплової енергії, Гкал/од. прод;

Непрямі показники [44]:

- середня ціна одиниці спожитих ПЕР, грн/т у.п.;
- енергоємність основних виробничих фондів, т у. п./грн.;
- вартість спожитих ПЕР на одиницю обсягу випуску продукції, грн.;
- частка витрат на ПЕР в обсязі проміжного споживання (випуску), %;
- частка витрат ПЕР у собівартості продукції, робіт, послуг, %;
- коефіцієнт енергоозброєності праці.

6.5 Організаційна структура системи енергоменеджменту

6.5.1 Функції системи енергоменеджменту

СЕНМ підприємства повинна дотримуватися вимог чинного законодавства та інших нормативно-правових документів, а також п'яти правил енергоменеджменту.

Перше правило енергоменеджменту: не можна думати про інвестиції у високі технології, поки не вичерпаються всі можливості раціонального використання паливно-енергетичних та інших ресурсів і зменшення витрат на них за допомогою заходів правильного ведення господарства і контролю з боку керівництва.

Таким чином, реалізація саме організаційних заходів, які часто є безвитратними і маловитратними, є передумовою успіху програми енергота ресурсозберігання і, отже, зниження собівартості виробництва.

Друге правило: енергоменеджер зобов'язаний аналізувати (піддавати сумніву) доцільність всіх без винятку дій персоналу підприємства, пов'язаних з використанням енергоресурсів.

Третє правило: інвестувати слід саме ті проекти, які мають кращі економічні показники (період окупності або внутрішню норму рентабельності, або збитки, що мали місце у випадку їх нереалізації є найбільшими).

Четверте правило: при залученні інвестицій (зовнішніх чи внутрішніх) слід приймати до реалізації тільки ті проекти, економічні показники яких перевершують інші можливі варіанти вкладення коштів з урахуванням можливих ризиків.

П'яте правило: система енергетичного менеджменту повинна бути побудована за так званим «горизонтальним» принципом побудови і функціонування виробництва, заснованому на балансі прав і обов'язків окремих підрозділів і мінімізації рівнів їх підзвітності та підпорядкованості. При цьому окремим підрозділам (цехам, бригадам) ставляться конкретні завдання (збільшення обсягів виробництва продукції та її якості, а також терміни досягнення планових показників). Одночасно з цим надаються також широкі повноваження для реалізації цих завдань (аж до визначення кількісного та якісного складу виконавців та розміру їхнього заробітку в межах встановленого для підрозділу фонду оплати праці).

Основні напрямки діяльності енергетичного менеджменту підприємства полягають у наступному:

- участь у складанні карти споживання енергії на підприємстві;
- збір даних по споживанню паливно-енергетичних ресурсів з використанням лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;
- складання плану установки додаткових лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;
- збір даних про потоки сировини, ПЕР (вугілля і мазуту) та готову продукцію (теплову енергію, електроенергію тощо);
- розрахунок ключових даних по підвищенню ефективності використання енергії – в цілому і по окремих виробництвах;
- визначення, локалізація та впровадження заходів з економії енергії, які не потребують інвестицій або з мінімальними інвестиціями;

- локалізація, оцінка і визначення пріоритетності заходів з економії енергії, що вимагають більших інвестицій;
- участь у складанні схеми зупинок устаткування і варіантів енергозабезпечення для випадків аварійного припинення енергопостачання;
- інформування персоналу підприємства про діяльність з енергетичного менеджменту та заходи, спрямовані на економію енергії;
- впровадження нових технологій на існуючих і нових енергоносіях для підвищення енергоефективності виробництва;
- участь у розробці бізнес-планів та виробничої стратегії підприємства нарівні з іншими керівниками.

Основним виконавчим елементом СЕнМ на підприємстві є служба енергоменеджменту, співробітники якої забезпечують виконання більшості завдань, що забезпечують функціонування СЕнМ на підприємстві. Керівним елементом СЕнМ підприємства є енергетична комісія у складі директора, головного інженера та начальника відділу енергоменеджменту (якщо потрібно, іншими співробітниками підприємства з керівного складу). Начальник служби енергоменеджменту керує відділом і несе повну відповідальність за результати його роботи.

До основних функцій служби енергетичного менеджменту відносяться [42]:

- обґрунтування політики енергозбереження і зобов'язань в галузі енергозбереження;
- планування діяльності в галузі енергозбереження;
- організація внутрішньої і зовнішньої діяльності в галузі енергозбереження;
- управління персоналом;
- управління енергозбереженням і використанням ресурсів;
- внутрішній енергетичний моніторинг і енергетичний контроль;
- аналіз і оцінка результатів діяльності в галузі енергозбереження;
- перегляд і удосконалювання системи енергетичного менеджменту.

Окрім цього, необхідно сформулювати основні задачі служби енергоменеджменту [42]:

Задачі планування:

- створення програми енергозбереження підприємства;
- впровадження енергозберігаючих заходів;
- планування оптимального завантаження енергоспоживаючого обладнання;
- планування перспективного споживання ПЕР.

Задачі організації:

- організація СЕНМ;
- організація системи обліку споживання ПЕР;
- проведення планових внутрішніх енергоаудитів та зовнішніх при необхідності;
- організація системи навчання працівників підприємства в сфері енергозбереження;
- пошук матеріально-технічних засобів та інвестицій для реалізації програми енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів;
- популяризація передового вітчизняного та закордонного досвіду роботи в сфері енергозбереження;
- робота з зовнішніми організаціями, державними органами управління в сфері енергозбереження.

Задачі обліку та звітності:

- збір та реєстрацію первинних даних, формування структури витрат на ПЕР;
- визначення енергетичних потоків;
- складання звітів з роботи СЕНМ.

Задачі нормування:

- визначення норм часу на проведення робіт по впровадженню енергозберігаючих заходів;
- визначення питомих норм споживання ПЕР;
- визначення нормативної чисельності працівників СЕНМ;
- обґрунтування норм;
- розробка пакету внутрішніх стандартів та методик визначення норм споживання ПЕР.

Задачі аналізу та прийняття рішень:

- визначення потенціалу енергозбереження;
- аналіз функціонування СЕНМ;

- аналіз стану використання ПЕР;
- аналіз частки фінансових витрат на ПЕР в загальній собівартості продукції;
- оцінка ефективності енергозберігаючих заходів;
- аналіз впливу енергозберігаючих заходів на екологічний стан та стан охорони праці на підприємстві;
- оцінка збитку від перерв енергоспоживання.

Задачі регулювання (коригуючих дій):

- проведення коригуючих дій щодо впровадження заходів з енергозбереження;
- підвищення кваліфікації персоналу в сфері енергозбереження.

Задачі контролю:

- контроль виконання програми енергозбереження;
- контроль споживання ПЕР;
- контроль відповідності наявної документації споживання ПЕР нормативно-правовим документів;
- контроль стану контрольно-вимірювального обладнання;
- контроль екологічного стану та стану охорони праці на підприємстві;
- контроль за інформуванням керівництва, служб та працівників підприємства про енергозбереження.

Задачі мотивації та стимулювання:

- організація та вдосконалення форм економічного стимулювання персоналу підприємства за енергозбереження;
- вдосконалення форм матеріальної відповідальності персоналу підприємства за нераціональне використання ПЕР.

Управлінськими процедурами СЕнМ є система стимулювання та відповідальності персоналу у сфері раціонального використання енергоресурсів являються: контроль розробки та реалізації проєктів з енергозбереження, контроль внутрішніх аудитів, якщо для цього залучаються інші організації, участь співробітників відділу енергоменеджменту в прийнятті рішень щодо інвестування проєктів з енергозбереження та ін.

Підтримка вищого керівництва повинна виражатися не тільки у вигляді заохочення персоналу та стимулювання, а й офіційно,

через орган, який об'єднує різні відділи, служби та підрозділи, всі старші менеджери якого зобов'язуються прийняти на себе зобов'язання, а також зобов'язати своїх співробітників працювати відповідно до кращої практики енергоменеджменту. Без цієї підтримки з боку вищого керівництва енергетичний менеджмент залишиться на низькому рівні [42].

Енергетична комісія підприємства – спеціальний колегіальний орган управління енергоменеджменту. Її основне завдання – вирішення складних питань управління споживанням енергоресурсів з використанням підтримки вищого керівництва підприємства (головного інженера підприємства).

Даною комісією приймаються рішення про впровадження проєктів з енергозбереження, інвестуванню даних проєктів, залученню інших організацій для проведення внутрішніх енергоаудитів, моральному і матеріальному стимулюванню або покаранню співробітників підприємства у сфері енергоефективності та інш. Також енергетична комісія аналізує дані за результатами роботи системи енергоменеджменту в цілому по підприємству і приймає рішення щодо можливих змін і покращень.

Очолювати Енергетичні комісії (комітети) на підприємстві повинні керівники, що володіють достатніми повноваженнями в галузі управління підприємства в цілому. Персональний склад Енергетичної комісії встановлюється наказом директора підприємства. Зазвичай в неї включаються керівники або заступники керівників служб і відділів, а також керівники найбільш енергоємних виробничих підрозділів підприємства (наприклад, начальники теплових станцій), які беруть участь у створенні СЕНМ і забезпечують її функціонування.

Голова Енергетичної комісії є представником вищого керівництва (головний інженер підприємства) і головною відповідальною особою на підприємстві за проведення в життя Енергетичної політики підприємства.

За результатами перевірки комісія повинна визначати обсяги раціонального та нераціонального використання енергоресурсів на підставі діючих нормативних документів з обліку витрат ПЕР.

6.5.2 Положення про СЕНМ підприємства

Положення про службу енергоменеджменту підприємства повинно містити [42]:

- цілі і завдання служби енергоменеджменту та її підпорядкованість;
- бюджет служби енергоменеджменту, в тому числі – систему заохочення співробітників підприємства в економії енергоресурсів;
- основні положення контракту з головним енергоменеджером та його заступниками;
- розподіл повноважень між цехами і службами підприємства з одного боку і службою енергоменеджменту – з іншого.

Відділ енергоменеджменту є самостійним структурним підрозділом підприємства. Відділ енергоменеджменту знаходиться в прямому підпорядкуванні головного інженера підприємства. Операційне керівництво діяльністю відділу енергоменеджменту здійснює начальник відділу, який призначається на посаду і звільняється з займаної посади директором підприємства. Працівники відділу енергоменеджменту призначаються на посади та звільнюються з посад директором підприємства. Всі працівники відділу енергоменеджменту здійснює свою діяльність у відповідності з посадовими інструкціями, розробленими на основі цього Положення, яке визначає функції, обов'язки, права і відповідальність кожного працівника. У своїй діяльності відділ енергоменеджменту керується діючими процедурами, інструкціями, законодавчими актами, нормами, наказами та розпорядженнями корпорації, правилами внутрішнього трудового розпорядку.

Цілями діяльності відділу енергоменеджменту є: підтримання в робочому стані системи енергоменеджменту на вимогу ISO 50001; забезпечення підприємства структурованим і всеосяжним керівництвом щодо оптимізації процесу споживання енергетичних ресурсів і системним управлінням даним процесом.

Основними завданнями діяльності відділу є:

- аналіз і оцінка існуючої системи енергоменеджменту для визначення областей для покращення, встановлення цілей поліпшення, пошук можливих рішень, оцінювання і вибір рішень, виконання обраних рішень, оцінка результатів виконання досягнутих цілей;

- безперервне покращення показників енергоефективності роботи підприємства;
- постійне навчання персоналу у сфері енергоефективності;
- впровадження сучасних енергозберігаючих та енергоефективних технологій;
- скорочення впливу на навколишнє середовище в результаті впровадження сучасних енергозберігаючих та енергоефективних технологій.

До складу відділу входять начальник та спеціалісти відділу. Штатна чисельність працівників відділу відповідає затвердженому в установленому порядку штатним розкладом із зазначенням кількості посад і професій, категорій персоналу та розміру оплати праці. На відділ покладено такі функції і обов'язки:

- проведення внутрішніх енергетичних аудитів на підприємстві;
- розробка, економічний розрахунок і виконання заходів щодо підвищення ефективності використання ПЕР;
- впровадження у виробництво сучасного енергоефективного обладнання, додаткових засобів обліку;
- проведення навчань персоналу енергетичної служби у сфері енергоефективності;
- доведення до відома екологічних працівників та головного технічного керівника по енергоменеджменту інформації про будь-які зміни, які можуть вплинути на ідентифіковані екологічні аспекти, безпеки і ризики.
- визначення результативності та придатності системи енергоменеджменту.

Персонал відділу енергоменеджменту зобов'язаний:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку;
- знати перелік (реєстр) небезпек підприємства, ступінь ризику цих небезпек (небезпечні та шкідливі виробничі фактори), що впливають на працівника;
- неухильно дотримуватися правил техніки безпеки на робочому місці, у приміщеннях і на території підприємства;
- знати перелік (реєстр) екологічних аспектів підприємства, вплив їх на навколишнє середовище;
- виконувати заходи щодо поліпшення екологічного стану на виробництві.

Працівники відділу енергоменеджменту несуть відповідальність:

- за неякісне виконання обов'язків, покладених на нього цією посадовою інструкцією;
- за недотримання трудової дисципліни;
- за недотримання вимог безпеки та охорони праці, екологічної безпеки;
- за контроль та забезпечення виконання підлеглим персоналом вимог нормативних документів;
- за забезпечення схоронності нормативних документів, майна, інвентарю, обладнання, що використовуються в процесі роботи;
- за наслідки прийнятих ним рішень, пов'язаних з діяльністю підприємства, а також виходять за межі його повноважень, встановлених законодавством України, Положенням про підприємства, цією посадовою інструкцією, іншими нормативними актами.

Взаємини і зв'язки підрозділу. Відділ підтримує зв'язки і веде діловий обмін інформацією з усіма структурними підрозділами, відділами та службами підприємства з усіх виникаючих у процесі роботи питань. Взаємини і зв'язки відділу енергоменеджменту з конкретними структурними підрозділами, відділами та службами підприємства визначені функціями і правами, встановленими цим Положенням, посадовими інструкціями працівників відділу. Взаємозамінність керівників різного рівня, фахівців, службовців і робітників відділу встановлюється їх посадовими інструкціями.

6.5.3 Кваліфікаційна характеристика енергоменеджера

Для успішної роботи в системі енергетичного менеджменту, фахівець повинен володіти: інженерною освітою; досвідом управління виробництвом і робочими групами; досвідом керівництва проектами; організаторськими здібностями; здатністю переконувати і розуміти мотивацію вчинків людей.

Крім того, йому необхідно:

- відстежувати рішення місцевої влади, що стосуються даного виробництва, екології, споживання енергії тощо;

- знати компанії-виробники енергетичних послуг та обладнання;
- знати технологію виробництва, торгіві та збутові організації;
- добре розуміти концепцію енергетичного менеджменту та енергетичної ефективності;
- володіти економічними знаннями, знати принципи формування бюджету підприємства та методи розробки бізнес-планів у сфері енергетичної ефективності.

Енергетичний менеджер зобов'язаний стежити за змінами в галузі енергетичної політики та супутніх аспектах, наприклад, нового законодавства з оподаткування, субсидій, технологічного приєднання, захисту навколишнього середовища тощо.

6.5.4 Система реалізації енергозберігаючих заходів (програма енергозбереження)

У Програму енергозбереження підприємства мають входити організаційні заходи [44]: створення та запровадження системи стимулювання енергозбереження; підвищення обізнаності персоналу з питань енергоефективності; маркетингові заходи; проведення енергоаудиту; відключення невикористаного обладнання та ін.

В програму повинні, зокрема, входити технічні заходи:

- релазитратні заходи (наприклад, вдосконалення (оптимізація) режимів роботи технологічних, енергетичних та допоміжних установок; установка компенсуючих пристроїв в електроустановках);
- заходи, які вимагають значних витрат (переведення роботи установок на інші види енергії або енергоносії; модернізація або реконструкція технологічних і енергетичних установок; впровадження нових виробництв і технологій; реконструкція систем енергопостачання установок, дільниць, цеху або підприємства в цілому; підвищення якості споживаних енергоресурсів та ін.)
- налаштування або модернізація систем комерційного та технічного контролю та обліку енергоресурсів, а також продукції, на вироблення якої вони витрачаються.

Окремо мають виділятися фінансові заходи: вдосконалення структури споживаних ПЕР; оптимізація договірних відносин з постачальниками і споживачами ПЕР та ін.

6.5.5 Система мотивації персоналу

Преміювання за раціональне та ефективне використання енергоресурсів проводиться за умови, якщо в цілому по підприємству є економія від зниження витрат підприємства на енергоресурси.

Вищезазначена винагорода нараховуватиметься незалежно від отримання співробітниками премії за результатами виробничої діяльності.

Розмір винагороди за раціональне та ефективне використання енергоресурсів залежить тільки від суми заощаджених ПЕР і не має ліміту.

Співробітники отримують фіксований відсоток від суми заощаджених ПЕР, яка виплачується щоквартально.

Розмір преміального фонду за раціональне та ефективне використання ресурсів становить конкретний фіксований відсоток від суми преміального фонду за економічний ефект від факторів підконтрольних менеджменту підприємства, розподіляється по службах (підрозділах) пропорційно економічному ефекту.

Для підприємства можна виділити наступні способи нематеріального стимулювання:

- нагородження грамотою за успіхи в енергозбереженні та реалізації заходів з енергоефективності;
- оголошення подяки перед колективом співробітників підприємства за особливі успіхи в енергозбереженні;
- розміщення фотографій співробітників підприємства, нагороджених за особливі успіхи в енергозбереженні на корпоративному сайті та на Дошці Пошани;
- публікація статей про співробітників підприємства, нагороджених за особливі успіхи в енергозбереженні (з фотографіями) в корпоративних ЗМІ;
- проведення конкурсу «Кращий енергозберігаючий цех/ділянка» з врученням за результатами конкурсу грамот та призів, як керівникам підрозділів-переможців, так і співробітникам, які зробили найбільш відчутний внесок в енергозбереження цеху/дільниці в даний період;
- проведення конкурсу «Самий ощадливий співробітник» з врученням за результатами конкурсу грамот та призів;
- внесення співробітників підприємства, нагороджених за особливі успіхи в енергозбереженні до кадрового управлінського резерву з можливістю професійного та кар'єрного зростання;
- інформування колективу про успіхи в енергозбереженні.

6.6 Впровадження СЕНМ

6.6.1 Розробка механізмів оптимізації процесів, пов'язаних зі споживанням енергії

Початковим етапом є розробка службою енергоменеджменту підприємства оптимізації процесів, пов'язаних зі споживанням енергії. Це може бути оптимізація системи обліку, удосконалення палива електроспоживаючим обладнанням підприємства, удосконалення комунікацій і передачі інформації між підрозділами підприємства [44].

6.6.2 Завдання та функції підрозділів щодо впровадження СЕНМ

На підприємстві слід визначити окремих осіб, які нести відповідальність за забезпечення планування, виконання, управління діями, необхідними згідно системи енергоменеджменту, а також контроль за їх розвитком.

Основні обов'язки та повноваження, пов'язані з діяльністю в області СЕНМ, можна розподіляти між співробітниками підприємства таким чином, як це зазначено в табл. 6.2. З метою підвищення відповідальності співробітників підприємства при вирішенні проблем у сфері енергетичного менеджменту необхідно всі перераховані в табл. 6.2 функції включати в їхні посадові інструкції.

Таблиця 6.2 – Функції співробітників підприємства при впровадженні СЕНМ [42]

Категорії співробітників підприємства	Виконувані функції в області енергетичного менеджменту
1	2
Вище керівництво	- Загальне керівництво діяльністю в галузі енергетичного менеджменту; прийняття, затвердження, коригування та вдосконалення політики енергозбереження; - виділення ресурсів, необхідних для формування та розвитку системи енергетичного менеджменту;

Продовження таблиці 6.2

1	2
Вище керівництво (продовження)	<ul style="list-style-type: none"> - періодичний аналіз ефективності СЕНМ; - регулярний перегляд політики, цілей, завдань у сфері енергозбереження та СЕНМ в цілому за досягнутими результатами; - розробка політики, цілей і завдань енергозбереження підприємства та узгодження їх з керівництвом підприємства.
Співробітники служби енергетичного менеджменту	<ul style="list-style-type: none"> - Розробка політики, цілей і завдань енергозбереження підприємства та узгодження їх з керівництвом підприємства; - проведення (при необхідності – спільно з консультантами) оцінки поточного стану енергозбереження на підприємстві; - визначення пріоритетних аспектів діяльності підприємства в області енергозбереження; - розробка системи внутрішніх показників, що відображають результати діяльності підприємства в області енергетичного менеджменту, аналіз їх зміни; - розвиток системи виробничого енергетичного моніторингу; - організація періодичних аудитів СЕНМ (вибір і запрошення консультантів, аналіз і використання результатів); - розробка та ведення необхідної внутрішньої документації, що забезпечує ефективне функціонування СЕНМ; - інформування керівників виробничих підрозділів щодо питань у сфері енергетичного менеджменту та аналіз відомостей, одержуваних від них; - розробка та узгодження з керівництвом підприємства системи стимулювання персоналу для залучення всіх співробітників у діяльність в сфері енергетичного менеджменту; - організація зовнішніх і внутрішніх комунікацій; - відкрита демонстрація і практичне використання результатів діяльності в галузі енергетичного менеджменту, в тому числі з використанням мереж INTERNET та ін.
Керівник СЕНМ	<ul style="list-style-type: none"> - Участь в організації системи виробничого енергетичного моніторингу на підприємстві; - участь в оцінці поточного стану енергозбереження на підприємстві;

Закінчення таблиці 6.2

1	2
Керівник СЕнМ (продовження)	<ul style="list-style-type: none"> - участь в оцінці відповідності діяльності підприємства законодавчим та іншим вимогам в галузі енергозбереження; - участь у аудитах СЕнМ; - участь у визначенні пріоритетних аспектів діяльності підприємства у сфері енергозбереження; - участь у розробці внутрішніх показників, що відображають результати діяльності підприємства в області енергетичного менеджменту та аналізі їх зміни; - участь у розробці процедур, що забезпечують функціонування СЕнМ; - участь у розробці програми енергетичного менеджменту.
Керівники підрозділів	<ul style="list-style-type: none"> - Забезпечення послідовного залучення співробітників підрозділу в: - діяльність з енергетичного менеджменту; - участь у розробці програми енергетичного менеджменту; - забезпечення виконання персоналом підрозділу дій, визначених у програмі енергетичного менеджменту, та моніторингу здійснюваної діяльності; - розробка і забезпечення виконання коригувальних дій при невідповідності діяльності поставленим цілям і завданням у сфері енергетичного менеджменту; - забезпечення документування порядку виконання дій у СЕнМ та одержуваних результатів відповідно до рекомендацій енергоменеджера. - інформування персоналу підрозділу щодо питань у сфері енергетичного менеджменту та аналіз відомостей, одержуваних від співробітників підрозділу.
Персонал підприємства вцілому	<ul style="list-style-type: none"> - Участь у виконанні заходів і дій програми енергетичного менеджменту у відповідності з основними виробничими обов'язками; - ініціативна участь у розробці та реалізації безвитратних і малозатратних заходів щодо раціонального використання ПЕР, зниження втрат, запобігання впливу на навколишнє середовище, підвищення безпеки.

6.6.3 Тип і структура комунікацій

На підприємстві повинен бути встановлений порядок забезпечення та обміну інформацією в ході реалізації заходів системи енергоменеджменту. Має бути забезпечений внутрішній обмін інформацією між підрозділами підприємства та працівниками, а також зовнішній обмін з питань застосування необхідних технічних і організаційних рішень.

Служба енергоменеджменту в своїй роботі повинна взаємодіяти з такими підрозділами та відділами підприємства: службою головного енергетика, головним інженером, виробничо-технічним відділом, планово-економічним відділом, відділом матеріально-технічного постачання, а також з енергетичною дільницею підприємства.

Організація комунікацій служить основою формування системи енергетичного менеджменту на підприємстві. У будь-якій системі менеджменту можуть існувати формальні і неформальні комунікації. Формальними є такі комунікації, які заздалегідь обговорені в регламентах, описах процедур, посадових інструкціях. Розрізняють такі основні типи комунікацій в системах енергетичного менеджменту [40]: адміністративні комунікації («лінії влади»); фінансові комунікації; інформаційні комунікації.

Адміністративні комунікації відображають взаємопідлеглість суб'єктів у системі енергетичного менеджменту. Служба енергоменеджменту підприємства, як основний суб'єкт у системі енергетичного менеджменту, може мати різні типи підпорядкувань.

Фінансові комунікації показують, які суб'єкти в СЕНМ економічно взаємозалежні між собою при здійсненні діяльності у сфері енергозбереження. Такі комунікації також відображають послідовність прийняття фінансових рішень при реалізації програми енергозбереження та пошуку інвестицій для реалізації програми енергозбереження. Основними суб'єктами фінансових взаємин підприємства є бухгалтерія, керівництво підприємства, служба енергоменеджмента, планово- економічний відділ.

Інформаційні комунікації в СЕНМ показують взаємозв'язки, які виникають при обміні інформацією, пов'язаною з діяльністю у сфері енергозбереження. Це може бути обмін інформацією, яка має

обов'язково надаватися службі енергоменеджменту або керівництву підприємства (формальні комунікації), а може бути обмін інформацією на неформальній основі залежно від конкретної ситуації. Служба енергоменеджменту підприємства, інформаційно пов'язана з такими підрозділами, як відділи головного енергетика та головного механіка підприємства, виробничо-технічний відділ тощо. Обмін інформацією може бути односторонній і двосторонній.

Для енергетичного менеджменту характерно активне використання неформальних комунікацій у процесі практичної реалізації діяльності та досягнення поставлених цілей і завдань в галузі енергозбереження.

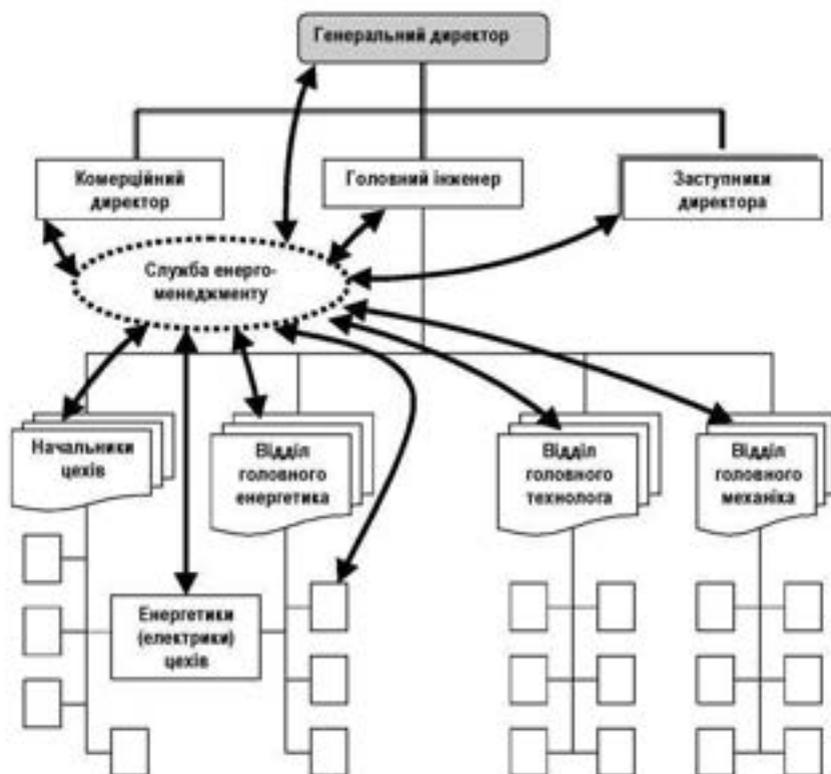


Рисунок 6.2 – Функціональні та інформаційні зв'язки служби ЕМ [42]

Для більш оперативної та продуктивної реалізації запланованої діяльності підприємства в області енергетичного менеджменту має бути створена ефективна система інформаційного забезпечення, що об'єднує внутрішні та зовнішні канали зв'язків підприємства. Дана система сприятиме поширенню своєчасної та необхідної інформації про реалізацію програми енергозбереження по всіх рівнях управління підприємством, тим самим забезпечуючи проінформованість керівництва з питань енергетичного менеджменту, а також зв'язок підрозділів, зайнятих вирішенням проблем енергозбереження. Функціональні та інформаційні комунікації служби ЕМ представлені на рис. 6.2.

6.6.4 Обізнаність, навчання і компетентність

Підприємство має забезпечити, щоб кожний працівник, який працює для підприємства або за його дорученням, який має відношення до режимів значного використання енергії, був компетентний на основі відповідної освіти, навчання і підготовки, навичок або досвіду. Керівництво підприємства має визначити потреби у навчанні та підготовці персоналу, пов'язані з керуванням своїми режимами значного використання енергії та функціонуванням СЕНМ. Керівництво підприємства має організовувати проведення навчання і підготовки персоналу або вжити інших заходів для задоволення цих потреб.

Необхідно вести і забезпечити збереження відповідних записів. Підприємство має забезпечити, щоб кожний працівник, працюючий для нього або за його дорученням, усвідомлював:

- важливість відповідності енергетичній політиці, процедурам і вимогам СЕНМ;
- свої функціональні обов'язки і відповідальність за досягнення відповідності вимогам СЕНМ;
- переваги, пов'язані з покращенням енергетичної результативності;
- вплив (фактичний або потенційний) своїх дій стосовно використання та споживання енергії, та про те, як його діяльність сприяє загальному внеску у досягнення енергетичних цілей і завдань, та можливі наслідки відхилення від встановлених процедур.

6.6.5 Оцінка відповідності, невідповідності, коригувальні та попереджуючі дії

У відношенні фактичних і потенційних невідповідностей керівництво підприємства повинно здійснювати корекції, застосовувати коригувальні та попереджуючі дії, включаючи наступне:

- аналіз невідповідностей або потенційних невідповідностей;
- визначення причин невідповідностей або потенційних невідповідностей;
- оцінка необхідності вжиття заходів, спрямованих на виключення появи або повторного виникнення невідповідностей;
- визначення і впровадження необхідних заходів;
- підтримання в робочому стані записів про коригувальні та попереджуючі дії;
- аналіз ефективності вжитих коригувальних або попереджуючих дій.

Коригувальні та попереджуючі дії повинні бути відповідні масштабом виявлених і потенційних проблем та наслідків, які мають відношення до енергетичної результативності. Підприємство має забезпечити внесення будь-яких необхідних змін, що стосується СЕНМ [42].

6.6.6 Дії з заходами щодо покращення стану енергоефективності

Служба енергоменеджменту підприємства має розробити та погодити з керівництвом підприємства план заходів щодо покращення стану енергоефективності.

Плани заходів щодо ефективного енергокористування мають бути комплексними і виконуватися за таких умов:

- визначення відповідальних осіб по кожному заходу;
- встановлення конкретних термінів і кількісних завдань з виконання кожної індивідуальної цілі та завдання;
- додатки до плану методики визначення показників енергоефективності.

6.6.7 Планування та порівняльний аналіз, план-графік впровадження СЕНМ

Необхідно також спочатку провести енергопланування та порівняльний аналіз минулого і поточного використання та споживання ПЕР.

Пропонується розглядати послідовність розробки та впровадження СЕНМ на підприємстві як низку характерних етапів, виконання яких є обов'язковим для ефективного функціонування СЕНМ (програма впровадження СЕНМ):

- розробка політики енергозбереження підприємства;
- розробка програми енергозбереження підприємства;
- формування служби енергоменеджмента;
- впровадження комплексу енергетичного моніторингу;
- створення комплексу внутрішніх стандартів, що регламентують функціонування СЕНМ;
- розробка програм мотивації, інформування та навчання персоналу у сфері енергозбереження;
- навчання персоналу у сфері енергозбереження;
- проведення аудиту СЕНМ;
- проведення сертифікації СЕНМ.

План-графік впровадження СЕНМ включає наступні етапи:

- Формування оргструктури СЕНМ; призначення представника керівництва, відповідального за енергоефективність; формування команди з розробки СЕНМ; затвердження заходів у вигляді наказу по підприємству.
- Аналіз існуючої СЕНМ підприємства.
- Навчання керівників підприємства та виробничих підрозділів вимогам стандарту ISO 50001.
- Навчання членів команди з розробки та впровадження СЕНМ вимогам стандарту ISO 50001 та методології створення СЕНМ.
- Проведення та документування енергоаналізу підприємства.
- Розробка плану заходів з підвищення енергоефективності існуючої СЕНМ.
- Адаптація існуючих документів, визначення переліку необхідних додаткових документів першого (пріоритетного) та другого списку; складання план-графіка розробки документованих процедур; підготовка завдань.

Введення в дію розробленої документації СЕНМ, інтеграція СЕНМ в загальну систему управління підприємства.

Необхідно ввести в дію розроблену документацію СЕНМ, серед якої, в першу чергу, енергополітика підприємства, загальні положення про СЕНМ підприємства, посадова інструкція начальника СЕНМ і посадова інструкція енергоменеджера підприємства.

При створенні СЕНМ виникають питання, пов'язані з функціональною, інформаційною, організаційною та технічною інтеграцією її з окремими частинами загальної системи управління підприємства [42].

6.6.8 Дослідна експлуатація результатів впровадження СЕНМ

Перш, ніж повноцінно запрацювати, здійснюються випробування і дослідна експлуатація розробленої СЕНМ. Система енергоменеджменту має впроваджуватися ітераційним методом, тобто поступово в кілька етапів з певними висновками, що послужать основою для покращення СЕНМ на підприємстві. Вищезазначені процеси необхідно проводити оскільки на перших порах практичного впровадження є вірогідність виникнення прихованих та непередбачених недоліків, які необхідно виправляти. Також можуть коригуватися багато моментів щодо виділення та розподілу матеріальних і людських ресурсів. Прикладом цього можуть бути зміни в обсягах фінансування, кількості співробітників служби енергоменеджменту і т. д. Важливим фактором може бути коригування посадових обов'язків співробітників служби енергоменеджменту, зміни в постановці енергоцілей і енергозадач.

6.6.9 Контроль критичних точок і покращення СЕНМ

Згідно ISO 50001 важливим аспектом енергоменеджменту є процес постійного поліпшення. Для того, щоб бути впевненими в успіху СЕНМ на підприємстві потрібно постійно контролювати як досягаються поставлені цілі, вирішуються поставлені завдання і чи оптимально функціонує СЕНМ.

У разі необхідності проводяться коригувальні дії.

При регулярному контролі функціонування системи необхідно розглядати наступні аспекти:

- моніторинг та вимірювання;
- контроль відповідності юридичним зобов'язанням;
- невідповідності, коригувальні та попереджувальні дії;
- планування та структуризація записів.
- внутрішні аудити;
- контроль зі сторони вищого керівництва.

Огляд системи з боку вищого керівництва – це не тільки оцінка статусу СЕНМ, але й важливий інструмент для визначення можливості покращення енергоефективності підприємства.

6.6.10 Поточний моніторинг результатів впровадження СЕНМ

Підприємству слід організувати і в подальшому підтримувати розвиток системи поточного моніторингу діяльності в сфері енергетичного менеджменту, покликаної стати механізмом зворотнього зв'язку, що дозволяє коригувати дії та заходи відповідно до поставлених цілей, завдань і прийнятої програми підприємства у сфері енергозбереження. Дана система передбачає також проведення оцінки діяльності підприємства на відповідність законодавчим та іншим вимогам у сфері енергозбереження.

На підприємстві має бути налагоджено відповідне технічне обслуговування обладнання, зокрема, забезпечена точність даних з калібрування приладів і контрольних пристроїв, а також комп'ютерів і програмного забезпечення. Записи, які фіксують результати процесу моніторингу, мають зберігатися відповідно до затвердженого на підприємстві порядку.

Процес підбору контрольованих показників діяльності підприємства у сфері енергозбереження повинен відбуватися безперервно. Показники мають бути об'єктивними, зручними, піддаватися перевірці, відповідати прийнятій політиці енергозбереження.

У разі виявлення за даними поточного моніторингу невідповідності фактичних результатів діяльності виробленим раніше цілям і завданням підприємства у сфері енергозбереження, а також законодавчим та іншим вимогам у сфері енергозбереження, передбачається розробка та реалізація необхідних коригувальних і/або

превентивних заходів. Одночасно підприємством вносяться (при обов'язковій документальній фіксації) певні зміни в розроблені раніше та офіційно прийняті процедури.

На підприємстві встановлюється порядок розподілу обов'язків і повноважень щодо з'ясування та усунення причин невідповідності, вжиття заходів з енергозбереження, визначенню термінів здійснення превентивних та коригувальних заходів [44].

6.7 Висновок

Енергетичний менеджмент – це самостійний вид професійної діяльності, спрямований на досягнення в ході будь-якої господарської діяльності підприємства (організації), що діє в ринкових умовах, зниження витрат шляхом підвищення енергетичної ефективності.

Підвищення енергоефективності на підприємстві підвищує доходи підприємства і разом з тим збільшує продуктивність через удосконалення виробничих процесів та скорочує викиди у навколишнє середовище.

Структурований енергетичний менеджмент функціонує в багатьох компаніях по всьому світу. Енергоменеджмент включає в себе набір заходів, націлених на економію енергетичних ресурсів: моніторинг енергоспоживання, розробку енергетичних бюджетів, аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів, розробку енергетичної політики, планування нових енергозберігаючих заходів.

Стандарт ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту» – міжнародний стандарт, створений ISO для управління енергосистемами, який визначає вимоги для установки, впровадження, супроводу і поліпшення системи енергоменеджменту. Мета даного стандарту – дозволити суб'єктам господарювання використовувати системний підхід у досягненні послідовного поліпшення енергосистеми, включаючи енергоефективність, енергобезпеку і енергоспоживання.

7 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

7.1 Резюме

Оптимальні режими енергоспоживання являються основою енергозбереження на підприємстві. Режими енергоспоживання залежать від великої кількості як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. Через це керівникам підприємства дуже часто складно або, навіть, неможливо підібрати оптимальний по енергоспоживанню режим роботи підприємства. Для прийняття рішень по вибору оптимального режиму роботи існує інтелектуальна система підтримки прийняття рішень (СППР), яка на основі математичного моделювання та за допомогою програмного забезпечення надає керівникам підприємства найбільш оптимальні вихідні дані.

В даному розділі розглянуті основні поняття, задачі, принципи та вимоги до системи підтримки прийняття рішень (СППР) на підприємстві, також приведено основні види та вимоги до комп'ютерної СППР.

7.2 Роль та місце СППР в системі управління виробництвом

7.2.1 Модель СППР

Поняття і визначення. Сучасні інформаційні системи інтелектуальної підтримки процесів розробки і реалізації управлінських рішень (Системи підтримки прийняття рішень – СППР) являють собою системи, максимально пристосовані до вирішення завдань

повсякденної управлінської діяльності, є інструментом, покликаним надати допомогу особам, які приймають рішення (ОПР). За допомогою СППР може проводитися вибір рішень деяких неструктурованих і слабоструктурованих задач, в тому числі і багатокритеріальних.

Система Підтримки Прийняття Рішень (СППР) або Decision Support System (DSS) – це комп'ютерна автоматизована система, метою якої є допомога особам, які приймають рішення в складних умовах, для повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності. Ранні визначення СППР (на початку 70-х років минулого століття) відображали такі три моменти:

- можливість оперувати з неструктурованими або слабоструктурованими задачами, на відміну від задач, з якими має справу дослідження операцій;
- інтерактивні автоматизовані (тобто реалізовані на базі комп'ютера) системи;
- поділ даних і моделей.

Останнє визначення не відображає участі комп'ютера в створенні СППР, питання можливості включення нормативних моделей до складу СППР.

В даний час немає загальноприйнятого визначення СППР, оскільки конструкція СППР суттєво залежить від виду завдань, для вирішення яких вона розробляється, від доступних даних, інформації і знань, а також від користувачів системи. Можна навести, тим не менш, деякі елементи і характеристики, загальноновизнані, як частини СППР:

СППР – це «сукупність процедур по обробці даних і суджень, що допомагають керівникові в прийнятті рішень, заснована на використанні моделей».

СППР – це «інтерактивні автоматизовані системи, які допомагають особі, що приймає рішення, використовувати дані і моделі для вирішення слабо структурованих проблем».

СППР – це «система, яка забезпечує користувачам доступ до даних і або моделям, так що вони можуть приймати кращі рішення».

Розглядаючи процеси прийняття рішень, можна виділити інформаційну, модельну і експертну підтримки прийнятих рішень,

реалізованих в СППР, які представляють собою інформаційні системи, призначені для вирішення неструктурованих завдань і генерування альтернативних рішень, місце СППР серед існуючих інформаційних систем наведено на рис. 7.1.



Рисунок 7.1 – Місце СППР серед існуючих ІС

Розглядаючи процеси підтримки рішень в ІС, ми бачимо, що інформаційна підтримка рішень заснована на Інформаційних системах управління (ІСУ) та Системах автоматизації офісу (САО). Моделювальна підтримка рішень будується на базі СППР, а експертна – на базі експертних систем, що представлено на рис. 7.2.



Рисунок 7.2 – Різновиди існуючих ІС

Аналізуючи вищенаведені визначення, ми бачимо, що СППР принципово відрізняється від традиційних систем аналогічного призначення тим, що вона орієнтована на конкретного користувача, на його знання, досвід і інтуїцію, його систему цінностей. В основу СППР покладено визнання того факту, що процес прийняття рішень має суб'єктивний характер. По суті це означає, що користувач є повністю самостійним і діє на підставі своїх власних знань, досвіду та інтуїції. Звісно, що при цьому не виключено залучення будь-яких експертів і консультантів за його розсудом. Таким чином, система СППР допомагає користувачеві знайти рішення, які саме на його думку є найкращими, але які без її допомоги було б важко, або навіть неможливо відшукати через дуже велику складність розв'язуваної задачі.

Сучасні Системи підтримки прийняття рішень є результатом мультидисциплінарного дослідження, заснованого на теорії:

- баз даних (Data Base – DB) і баз знань (Data Knowledge – DK);
- штучного інтелекту (Artificial Intelligence – AI);
- інтерактивних комп'ютерних систем;
- методів імітаційного моделювання.

Системи підтримки прийняття рішень виникли в результаті злиття управлінських інформаційних систем і систем управління базами даних.

Сучасні СППР використовують такі інформаційні технології:

- сховища даних (Data Warehouse – DW);
- засоби оперативної (в реальному масштабі часу) аналітичної обробки інформації (On-Line Analytical Processing – OLAP);
- засоби отримання інформації – (Data Mining – DM), текстів (Text Mining – TM) і візуальних образів (Image Mining – IM).

7.2.2 Мета та призначеність СППР

У загальному випадку побудова дерев цілей і рішень є складною, самостійною і погано формалізуємою проблемою прийняття рішень. Традиційно методи побудови дерев цілей і рішень, як правило, засновані на розробці і застосуванні експертних процедур або систем.

Численні ж психологічні дослідження показують, що керівники без додаткової аналітичної підтримки використовують спрощені,

а іноді і суперечливі вирішальні правила [45], як при прийнятті стратегічних, так і тактичних рішень. З огляду на це, місце системи підтримки прийняття рішень в системі управління, в тому числі і в металургійному виробництві, показано на рис. 7.3.

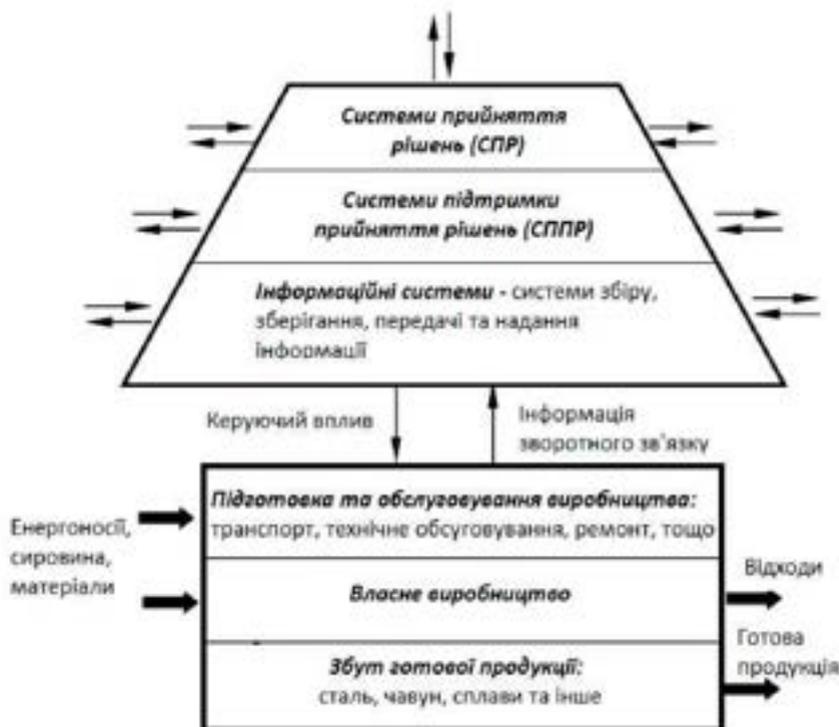


Рисунок 7.3 – Місце систем підтримки прийняття рішень в системі управління

Схема системи управління виробництвом показана у вигляді трапезії, що складається з трьох «шарів». Всередині і зовні трапезії управління циркулюють інформаційні потоки. Зверху вниз – дії, від низу до верху – інформація зворотного зв'язку, по горизонталі – обмін інформацією між внутрішніми об'єктами одного рівня, а також між внутрішніми і зовнішніми об'єктами.

У основі трапеції показані системи збору, обробки, зберігання, передачі та подання інформації. Ці системи являють собою інформаційну модель виробництва. На верхньому «шарі» трапеції управління знаходяться керівники виробництва, об'єднані разом з об'єктом управління в певну організаційну структуру управління, які приймають рішення і утворюють системи прийняття рішень (СПР).

В середньому «прошарку» трапеції знаходиться система підтримки прийняття рішень (СППР). Моделі, закладені в СППР виконують різноманітні розрахунки, виробляють оцінки, генерують варіанти можливих рішень (як стратегічних, так і тактичних), оцінюють їх, прогнозують наслідки рішень.

Сьогодні робота систем підтримки процесу прийняття рішень, так чи інакше, заснована на формалізації методів отримання вихідних і проміжних оцінок, які дають ОПР і алгоритмізації самого процесу прийняття рішення в будь-якій вершині графі побудованого дерева рішень.

Якщо ж співвідносити функції СППР з тими основними завданнями, які зазвичай вирішуються при управлінні реалізацією будь-яких виробничих процесів в галузях металургійного виробництва, то взаємозв'язок системи підтримки прийняття рішень з завданнями управління виробництвом представляється так, як показано на рис. 7.4.

Суть схеми, представленої на цьому рисунку полягає в тому, що всі (або тільки необхідні) функції (моделі) СППР використовуються при вирішенні кожного завдання управління для досягнення намічених цілей.

Перелік завдань управління виробництвом представлений на рис. 7.4. відповідає традиційному поділу функцій управління виробництвом за фазами управління.

На рис. 7.5 показано один з можливих варіантів схеми послідовностей виконання робіт (рішень ОПР) з управління виробництвом, отриманного зі списку завдань управління правої частини рис. 7.4. Номери вершин схеми відповідають номерам завдань управління. Зірочками відзначені номери вершин, для яких система СППР виконує частково або повністю функції, перераховані в лівій частині рис. 7.4. Зауважимо, що в вершинах схеми з номером 5 СППР не відображено. Це означає, що в такій вершині реалізуються чисто службові алгоритми збору та обробки інформації про виробничий процес, але СППР все одно працює.



Рисунок 7.4 – Зв'язок систем підтримки прийняття рішень

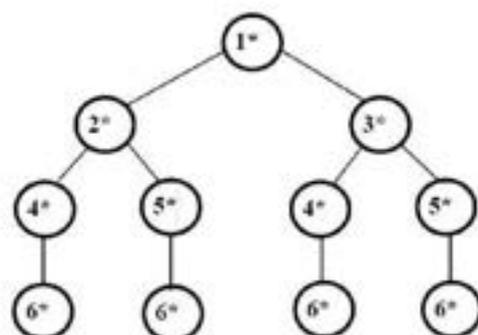


Рисунок 7.5 – Схема можливих варіантів
послідовностей виконання робіт

7.3 Формування структури прийняття рішень

Структура прийняття рішень (СПР) по управлінню електроспоживанням промислових виробництв є представленням ЗЗУ у вигляді сукупності ЗУ Z , що описується орієнтованим графом $G_I(Z_I V_I)$, що представлено на рисунку 7.6, де $Z = \{z_i\}$, $i = 1, I$ ($I=4$) – множина вершин (задач управління) графу; $V_I \subset Z \times Z$ – множина дуг (z_i, z_j) , $i \neq j$ графу, що відображає зв'язаність ЗУ (причинно-наслідкові зв'язки між ЗУ); $z_i \in Z$ – задачі, реалізація яких необхідна для вирішення ЗУ z_j .

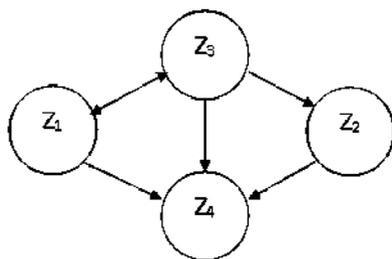


Рисунок 7.6 – Укрупнена схема прийняття рішень по управлінню електроспоживанням виробництв

Усі задачі з управління є оптимізаційними, тобто при вирішенні будь-якої з них необхідно отримати максимальну ефективність. Для вирішення конфліктів між ними вирішуються задачі координації, в яких використовуються різні способи формального вираження компромісу, а також інтуїція та досвід управлінського персоналу промислових виробництв. Найбільша ефективність при вирішенні конфліктів між ЗУ досягається в випадку використання діалогових процедур, заснованих на інтерактивному спілкуванні енергодиспетчера з інформаційно-обчислювальним комплексом (ІОК). Даний підхід до вирішення конфліктів дозволяє енергодиспетчеру в діалозі з ІОК змінювати умови розв'язання ЗУ, здійснювати перегляд отриманої множини розв'язань та вибір одного з них [46]. Склад задач управління приведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Найменування та склад задач управління електропостачанням

Найменування задач	Склад задач
Z ₁	Встановлення обмежень на параметри електроспоживання виробництв (величина заявленої потужності, ліміти на споживання електроенергії, мінімально та максимально допустимі відхилення напруги у вузлах електромережі), а також параметри технічного стану електрообладнання та якості продукції, що виготовляється на ньому.
Z ₂	Оптимізація балансів виробництв за активною та реактивною електроенергією, планування споживання електроенергії та активної потужності виробництвами та виробничими підрозділами.
Z ₃	Забезпечення надійного електропостачання виробництв: вибір топології електромережі; планування споживання електроенергії, активної та реактивної потужності, моніторинг технічного стану електроспоживаючого технологічного обладнання.
Z ₄	Підвищення ефективності управління електроспоживанням виробництв шляхом морального та матеріального стимулювання персоналу служби головного енергетика.

Структура прийняття рішень дозволяє розглядати ЗЗУ електроспоживанням виробництв за частинами, вирішуючи задачі помітно меншої складності. Оптимальність управління електроспоживанням виробництв у цілому при цьому досягається координацією та узгодженням результатів вирішення цих задач.

Діючи в наш час АСКОЕ є, зазвичай, системами обліку, обробки даних та спостереження за ними. Економічний ефект від впровадження таких систем не може бути більшим через те, що задачі, які розв'язуються ними, складають лише підготовчий етап (побудова інформаційної бази) для інтегрованого управління електроспоживанням промислових виробництв.

Окремі задачі управління, що реалізуються АСКОЕ, характеризуються відсутністю оптимізаційних процедур, необхідних для прийняття ефективних управлінських рішень.

Впровадження запропонованого у роботі комплексу ЗУ є очевидним розвитком існуючих АСКОВЕ, яке забезпечує розумне поєднання формалізованих методів та інтуїції людини в управлінні електроспоживанням виробництв, що дозволяє приймати адекватні рішення в реальних умовах виробництва [47].

7.4 Формалізація процесу планування режимів електроспоживання

Наявність системи автоматизованого обліку електроенергії на промислових виробництвах дозволяє автоматично та оперативно складати та оптимізувати річні, квартальні та місячні баланси за активною та реактивною електроенергією за виробництвом та окремими виробничими підрозділами (цехами), а також підвищувати їх достовірність та точність за рахунок виключення помилкових записів показань приладів, особливо при їх великій кількості.

На основі електробалансів виконується аналіз використання, визначаються основні напрямки економії та виявляються можливості скорочення втрат електроенергії. В результаті окреслюються заходи по покращенню електровикористання та здійснюється вибір оптимальної стратегії планування електроспоживання виробництв.

Електробаланс є базою для вдосконалення нормування електроспоживання – одного з основних факторів, що визначають проведення енергозберігаючої політики та її ефективність на виробництвах. Основна задача нормування полягає в використанні при плануванні технічно, економічно та науково обґрунтованих норм витрат електроенергії.

Досі питомі норми споживання електроенергії на виробництвах визначаються по фактично досягнутим результатам з урахуванням їх планового зниження на 10–15 %, а в кращому випадку, на підставі середніх статистичних величин або жорстких причинно-наслідкових залежностей, отриманих для окремих електроприймачів та їх груп.

До того ж існуючі методики не прив'язані до організаційних підрозділів виробництв, тому не дозволяють ефективно здійснювати заходи з морального та матеріального стимулювання енергозбереження [48].

Особливістю запропонованої методики є використання ймовірно-статистичного підходу до визначення норм витрат електроенергії безпосередньо для структурних одиниць виробництва – виробничих підрозділів – та виробництва у цілому. Норми визначаються для загальноприйнятих інтервалів планування – місяць та квартал.

Такий підхід забезпечує структурну стійкість моделей нормування, обумовлену різноманітністю та великою кількістю ТО у виробничих підрозділах, дозволяє автоматизувати процедуру нормування та підвищити ефективність заходів з морального та матеріального стимулювання економії електроенергії.

Споживання електроенергії залежить від ряду основних та другорядних факторів. Основні фактори обумовлені складом та режимами роботи ТО, асортиментом та якістю продукції, що випускається, а другорядні пов'язані з випадковими коливаннями якості матеріалів, комплектуючих та готової продукції, випадковими відхиленнями від прийнятої технології та цілим рядом інших причин.

Виділення виробничих об'єктів, від яких електроспоживання виробництв залежить у найбільшій мірі, здійснюється на основі значень коефіцієнта кореляції, який визначається за формулою:

Виділення виробничих об'єктів, від яких електроспоживання виробництв залежить у найбільшій мірі, здійснюється на основі значень коефіцієнта кореляції, який визначається за формулою:

$$R(\Pi, W) = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Pi_j W_j - \bar{\Pi} \bar{W}}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (\Pi_j - \bar{\Pi})^2 \sum_{j=1}^N (W_j - \bar{W})^2}}, \quad (7.1)$$

де $\Pi = \{\Pi_j\}$ – фактичний об'єм продукції, виготовленої виробничим підрозділом в j -й робочий день;

$W = \{W_j\}$ – фактично спожита виробництвом електроенергія в j -й робочий день, кВт·год;

N – кількість робочих днів в періоді, що використовується для обчислення коефіцієнту кореляції;

$\bar{\Pi}$ та \bar{W} – відповідно середні значення Π та W .

За величиною коефіцієнта кореляції можна судити також про характер залежності між Π та W . При значеннях $R(\Pi, W)$, що мають нормальний закон розподілення, та близьких за абсолютною величині до одиниці, можна вважати цю залежність лінійною. Для багатомоделювальних виробництв середньої енергоємності (з максимальним електричним навантаженням 15–18 МВт) гіпотеза про нормальність $R(\Pi, W)$, як правило, виконується.

Основні закономірності змінення електроспоживання окремих виробничих об'єктів можна виявити шляхом побудови їх енергетичних характеристик, які представляють собою функції споживання електроенергії від об'єму виготовленої продукції.

При цьому на підставі паспортних даних ТО та технологічного регламенту будується енергетична характеристика виробничого об'єкту: енергоємного агрегату, цеху або виробництва в цілому. У якості початкових даних для її побудови приймаються фактичні витрати електроенергії, що отримуються вимірюваннями при нормальних умовах роботи виробництва, станах механізмів та машин [49].

Методика заснована на побудові кривих $w_n = f_n(\Pi_n)$ та $W_n = w_n \Pi_n$, $n = \overline{1, N}$, що описують питоми споживання w_n та фактичні витрати W_n (кВт·год) електроенергії при заданих об'ємах Π_n продукції (в натуральних одиницях або в нормо-годинах), що виробляються об'єктами планування, на відрізках $[\Pi_n^*, \Pi_n^*]$, де Π_n^* та Π_n^* – межі планування.

За аналогією з $w_n = f_n(\Pi_n)$, $n = \overline{1, N}$ здійснюється побудова нормоутворюючих моделей, які визначаються за формулою:

$$w'_n = a'_n \Pi_n^2 + b'_n \Pi_n + c'_n, \quad (7.2)$$

де a'_n, b'_n, c'_n – оцінки параметрів моделі для n -го об'єкту, вираховані за статистичними даними $w'_n(\Pi_n) \leq f_n(\Pi_n)$, що характеризують раціональне використання ними електричної енергії (електрозбереження).

На основі залежностей $w_n = f_n(\Pi_n)$ по відношенню $W_n^{max} = w_n^* \Pi_n$ визначається планове споживання електроенергії n -м об'єктом.

У разі необхідності (великої дисперсії $w'_n(\Pi_n)$) за планове споживання електроенергії приймається верхня довірча межа нормоутворюючої моделі.

Дана методика дозволяє планувати електроспоживання промислових виробництв в фактичних умовах виробництва, схильних до впливу багатьох випадкових факторів.

За значеннями w_n та w_n^* , що відповідає $\Pi_{ном}$, де $\Pi_{ном}$ – середина зони $[\Pi_n^*, \Pi_n^*]$, можна оцінити резерв економії електроенергії ΔW (кВт·год), що відповідає даному рівню експлуатації ТО та організації виробництва, та визначається за формулою:

$$\Delta W = (w_n - w_n^*) \Pi_{ном} \quad (7.3)$$

Щоб реалізувати цей резерв, необхідно виявити конкретні фактори, які викликають нераціональні витрати електричної енергії, та мобілізувати персонал підрозділів виробництв на отримання даної економії.

Виходячи з тенденції змінення питомих норм витрат електроенергії за майбутні періоди, здійснюється прогноз норм та лімітів (добового, місячного та річного) електроспоживання виробництв та виробничих підрозділів.

У якості методів прогнозування можна використовувати як регресійні методи, так і методи штучного інтелекту, які дозволяють врахувати множину факторів, що впливають на норми та ліміти споживання електроенергії [50].

При цьому треба мати на увазі, що на точність прогнозування питомих норм та лімітів електроспоживання суттєвий вплив має якісний та кількісний склад електроспоживаючого ТО.

Результати прогнозування використовуються при складанні поточних та перспективних планів споживання електроенергії на виробництвах.

Служба головного енергетика, а також керуючий склад виробничих підрозділів, за якими здійснюється планування електроспоживання, забезпечують контроль виконання питомих норм витрат та раціонального використання електроенергії.

Щодобово виконується зведена відомість показників електроспоживання за виробничими підрозділами:

- фактичних та планових витрат електроенергії;
- коефіцієнтів використання встановлених лімітів;
- вартісних показників.

Порівняльний аналіз показників дає об'єктивну оцінку ефективності електроспоживання, дозволяє щодобово «відстежувати» рівень фактичного споживання електроенергії, своєчасно реагувати на її перевитрати або недовикористання, вносити корективи в роботу виробничих підрозділів.

На основі даного аналізу розробляється план організаційно-технічних заходів по раціональному використанню та економії електроенергії.

7.5 Основні задачі СППР планування режимів електроспоживання

7.5.1 Ущільнення графіків навантаження

Ущільнення графіка навантаження ЕЕС може здійснюватися загальноорганізаційними заходами, засобами ЕЕС і регулюванням режиму роботи самих споживачів електроенергії.

До загальноорганізаційних заходів слід віднести розподіл вихідних днів промислових виробництв, розпорядок початку роботи, обідніх і міжзмінних перерв промислових виробництв, а також часовий зсув в літню пору. Однак ці заходи безпосередньо зачіпають соціально-побутові умови життя суспільства і тому повинні використовуватися досить обережно і продумано. Слід зазначити, що деякі з цих заходів можуть, навпаки, привести до збільшення нерівномірності графіка завантаження [47, 48].

До засобів керування ЕЕС відносяться об'єднання ЕЕС і акумулювання енергії в години провалу графіка навантаження і видача її в години максимуму ЕЕС.

Впорядкування графіків роботи технологічних агрегатів промислових споживачів електроенергії, призначення часу ремонту технологічних установок, створення запасів напівфабрикатів для можливості зупинки деяких проміжних ланок технологічного процесу сприяють ущільненню графіків навантаження ЕЕС.

Досягнутий рівень теоретичних розробок в області аналізу режимів роботи мереж електропостачання промислових виробництв дозволяє ставити і вирішувати питання оптимальної організації цих режимів і управління ними. У цій главі викладаються засновані на

теорії кореляції електричних навантажень принципи розрахунків по організації спільного режиму роботи груп електроприймачів з метою вирівнювання графіка навантаження живлячої їх мережі.

Викладені нижче принципи оптимізації режиму роботи електроприймачів є, по суті, рекомендаціями по організації (синтезу) такого групового режиму роботи, що визначається порядком включень окремих електроприймачів в їх групі, що живляться від одного елемента мережі (лінії або трансформатора), який призводить:

- до мінімуму максимального значення потужності, конкретніше – до зниження півгодинного максимуму навантаження;
- до мінімуму втрат потужності та електроенергії в мережі.

Рішення першої частини цього завдання може дати можливість при проектуванні вибрати зменшені значення потужності трансформаторів і перетину ліній живлення, а при експлуатації знизити півгодинний максимум потужності виробництва [47; 48].

Теоретична основа рішення задачі.

Як відомо, максимум середнього навантаження, наприклад, по струму за змінний інтервал тривалістю θ , що далі позначається $I_{\theta m}$ знаходять за відомою формулою, А:

$$I_{\theta m} = I_c + \beta \sqrt{DI_{\theta}}, \quad (7.4)$$

де I_c – середнє значення навантаження;

DI_{θ} – дисперсія середніх значень навантаження I_{θ} (на інтервалах θ);

β – коефіцієнт, що залежить від допустимої вірогідності перевищення навантаженням I_{θ} значення $I_{\theta m}$.

Дисперсію DI_{θ} розраховують за формулою Г. М. Каялова:

$$DI_{\theta} = \frac{2}{\theta^2} \int_0^{\theta} d\tau \int_0^{\tau} K_I(\tau) d\tau, \quad (7.5)$$

де $K_I(\tau)$ – автокореляційна функція процесу (графіка) $I(t)$ зміни навантаження.

Як дисперсія DI миттєвих значень навантаження, так і дисперсія DI_{θ} є показниками нерівномірності графіка навантаження. За визначенням дисперсія DI є різниця між квадратами середньоквадратичного I_{ck} та середнього I_c навантаження, або відповідно за формулою:

$$DI_0 = I_{0ck}^2 - I_{0c}^2 = I_{0ck}^2 - I_c^2. \quad (7.6)$$

Дисперсія DP групового графіка навантаження $P(t) = \sum_{r=1}^n p_r(t)$ мережі, що живить n електроприймачів з графіками $p_r(t), r=1, 2, \dots$ (в окремому випадку $p_r(t)$ можуть бути, в свою чергу, графіками деяких вузлів, наприклад ліній, що формують графік навантаження джерел живлення, наприклад трансформатора), визначається за формулою:

$$DP = \sum_{r=1}^n Dp_r + 2 \sum_{r < s} kp_{rs}(t_{rs}), \quad (7.7)$$

де Dp_r – дисперсія графіків навантаження $p_r(t)$;

$kp_{rs}(t_{rs})$ – взаємно корелюючи моменти графіків навантаження r -го та s -го електроприймача, що визначається по значенню взаємно кореляційної функції $kp_{rs}(\tau)$ цих графіків при значенні $\tau = t_{rs}$;

t_{rs} – зсув в часі між графіками $p_r(t)$ та $p_s(t)$, тобто інтервал між моментами ввімкнення r -го та s -го електроприймача.

Зменшення величини DP можливо лише зменшенням другої суми в правій частині цієї формули, яку будемо називати кореляційною складовою дисперсії і яку позначимо формулою:

$$D_k(t_{rs}) = 2 \sum_{r < s} kp_{rs}(t_{rs}), \quad (7.9)$$

Таким чином, рішення задачі вирівнювання групового графіка навантаження полягає в заданні зсувів t_{rs} між моментами ввімкнення електроприймачів, що призводить до мінімуму величини $D_k(t_{rs})$.

Особливості вирішення задачі.

До особливостей рішення задачі відшукування умов, що визначають мінімум функції і впливають на вибір можливих способів вирішення і, зокрема, на точність обчислень.

Другою особливістю даної задачі є її дискретний характер, який визначається сумою кінцевого числа доданків. Рішення задачі залежить від виду (формули або графіка) взаємно кореляційної функції (ВКФ). Для випадку завдання графіків навантаження безперервними функціями, що дозволяють отримати безперервні, що мають аналітичний вираз ВКФ, задача вирівнювання графіка навантаження, тобто відшукування мінімуму суми взаємно кореляційних моментів (ВКМ), може мати аналітичне рішення, відповідно до

чого метод знаходження цього рішення названий аналітичним. Найбільш часто графіки навантаження (технологічні, експериментальні) або їх моделі мають ступінчастий характер. В цьому випадку для вирішення завдання вирівнювання слід застосовувати метод, який отримав назву пріоритетно-крокового [47; 48].

Пріоритетно-кроковий метод (загальний випадок). Відповідно до цього методу зсуви t_{rs} між графіками вибираються послідовно («кроками»), а послідовність задається пріоритетним рядом екстремумів (мінімумів) ВКФ: при першому кроці вибирається зсув між парою графіків, що мають максимально від'ємне значення ВКФ (при цьому зсуві); при другому кроці вибирається зсув між парою графіків, негативний екстремум яких займає друге місце в пріоритетному ряду тощо. У процесі вибору можливе корегування обраних зсувів, що викликається необхідністю врахування технологічних обмежень чи іншими причинами.

Пріоритетно-кроковий (кореляційно-резонансний) метод. Даний метод в даній роботі ілюструється спочатку на прикладі двоступеневих графіків навантаження, ВКФ яких дається або апроксимується формулою.

$$k_{p_{rs}}(\tau) = \begin{cases} \pm\sqrt{Dp, Dp_s} \left(1 - \frac{4\tau}{t_u}\right), & 0 \leq \tau \leq \frac{t_u}{2} \\ \pm\sqrt{Dp, Dp_s} \left(\frac{4\tau}{t_u} - 3\right), & \frac{t_u}{2} \leq \tau \leq t_u \end{cases} \quad (7.10)$$

При однакових електроприймачах величина DP і вибір зсувів t_{rs} визначаються числом електроприймачів n .

При парному n матиме місце $DP = 0$, якщо:

- електроприймачі вмикають рівномірно з зсувами $t_{rs} = \frac{(s-r)t_u}{n}$;
- дві рівні частини електроприймачів працюватимуть в режимі кореляційного резонансу, тобто з зсувами $t_{rs} = 0$ і з відповідними максимальними значеннями $k_{p_{rs}} = k_{p_{rs}}(0) = Dp$, а кожен електроприймач однієї частини буде працювати в режимі кореляційного антирезонансу з електроприймачами іншої частині, тобто із зсувом $t_{rs} = 0,5t_u$ і з мінімальним значенням $k_{p_{rs}} = k_{p_{rs}}(0,5t_u) = -Dp$.

Два зазначених способи організації режиму роботи електроприймачів, що забезпечує вирівнювання групового графіка навантаження для випадку $n = 4$.

Можна показати, що число пар електроприймачів, що працюють в режимі кореляційного резонансу, дорівнює $\bar{n} = \lceil n(n-2) \rceil / 4$ і відповідно в режим антирезонансу $\bar{n} = n^2 / 4$.

При непарному n будуть мати місце мінімум $DP = Dp$, якщо:

- електроприймачі вмикають з зсувами $t_{is} = \frac{(s-r)t_u}{n}$;
- частина електроприймачів в кількості $(n-1)$ увімкнуті, а електроприймач, що залишився, вмикати в любий довільний момент часу на інтервалі $(0 \div t_u)$.

Ці рекомендації засновуються на тому, що ввімкнення електроприймачів по правилам вирівнювання графіків навантаження при парній їх кількості дасть $DP = 0$, тобто графік $P_{n-1}(t) = const$. Сумування такого графіка з графіком $p(t)$, що залишився, описується формулою:

$$DP = DP_{n-1} + Dp + 2k_{p_{n-1}, p}(\tau) = Dp. \quad (7.11)$$

При різних електроприймачах рішення задачі вибору t_{is} залежить від співвідношень між Dp_i та Dp_s , оскільки вони визначають пріоритетний ряд мінімумів ВКФ.

Мозаїчні діаграми. Число можливих варіантів ввімкнення електроприймачів з двоступінчастими графіками навантаження в припущенні роботи їх в режимі кореляційного резонансу або антирезонансу, тобто з зсувами $t_{is} = 0$ або; $t_{is} = 0, 5t_u$, визначають за формулою:

$$N = C_n^m = C_n^{n-m}. \quad (7.12)$$

Варіанти включення електроприймачів можна уявити за допомогою мозаїчних діаграм, суть побудови яких зводиться до наступного. Мозаїчна діаграма являє собою клітинне поле розміром $M \times N$, де M – число клітин по горизонталі, яка дорівнює кількості кореляційних пар в групі з n електроприймачів, тобто $M = \lceil n(n-1) \rceil / 2$, а N – число клітин по вертикалі, яка дорівнює кількості можливих комбінацій включення електроприймачів [47; 48].

При побудові послідовності варіантів включення електроприймачів в порядку убутання або зростання нерівномірності групового графіка, тобто розташування рядків діаграми відповідно від низу до верху (або зверху вниз), повинна мати місце діагональна симетрія діаграми. Відсутність або порушення цієї симетрії свідчить про порушення послідовності, тобто впорядкування варіантів включення електроприймачів.

Аналітичний метод. Якщо ВКФ індивідуальних графіків за формою близькі до параболи виду, що описуються формулою:

$$kp_{rs}(\tau) = \pm \sqrt{Dp_r Dp_s} \left[1 - 6 \frac{\tau}{t_y} + 6 \left(\frac{\tau}{t_y} \right)^2 \right] \quad (7.13)$$

то негативні екстремуми функції (7.10) можна знайти, прирівнявши нулю похідні від суми ВКФ по незалежним зсувам t_{rs} .

Диференціювання цієї суми дає кілька систем рівнянь $(n-1)$ -го порядку. Кількість їх визначається числом комбінацій відносин порядку незалежних зсувів t_{rs} і дорівнює $(n-1)!$ Однак ці системи відрізняються один від одного лише комбінаціями знаків в однакових по набору елементів матриць-стовбцях коефіцієнтів у правій частині систем, а визначники систем однакові.

Можна сформулювати наступне правило складання визначника системи для n електроприймачів. Елементи i -ї строки, окрім діагонального, є добуток σ_{i+1} на всі інші σ_j , де $\sigma_i = \sqrt{Dp_i}$. Діагональний елемент i -ї строки α_i дорівнює сумі всіх елементів строки плюс добуток $\sigma_i \sigma_{i+1}$. В загальному вигляді для електроприймачів визначник системи буде виглядати наступним чином:

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11} \sigma_2 \sigma_3 \sigma_4 \dots \sigma_n \\ \sigma_3 \sigma_2 \alpha_{22} \sigma_3 \sigma_4 \dots \sigma_n \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \sigma_{i+1} \sigma_2 \sigma_{i+1} \sigma_3 \sigma_{i+1} \sigma_4 \dots \sigma_{i+1} \sigma_n \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \sigma_n \sigma_2 \sigma_n \sigma_3 \sigma_n \sigma_4 \dots \sigma_n \sigma_n \end{vmatrix}, \quad (7.14)$$

де α_i – діагональні елементи.

Коефіцієнти в правій частині системи рівнянь складаються з тих же складових, що і діагональні елементи визначника системи у відповідному рядку, але з іншою комбінацією знаків. Причому доданки $\sigma_1 \sigma_2, \sigma_1 \sigma_3, \dots, \sigma_1 \sigma_n$, завжди додатні. Знак у доданків $\sigma_i \sigma_j$, при $i \neq 1, j \neq 1, i \neq j$ визначається по знаку t_{ij} в різниці $t_{ij} = t_{ji} - t_{1j}$. Наприклад, знак мінус у t_{ij} відповідає такому ж знаку у доданку $\sigma_i \sigma_j$. Аналогічно визначаються знаки біля інших доданків даного коефіцієнта і коефіцієнтів, що відповідають іншим строкам.

7.5.2 Використання споживачів-регуляторів

Графіки навантаження (добові, тижневі, річні) ЕЕМ можуть бути ущільнені значно більше, якщо ще на стадії проектування виробництв буде передбачена робота їх в режимі електроспоживання, узгодженому з графіком ЕЕМ, тобто в режимі споживачів-регуляторів (СР) електричної енергії.

Робота споживача в режимі регулювання електроспоживання впливає на економіку як виробників, так і споживачів електроенергії, тобто а всю систему народного господарства. Тому при виборі режиму необхідно забезпечити комплексний системний підхід, що дозволяє оптимізувати весь комплекс народного господарства. Однак при розгляді кожного конкретного споживача неможливо в комплексі, що оптимізується, включити всю сукупність параметрів, що характеризують його.

Можливість роботи споживачів, особливо електроємних, в режимі СР повинна розглядатися не тільки при проектуванні промислового виробництва, але ще на стадії конструювання технологічних агрегатів з урахуванням можливості їх роботи в широкому діапазоні регулювання навантаження, для електротермічних установок – з урахуванням збільшення їх теплової інерційності.

На промислових підприємствах є значна кількість споживачів, які можуть працювати в режимі СР потужності. До таких споживачам відносяться електричні печі, насосні, холодильні, калориферні установки та ін. [50; 51]. Як правило, такі споживачі дозволяють зрушувати початок і закінчення роботи в години максимуму навантаження енергосистеми, не призводячи до збитків у споживача від обмежень режиму. Такий клас СР потужності назовемо СР потужності дискретного дії. Для нього необхідно розробити нову наукову

парадигму методів управління СР потужності, що відрізняється від відомих методів управління, що використовують класичні методи дослідження операцій, обліком невизначеностей і багатокритеріальностей [50].

Слід також зазначити, що вирівнювання ГЕН енергосистеми шляхом введення організаційних заходів на промислових підприємствах [51], призводить до зменшення загальних втрат електроенергії ΔW в елементах системи електропостачання. Загальні втрати електроенергії ΔW залежать від основної складової втрат, яка визначається середнім значенням електричного навантаження ΔW_1 і змінної складової втрат електроенергії, яка визначається дисперсією, тобто нерівномірністю навантаження ΔW_{D1} [50]:

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_{D1}, \quad (7.15)$$

Впливаючи на ΔW_{D1} при умові збереження витрати електроенергії на ТП ($(\Delta W_1 = const)$), можна досягнути зниження втрат електроенергії в живлячій частині системи електропостачання. Зниження втрат електроенергії досягається шляхом створення особливого режиму роботи споживачів електроенергії, при якому мінімізується середньоквадратичне відхилення сумарного ГЕН енергосистеми.

Запишемо цільову функцію для СР потужності зі ступеневим графіком навантаження [49].

Для СР потужності, що мають рівномірний графік електричного навантаження цільова функція буде мати вигляд [48]:

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq l}}^N P_i P_l \max \{0, \min (t_{Bi} + t_i - t_{Bl}, t_l, t_{Bi} + t_l - t_{Bl})\} \rightarrow \min \quad (7.16)$$

при виконанні обмежень

$$t_{Hi} \geq t_{Bi} \geq t_{Ki} - t_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (7.17)$$

де t_{Hi} – початок інтервалу роботи СР потужності;

t_{Ki} – кінець інтервалу роботи СР потужності;

t_i – час роботи СР потужності, год;

t_{Bi} – час початку роботи СР потужності, який необхідно встановити.

Запишемо цільову функцію для СР потужності із багатоступеневим графіком навантаження [47].

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{T} \int_0^T \left[(P_{\infty}(t) + P_{П-PM}(t)) - P_{cp} \right]^2 dt = \\
 &= \frac{1}{T} \int_0^T \left[(P_{\infty}(t) + P_{П-PM}(t))^2 - 2P_{cp} (P_{\infty}(t) + P_{П-PM}(t) + P_{cp}^2) \right] dt = (7.18) \\
 &= \frac{1}{T} \int_0^T \left[(P_{\infty}(t) + P_{П-PM}(t))^2 \right] dt - P_{cp}^2 \rightarrow \min,
 \end{aligned}$$

де $P_{\infty}(t)$ – базовий ГЕН енергосистеми без СР потужності;

$P_{П-PM}(t)$ – графік електричного навантаження СР потужності.

Мінімізація (7.18) після проведених перетворень, зводиться до:

$$\frac{2}{T} \int_0^T P_{\infty}(t) P_{П-PM}(t) dt + \frac{1}{T} \int_0^T P_{П-PM}^2(t) dt \rightarrow \min. \quad (7.19)$$

При визначенні регулювальних заходів і СР повинно враховуватися соціальне питання. Однією з найважливіших задач є максимальне поліпшення умов праці, скорочення трудомістких процесів і зниження важкої праці, в тому числі і робіт в нічні зміни. Однак цілодобова робота ряду виробництв і технологічних процесів неминуча. Тому при виборі СР насамперед необхідно орієнтуватися на безперервні цілодобові виробництва з електроємними процесами, з невеликим числом обслуговуючого персоналу, а також на автоматизовані процеси і технології, що використовують робототехніку.

Заходи з організації режимів електроспоживання різних груп електроприймачів виробництва, спрямовані на вирівнювання графіків навантаження і зниження максимуму потужності, можуть дати розрахунковий ефект при збігу ходу реальних технологічних процесів із запланованими. При неминучих відхиленнях ходу технологічного процесу від запланованого, збої в роботі основного і допоміжного обладнання виникають режими, що призводять до зростання нерівномірності навантаження і збільшення ймовірності

перевищення ліміту півгодинної потужності. У таких випадках з'являється необхідність регулювання електроспоживання в години максимуму навантажень енергосистеми шляхом зміни режиму роботи (відключення або зниження потужності) споживачів-регуляторів з метою зниження максимуму півгодинної потужності виробництва. При цьому необхідно, по можливості, використовувати регульовальні заходи для відновлення запланованого режиму спільної роботи електроприймачів.

Для виявлення споживачів-регуляторів на кожному виробництві необхідно проводити контрольне обстеження всіх найбільш енергоємних установок основних технологічних процесів. Контрольне обстеження проводиться підготовленою комісією досвідчених фахівців з числа посадових осіб, відповідальних за експлуатацію технологічного та енергетичного обладнання (відділ головного енергетика, відділ головного технолога, керівники цехів і дільниць) із залученням (за згодою) інспектора енергонагляду.

В ході обстеження вивчаються окремі виробничі процеси, режими роботи виробництва, окремих установок, ділянок і цехів, склад електроприймачів як по виробництву в цілому, так і по кожному живлячому трансформатору.

Збираються і аналізуються дані про потужності і споживанні електроенергії в години максимуму і мінімуму енергосистеми. Вивчаються характеристики основних технологічних об'єктів виробництва та окремих, найбільш енергоємних електроприймачів.

В ході обстеження виявляють електроприймачі, що формують максимуми в графіку зміни потужності виробництва, і вивчають можливість організації режиму їх спільної роботи, що виключає збіг у часі максимумів електроспоживання кількох електроприймачів в години максимуму навантажень енергосистеми.

На основі проведеного обстеження остаточно визначають електроприймачі і технологічні процеси, що допускають перерви в роботі в години максимуму навантажень енергосистеми і використовуються без шкоди або з мінімумом шкоди для виробництва.

Спеціалістам (енергетикам, технологам, економістам) виробництв пропонується присвоїти регульовальним заходам ранги, що характеризують їх роль в процесі регулювання електричного

навантаження в періоди максимуму енергосистеми. Споживачам, які мають достатню для регулювання потужність і мінімальний збиток від зниження навантаження, присвоюють перші номери. Результати опитування використовують для складання графіка черговості відключення споживачів-регуляторів [46, 47].

7.5.3 Підвищення завантаження основних виробничих фондів

Необхідною умовою сталого інтенсивного розвитку народного господарства, є ефективне використання всіх ресурсів народного господарства, серед яких одне з провідних місць займають основні фонди.

Основними фондами називають сукупність вироблених суспільною працею матеріально-речових цінностей, що діють протягом тривалого часу. Основні фонди, що функціонують у сфері матеріального виробництва промисловості, називаються основними промислово-виробничими фондами (ОПВФ).

Найбільш узагальнюючим вимірювачем рівня використання ОПВФ є показник фондовіддачі Φ , який представляє відношення виробленої з їх участю продукції P до вартості ОПВФ C , тобто $\Phi = P / C$.

Величину, зворотну до фондовіддачі, називають фондоемністю; вона визначає розмір ОПВФ, який припадає на одиницю продукції, і обчислюється як відношення середньорічної вартості ОПВФ до вартості продукції $F = 1 / \Phi = C / P$.

До характерних особливостей електроенергетики відноситься її висока фондомісткість, зумовлена великою вартістю її ОПВФ.

Обсяг валової продукції в електроенергетиці можна уявити як $P = P_{\text{вст}} h \tau$, а середню вартість ОПВФ визначають за формулою [46]:

$$C = P_{\text{вст}} K, \quad (7.20)$$

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність електростанцій, кВт;

h – число годин використання встановленої потужності, г/рік;

τ – розрахунковий тариф, грн/кВт·год;

K – питома вартість встановленої потужності електростанцій, грн/кВт.

Фондовіддачу в електроенергетиці можна представити формулою:

$$\Phi = \frac{P}{C} = \frac{Ph\tau}{PK} = \frac{h\tau}{K} = h. \quad (7.21)$$

Отже, для збільшення фондовіддачі галузі необхідно домагатися підвищення числа годин використання встановленої потужності електростанцій, тобто ущільнювати графік навантаження ЕЕС [46; 48].

Регулювання режимів електроспоживання і використання СР сприяють ущільненню графіка ЕЕС, але пов'язані зі створенням у споживачів додаткових технологічних потужностей, які можна використовувати для регулювання, тобто зі збільшенням ОПВФ споживача, і, як наслідок, призводять до зниження фондовіддачі у споживача.

Оскільки виникають протиріччя між зацікавленістю виробників і споживачів електроенергії, необхідно спільно розглядати використання ОПВФ в комплексі виробник – споживач електроенергії. Необхідно врахувати також наступне. Ущільнення графіка навантаження призводить до зниження витрати палива в ЕЕС. На приріст видобутку палива необхідні капіталовкладення в паливну промисловість. Отже, регулювання режимів електроспоживання і використання СР, що приводить до економії палива в ЕЕС, дають можливість знизити капіталовкладення в паливну промисловість. Більш того, характерною особливістю видобувних галузей є необхідність додаткових капіталовкладень для підтримки видобутку на досягнутому рівні.

7.5.4 Оптимізація режимів електроспоживання з урахуванням тарифів

Як параметри зв'язку, що дозволяють провести декомпозицію системи і оптимізувати режим електроспоживання, слід використовувати системи тарифів на електричну енергію і тарифні ставки (диференційовані за зонами доби, що враховують участь в максимумі навантаження ЕЕС, тощо). У свою чергу системи тарифів і тарифної ставки повинні встановлюватися в результаті оптимізації покриття перспективних графіків навантажень ЕЕС з урахуванням можливості використання

перетоків потужності між ЕЕС, пікових агрегатів, накопичувачів енергії і регульовальних можливостей споживачів.

Таким чином, тариф (системи тарифів, тарифні ставки) стає основним параметром оптимізації режиму електроспоживання.

Оскільки розрахунки за отриману електроенергію здійснюються за тарифами, диференційованими за зонами доби (днях тижня, сезонах року), виробництву з метою зниження витрат виробництва доцільно оптимізувати режим електроспоживання. Регулювання електроспоживання має бути підпорядковане основному завданню виробництва – випуску продукції (виконання заданих функцій) відповідної якості при мінімальних витратах [44, 46]. Передбачається, що тариф на електроенергію відображає фактичні економічні витрати на виробництво електроенергії і відповідає умовам отримання максимального економічного ефекту.

7.5.5 Оптимізація режимів електроспоживання по мінімуму витрат енергоресурсів

Розглянемо формулювання деяких основних задач щодо оптимізації режиму за умовою мінімуму витрати енергетичних ресурсів.

Задача 1. Необхідно оптимізувати роботу діючої технологічної установки по умові мінімуму витрат енергетичних ресурсів.

Мінімальна і максимальна годинна продуктивність і план випуску продукції за добу задані. Потрібно знайти режим роботи, що забезпечує мінімальний сумарний витрата енергетичних ресурсів.

Математична постановка такої задачі – знайти режим роботи установки в кожній зоні графіка навантаження ЕЕС, що задовольняє умовам:

- $n_{\min} \leq n_{\xi} \leq n_{\max}$;
- $0 \leq \gamma_{\xi} n_{\xi} \leq P, \xi = \overline{1, k}$;
- $\Pi - \varepsilon_1 \leq \sum_{\xi=1}^k n_{\xi} t_{\xi} \leq \Pi + \varepsilon_2$,

при якому функція цілі F – мінімальна, та визначається за формулою:

$$F = \sum_{\xi=1}^k \gamma_{\xi} n_{\xi} t_{\xi} \varphi_{\xi} + \sum_{\xi=1}^k \sum_{i=1}^n q_{\xi i} n_{\xi} t_{\xi}, \quad (7.22)$$

де n_{ξ} – шукана продуктивність в ξ -й зоні графіка навантаження ЕЕС;
 n_{min}, n_{max} – відповідно мінімальна і максимальна годинна продуктивність установки;

γ_{ξ} – питома витрата електроенергії в ξ зоні графіка;

k – число зон графіка ЕЕС;

P – обмеження по електричній потужності (пропускній спроможності) системи електропостачання, кВт;

t_{ξ} – тривалість ξ -ї зони графіка;

$q_{\xi i}$ – питома витрата i -го енергоносія в ξ -й зоні;

φ_{ξ} – відносний приріст питомої витрати палива на вироблення 1 кВт·год в ξ -й зоні графіка $\gamma_{\xi} = f(n_{\xi})$, $q_{\xi i} = f(n_{\xi})$;

Π – добовий план вироблення продукції установкою; n – число енергоносіїв.

Задача 2. Необхідно оптимізувати режим електроспоживання діючого виробництва з m незалежними установками, що випускають m видів продукції, по мінімуму витрат енергетичних ресурсів.

Математична постановка такої задачі – знайти режим роботи m установок у кожній ξ -й зоні графіка, що задовольняє умовам:

$$- n_{j \min} \leq n_{j\xi} \leq n_{j \max}, \quad j = \overline{1, m}, \quad \xi = \overline{1, k};$$

$$- 0 \leq \sum_{j=1}^m \gamma_{\xi} n_{j\xi} \leq P;$$

$$- \Pi_j - \varepsilon_j^{-1} \leq \sum_{j=1}^k n_{j\xi} t_{\xi} \leq \Pi_j + \varepsilon_j^2;$$

при якому функція цілі F – мінімальна, та визначається за формулою:

$$F = \sum_{\xi=1}^k \sum_{j=1}^m \gamma_{j\xi} n_{j\xi} t_{\xi} \varphi + \sum_{\xi=1}^k \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n q_{j\xi i} n_{j\xi} t_{\xi}, \quad (7.23)$$

де $n_{j\xi}$ – шукана продуктивність j -ї установки в ξ -й зоні графіка навантаження;

k – число зон графіка; m – число установок;

N_{jmin}, N_{jmax} – відповідно мінімальна і максимальна можлива годинна продуктивність j -ї установки;

t_{ξ} – тривалість ξ -ї зони графіка;

$\gamma_{j\xi} = f(n_{j\xi}), q_{ij\xi} = f(n_{j\xi})$ – відповідно питомі витрати електроенергії та інших носіїв на вироблення j -го виду продукції в ξ -й зоні;

P – обмеження по електричній потужності, кВт;

P_j – добовий план вироблення j продукції; n – число енергоносіїв.

7.5.6 Оптимізація режимів електроспоживання при обмеженнях

В процесі роботи промислових виробництв можуть мати місце обмеження по споживанню електричної потужності і енергії, які виникають в основному з наступних причин:

– через обмеження, що вводяться в ЕЕС при дефіциті потужності або енергії;

– через обмеження по пропускній здатності, що виникають у вузлах навантаження ЕЕС або в схемах електропостачання промислових виробництв;

– через необхідність знизити потужність, споживану виробництвом, в години максимуму ЕЕС.

Очевидно, що незалежно від причин, що викликали необхідність регулювання споживання електроенергії, слід йти до оптимального рішення за виниклих умов.

Обмеження в споживанні потужності або енергії призводять до відхилення режиму роботи виробництв і технологічних установок від номінального і виникнення у виробництв збитку. Тому оптимізаційним завданням в даних умовах буде розподіл обмеженої потужності (енергії) між виробництвами або технологічними установками, що забезпечує мінімальний економічний збиток [48; 49].

Аналітичне рішення задачі оптимального розподілу обмеженої потужності. Розглянемо промисловий комплекс, що складається з N незалежних виробництв (або виробництво, що складається з N незалежних технологічних установок).

У нормальних умовах потужності, що споживаються виробництвами, рівні P_{mj} (кВт), а сумарна одночасна потужність (без урахування втрат в мережах) визначається за формулою [48; 49]:

$$P_{n\Sigma} = \sum_{j=1}^N P_{nj} \alpha_j, \quad (7.24)$$

де j – номер виробництва,

α_j – коефіцієнт, що враховує одночасність участі потужності j -го виробництва в сумарній потужності.

По ряду причин виникли обмеження і гранична наявна потужність зменшилася до деякого значення $P_{sp\Sigma}$ (кВт). В умовах обмежень має бути витримана умова: $\sum_{j=1}^N P_j \leq P_{sp\Sigma} < P_{n\Sigma}$, тобто мають

бути відповідно знижені потужності, що споживаються розглянутими виробництвами.

В першу чергу слід визначити виробництва (або електроприймачі), щодо яких існують директивні вказівки, які забороняють їх обмеження, а також ті, за якими передбачена технологічна і аварійна броня. Відповідно потужність P_{sp} , яка доступна для розподілу між виробництвами визначається за формулою, кВт [47, 48]:

$$P_{sp} = P_{sp\Sigma} - P_{br}. \quad (7.25)$$

Потім слід переглянути режим електроприймачів, зміна роботи яких не відіб'ється на економіці комплексу. Коли ці можливості вичерпані, доводиться змінювати потужність, що споживається основними технологічними установками, розподіляючи P_{sp} між n ($n \leq N$) іншими виробництвами. Відхилення режиму роботи цих виробництв від нормального призводить до виникнення збитків Z_j по j -му виробництву. Відповідно збиток Z_Σ в цілому комплексі визначається за формулою, грн:

$$Z_\Sigma = \sum_{j=1}^n Z_j \quad (7.26)$$

Необхідно так розподілити обмежену потужність P_{sp} між n виробництвами, щоб збиток цілому комплексу був мінімальним.

7.6 Структура СППР

Перераховані вище системи підтримки прийняття рішень визначають її загальну структуру, що показана на рис. 7.9. (Мережа, через яку взаємодіють системи підтримки прийняття рішень пов'язані один з одним на рис. 7.9 не відображено). Структура систем підтримки прийняття рішень в металургійній промисловості не відрізняється від структури, показаної на рис. 7.7.

За структурою зв'язків між блоками видно, що процес прийняття рішень може повторюватися, якщо запропоновані рішення не задовольняють керівника. Блок оцінки можливих альтернатив рішення може звернутися до блоку оцінки ситуації, якщо його «не задовольняють» результати аналізу. У тих випадках, коли узгодження рішень не потрібно, блок оцінки можливих альтернатив рішення звертається відразу до блоку прогнозування. Блок комп'ютерного аналізу динаміки розвитку ситуації використовується тільки в тих випадках, коли керівник відстежує розвиток процесу і приймає рішення в ході зміни обстановки. Зauважимо, що блоки можуть перебувати на різних вузлах мережі.



Рисунок 7.7 – Загальна структура системи підтримки прийняття рішень.

Функції блоку генерації рішень. Генерацію можливих рішень (сценаріїв) можна здійснити за допомогою: програмної реалізації аналітичних або імітаційних моделей, з використанням експертних систем, генерації сценаріїв шляхом комбінації різних операцій, заданих керівником або взятих з бази даних, і, нарешті, використовуючи підхід, що отримав назву ситуаційного управління.

Сьогодні можна сказати, що генерацію рішень можна поділити на:

– несподівані принципово нові, новаторські рішення, які поки комп'ютер робити не в змозі;

– рішення, засновані на типових сценаріях, по аналогії, на основі комбінації відомих приватних рішень; генерація таких рішень доступна обчислювальній машині.

У будь-якому випадку керівник повинен спочатку структурувати вирішувану проблему, тобто розділити її, якщо це необхідно, на частини. При управлінні виробництвом це може бути розподіл його на функції і завдання, виділення робіт пов'язаних з реінжинірингом виробництва, формування дерев цілей і рішень.

Функції блоку оцінки варіантів рішень. У процесі прийняття нового рішення людина в стані розглянути кілька варіантів і в багатьох випадках не помічає кращий або небезпечний. СППР здатна розглянути якщо не всі, то дуже велике число можливих варіантів рішень. Але генерація великого числа рішень має сенс тільки в тому випадку, якщо вона сама зможе їх оцінити і проаналізувати з урахуванням переваг керівника. (Показувати велике число рішень керівнику безглуздо, він не в змозі проаналізувати всі варіанти). Для оцінки варіантів використовуються різні математичні моделі [48]. Важливо, щоб вони враховували суб'єктивні інтереси керівника.

Функції блоку узгодження групових рішень. Для того щоб процедура узгодження рішення реалізовувалася ефективно, фахівцям, які беруть участь в ній, треба запропонувати якісь правила, за якими вони здійснювали б пошук компромісу. Такі правила, що застосовуються на практиці, в більшості випадків досить прості. Вибір правил і їх реалізація тісно пов'язана з інтересами тих, хто бере участь в узгодженні керівників. Докладно ці методи розглядаються, наприклад в [45].

Як вже зазначалося, оцінюючи варіанти рішень або різні об'єкти за багатьма критеріями, керівник може переслідувати більш ніж одну мету, і ці цілі (критерії) мають різну ступінь важливості. У кожного керівника можуть бути свої переваги і, отже, різні критерії, їх ваги і різні базові шкали.

При порівнянні вже прийнятих рішень і груповому виборі одного з них суттєву роль, як правило, мають не тільки якість рішень, а й амбіції керівників, лобійовані інтереси і інші чинники. Тому, пропонується не порівнювати варіанти рішень, а погоджувати алгоритми оцінки, «ваги» критеріїв і характеристики базових шкал, зумовлюючи тим самим значення функцій переваги, тобто вибір варіанта рішення. Причому система підтримки прийняття рішень пропонує певний проміжний варіант узгодження, що зближає точки зору керівників. Потім варіант уточнюється, можливо, ітеративно, в процесі переговорів щодо прийняття кількома керівниками групового рішення.

Узгодження рішень здійснюється в процесі переговорів керівників або експертів. Добре відомо і з повсякденного життя і з спостережень за допомогою преси за узгодженням політичних і економічних рішень, наскільки це тривалий, складний, а часто і болісний процес, від успішного завершення якого може залежати дуже багато. Звісно, що процесу переговорів також повинна бути надана комп'ютерна підтримка. Тому структурі комп'ютерної підтримки переговорів з узгодження управлінських рішень має бути приділена особлива увага.

Функції блоку прогнозування наслідків прийнятих рішень. Прогнозування наслідків прийнятих рішень – задача дуже складна. Вона може бути вирішена моделюванням або ігровими методами типу ділових ігор, військових штабних ігор на картах тощо. При цьому методи оцінки цих наслідків дуже сильно залежать від досвіду і менталітету керівника. Аналіз наслідків може привести до перегляду оцінок різних факторів, вироблених керівником раніше і вплинути на ранжування можливих рішень.

Функції блоку комп'ютерного аналізу динаміки розвитку ситуації. За допомогою цього блоку керівник може порівнювати очікуваний результат з фактично отриманим і коригувати прийняті рішення.

Функції блоку вибору рішення керівником. Для зменшення впливу помилок, допущеними керівником в зроблених ним суб'єктивних оцінках може бути використана наступна процедура:

- система пропонує керівнику кілька варіантів рішень, які посіли верхні строчки при ранжируванні;
- якщо керівник вибирає одне з цих рішень – процедура вибору вважається закінченою, якщо немає – перехід до наступного пункту;
- система підтримки прийняття рішень пропонує керівнику послідовність можливих рішень в низхідному порядку ранжирування, поки керівник сам не проанжує декілька задовольняючих рішень;
- система підтримки прийняття рішень підказує керівнику можливі характеристики базових шкал і оцінок «ваг» критеріїв, при яких обрані керівником рішення, відповідають його ранжуванню;
- проводиться перерахунок значень функцій корисності варіантів рішень, і проводиться нове ранжування варіантів, відповідне уподобанням керівника.

Таким чином, людино-машинна процедура прийняття рішень за допомогою СППР являє собою циклічний процес взаємодії людини і комп'ютера. Цикл складається з фази аналізу і постановки завдання для комп'ютера, виконуваної керівником, і фази оптимізації (пошуку рішення і виконання його характеристик), що реалізовується комп'ютером.

7.7 Типи комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень

Для визначення типів комп'ютерних систем, що використовуються при підтримці управлінських рішень в металургійній промисловості, доцільно виходити з характеристик користувачів цих системам і завдань, які вони повинні виконувати.

В рамках багаторівневого підходу закладаються можливості створення багатоцільової СППР.

СППР, розроблені до теперішнього часу, можна розділити на дві категорії: проблемно-орієнтовані і ситуаційно орієнтовані. Проблемно-орієнтовані СППР розробляються на замовлення для вирішення завдань у відносно вузькій проблемі, пов'язаної зі зміною будь-якого стану, в тому числі в результаті аварійного

впливу, але може застосовуватися для різних територій і об'єктів. Ситуаційно орієнтовані СППР створюються на замовлення для вирішення конкретних проблем, конкретної території або об'єкта. Ця СППР не може бути легко використана в умовах, відмінних від тих, для яких вона призначена [45].

Проблемно-орієнтовані СППР. Проблемно-орієнтовані (ПрО) СППР можуть використовуватися для вирішення завдань, пов'язаних з конкретною областю знань, наприклад, для підтримки прийняття рішень та подання інформації про якість сировини на заводі, яка оцінює ефекти зміни її якості. Кожна СППР може бути використана для різних об'єктів. Наприклад, ПрО СППР, що використовується для передбачення і регулювання якості сировини для одного виробництва, повинна легко адаптуватися для іншого, за умови, що процеси виробництва подібні, а необхідні для параметризації моделі дані спостережень доступні.

Ситуаційно орієнтовані СППР. Ситуаційно орієнтовані (СО) СППР призначені для застосування до конкретних проблем в конкретному місці. Як правило, їх важко модифікувати для застосування на новому об'єкті. Підготовка такого програмного забезпечення для нової ситуації зажадає великих витрат на програмування з боку розробників системи.

7.8 Вимоги до СППР та структура комп'ютерної СППР

Значимість кожної з вимог, що пропонується для конкретної СППР, залежить від характеру проблеми, ситуації і користувачів. Досить загальні вимоги СППР можна сформулювати в наступному вигляді:

- робота з просторовими даними (компонента географічної інформаційної системи);
- забезпечення експерта знаннями і даними, специфічними для більш цікавих додатків;
- багатоцільове використання і інтеграція моделей;
- здійснення ефективного аналізу ситуації і прогнозування її розвитку;

- надання допомоги керівнику або експерту в формулюванні рішення в ситуації, що створилася;
- підтримка узгодження управлінських рішень;
- надання допомоги при формулюванні остаточного рішення;
- комп'ютерна підтримка оперативного управління.

Робота з просторовими даними. Аналіз і управління з просторовими даними зазвичай необхідні в СППР і реалізуються за допомогою географічних інформаційних систем (ГІС-технології), які керують цим процесом. Це не означає, що СППР повинні строго орієнтуватися на використання картографічного інтерфейсу і, дійсно, для деяких програм цей процес може абсолютно не відповідати потребам користувача або навіть його дратувати. Користувачеві необхідно запропонувати сценарій подій і досліджувати результати їх реалізації і це повинно бути представлено у формі, яка здатна відобразити природу реалізованого процесу моделювання, тобто його просторового дозволу і складнощів просторових взаємозв'язків.

Забезпечення експертів знаннями і даними, специфічними для додатків. Як зазначалось, при виникненні надзвичайних ситуацій керівники, які повинні приймати рішення і здійснювати оперативне управління її ліквідацією, виходять за межі їх повсякденної діяльності. Тому СППР повинна представити їм розроблені раніше рішення, які приймалися в аналогічних ситуаціях.

Багатоцільове використання і інтеграція моделей. Багатоцільове використання моделей є важливою якістю, що дозволяє уникнути повторення витрат на розробку вже створених моделей. Інтеграція моделей є важливою метою для просунутих СППР, тому що управління металургійною промисловістю має тенденцію в напрямку до більш комплексних підходів, до того ж, існують моделі різних процесів (наприклад зміна якості сировини), які рідко вдається легко зв'язати між собою.

Здійснення ефективного аналізу ситуацій і прогнозування її розвитку. Більшість СППР володіють інструментами моделювання і імітації, які дозволяють системним аналітикам і керівникам аналізувати ситуацію, прогнозувати розвиток подій і досліджувати наслідки різних сценаріїв.

Надання допомоги керівнику або експерту в формулюванні рішення в ситуації, що створилася. При виникненні деякої нестандартної ситуації, необхідно якомога швидше оцінити її характер, серйозність і кількість залучених сил і засобів для ліквідації її наслідків. СППР повинна не тільки подати необхідну інформацію, а й виробити (або вміти зробити) оцінку обстановки і сформулювати завдання по ліквідації наслідків.

При практичній реалізації розподілених систем, зокрема систем підтримки прийняття рішень в традиційних технологіях програмування, виникли серйозні труднощі з проектуванням і навіть просто описом об'єднаних в єдину мережу різнорідних локальних комп'ютерних вузлів. Ці вузли сприймають із зовнішнього світу, в тому числі і від людини, різну інформацію, обмінюються даними один з одним, переробляють ці дані відповідно до закладених в них алгоритмами і в результаті виробляють деякі рекомендації або рішення. Для подолання труднощів, що виникли в останні роки активно ведуться дослідження під об'єднаною назвою «багатоагентні системи» [45]. Упор на багатоагентні, тобто розподілені, системи зроблений у зв'язку з тим, що в багатьох системах, зокрема, в СППР через величезного обсягу обчислень, доводиться використовувати потужні розподілені багатопроекторні обчислювальні комплекси і мережі, і пов'язане з цим розподілене управління обчислювальним процесом.

Для того щоб уявити собі організацію комп'ютерної взаємодії в багатоагентних системах і провести аналогію з системами підтримки прийняття рішень, розглянемо системні (керуючі обчислювальним процесом) програмні засоби багатоагентних систем.

Почнемо з терміна «агент». Він має широкий діапазон значень: від «агента впливу», яким таврують своїх супротивників політичні діячі, до нешкідливих програмних модулів в складних комп'ютерних системах. Нас будуть цікавити програмні модулі. Словник Вебстера дає наступне визначення агента: «особа або фірма, наділені повноваженнями діяти за іншого». У цьому визначенні немає згадки програмного модуля в якості агента, але модуль в багатоагентній системі теж уповноважений діяти «за іншого» експерта або керівника. Термін «агент» є корисною метафорою для

агентно-орієнтованих систем, які є об'єднанням об'єктно-орієнтованої технології програмування і технології штучного інтелекту [45]. Дійсно, з інженерної точки зору, агентно-орієнтоване програмування може розглядатися як спеціальний клас об'єктно-орієнтованого програмування. Дуже важливо, що це саме об'єктно-орієнтована технологія програмування, так як вона стає або вже стала, основною технологією створення програмного забезпечення.

Для реалізації своїх функцій агент повинен володіти, принаймні, чотирма можливостями:

- підтримувати взаємодію з навколишнім світом, отримуючи від нього інформацію і реагуючи на неї своїми діями (реактивність);
- проявляти власну ініціативу (активність);
- посилати і отримувати повідомлення від інших агентів і вступати з ними у взаємодію (соціальна здатність);
- діяти без втручання ззовні (автономність).

Може бути, це і дещо штучна аналогія, але колектив, що виробляє рішення, також повинен володіти аналогічними можливостями. На рис. 7.10 показана схема функціонування агента. Прямокутниками на рис. 7.8 показані функції і дії агента [49], стрілками показано зв'язок між блоками.

Демо пояснення до кожного блоку.

Керування власним процесом. У роботах по розподіленім експертним системам [45] зазначалося, що експертні системи в розподілених системах підтримки прийняття рішень володіють своєю власною локальною операційною системою, причому набір критеріїв диспетчеризації завдань виявляється ширше традиційного і відображає оцінки і переваги керівників.

Звичайно, локальна операційна система, керуючи обчислювальним процесом, визначає, які специфічні функції агента повинні виконуватися в даний момент, тобто яке завдання має вирішуватися. Визначаючи, які використовуються в задачі методи, локальна операційна система фактично визначає знання про інших агентів і знання про навколишній світ, які повинні використовуватися в цьому завданні, а також здійснює управління процесами введення – виведення.

Виконання своїх специфічних функцій. Заради виконання цих функцій, власне, і створюються багатоагентні системи СППР. Кожна така функція є складовою у виробленні рішення. При цьому вона повинна відображати переваги керівника. Так, в системах підтримки прийняття рішень це може бути генерація можливих варіантів рішень, їх оцінка та, або узгодження. Ці функції можуть бути реалізовані різними алгоритмами генерації, узгодження і вибору рішень відповідно до власних уподобань керівника.

Використання своїх знань про інших агентів і зв'язок з ними. Ці знання необхідні СППР для оцінки важливості та достовірності інформації, одержуваної від інших агентів, а також при узгодженні колективних рішень кількох агентів. Всі оцінки повинні відповідати суб'єктивними оцінками керівника.



Рисунок 7.8 – Схема функціонування агента

Оскільки у агента немає повної інформації про інших агентів і про зовнішній світ, він змушений діяти в умовах невизначеності, взаємодіючи з іншими агентами і погоджуючи з ними свої рішення. Тут також напрошується аналогія з людиною, яка приймає рішення. Зазвичай розрізняють два види зв'язку [51] спільне, об'єднане (англійський термін – cooperative) і егоїстичне, змагальне (англійські терміни self-interested, competitive).

Використання своїх знань про зовнішній світ і зв'язок з ним. Знання про світ необхідні для оцінки важливості та достовірності інформації, одержуваної з зовнішнього світу, а також для вибору алгоритмів обчислень. Алгоритми оцінки важливості та достовірності інформації, а також алгоритми обчислень повинні бути визначені експертом або керівником. За ним проводиться обробка інформації, і даються оцінки обстановки, що використовуються для вироблення рішення.

Блок процедур і підпрограм містить програми, що реалізують алгоритми, що виконуються агентом.

Блок адаптації аналізує вхідні дані і керуючі впливу. У разі відхилення процесу від заданої або очікуваної траєкторії здійснює коригування коефіцієнтів, «ваг» критеріїв і інших значень, що характеризують середовище (наприклад, щільність розчину) або процес (наприклад, швидкість плавлення). Спрямовані дані вводяться блоком в програми для подальших розрахунків.

Блок вибору процедур. Вибір тієї чи іншої програми або процедури змінюється в залежності від інформації, одержуваної із зовнішнього світу і від інших агентів. Вибір алгоритмів повинен відповідати перевагам керівника і нинішній ситуації.

Вироблення рішення задачі або рекомендації здійснюється за рахунок оцінок можливих алгоритмів (сценаріїв) і вибору з них найкращого з урахуванням суб'єктивних оцінок керівника і обмежень, що диктуються обстановкою.

7.9 Висновок

Сучасні інформаційні системи інтелектуальної підтримки процесів розробки і реалізації управлінських рішень (Системи підтримки прийняття рішень – СППР) являють собою системи, максимально

пристосовані до вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності, є інструментом, покликаним надати допомогу особам, які приймають рішення (ОПР). За допомогою СППР може проводитися вибір рішень деяких неструктурованих і слабоструктурованих задач, в тому числі і багатокритеріальних. Принципи побудови даних систем можна використати при формуванні оптимальних режимів енергоспоживання підприємств та їх виборі при конкретних умовах

Оптимальні режими енергоспоживання підприємства являються базовим фактором у досягненні високого рівня енергоефективності. Розробка систем підтримки прийняття рішень для підприємств за допомогою математичного моделювання та їх практична реалізація за допомогою програмного забезпечення являються важливою задачею науковців в галузі енергозбереження і фахівців ІТ-сфери.

В розробці математичної моделі СППР та програмного забезпечення на її базі необхідно врахувати всі зовнішні і внутрішні фактори від яких залежать режими енергоспоживання: завантаження основних виробничих фондів, тарифи на енергоносії, погодні і людські фактори та ін.

Висновки

1. В розділі 1 Монографії проілюстровано сучасний стан та пріоритети енергоспоживання підприємств системи Держрезерву України. Інформаційною базою для цього стали результати енергоаудитів підприємств системи Держрезерву України, виконаних фахівцями УкрНДІ «Ресурс».

2. В розділах 2 та 3 Монографії визначено основні напрямки та головні завдання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження альтернативних джерел енергії підприємств системи Держрезерву України, таких як аграрні активи, склади та холодильники, а також нафтобази. Визначення основних напрямків та завдань щодо підвищення енергоефективності було виконано на основі оцінки географічного положення, стану інфраструктури, технологічного процесу та енергоспоживання підприємств. При цьому визначено, що найбільш перспективними можливостями підвищення рівня енергоефективності та енергонезалежності підприємств системи Держрезерву України є такі:

- Реконструкція дизельних, мазутних та газових зерносушарок шляхом переведення на біомасу (виробничих відходах – лушпинні соняшнику і зерна) і впровадженні нових сушарок на біомасі.

- Впровадження на території підприємств паропоршневих когенераційних установок (БіоТЕЦ) на власних відходах (лушпиння соняшнику та зерна) і на місцевих рослинних с/г відходах, наземних та дахових сонячних фотовольтаїчних електростанцій для генерації «зеленої» електроенергії, а також вітроенергетичних електростанцій (ВЕС), в т. ч. ежекційних установок.

- Застосування LED-світильників з компенсаторами реактивної складової електроенергії для освітлення приміщень і території.

- Використання теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель.

– Запровадження виробництва рослинних паливних пелет з місцевої сировини (біомаси) та утилізація виробничих рослинних відходів (лушпиння соняшнику та зерна) методом гранулювання, а також тепличних комплексів для отримання додаткового прибутку.

– Дообладнання твердопаливних котлів, що використовуються для опалення будівель, газогенератором для отримання генераторного газу підвищеної калорійності та оптимізації процесу горіння, який розроблено фахівцями УкрНДІ «Ресурс», а також застосування інших енергоефективних розробок УкрНДІ «Ресурс» (піч калориферна для опалення приміщень; паливні брикети; пристрій для отримання електроенергії з дерев та сонячного випромінювання тощо).

– Встановлення частотно-регульованого приводу на насосні станції нафтобаз та компресори холодильних установок, повітряних завіс на виходах з холодильників, а також пристроїв рекуперації тепла, що відводиться з холодильних компресорних установок.

– Термомодернізація опалюваних будівель (утеплення огорожувальних конструкцій, заміна вікон і дверей на більш енергоефективні, реконструкція системи опалення).

3. В розділі 4 Монографії наведено методичні основи проведення енергетичного аудиту підприємств згідно з вимогами міжнародного стандарту ISO 50002. Метою проведення енергоаудиту є розроблення заходів з енергоефективності та впровадження альтернативних та відновлюваних джерел енергії з урахуванням результатів оцінки інфраструктури та її стану, технологічного процесу, фінансових можливостей та економічного середовища. Даний розділ також описує основні види енергоаудиту, етапи, приладове забезпечення, особливості проведення для кожного типу підприємств Держрезерву, вимоги до кваліфікації енергоаудиторів, структуру звіту, а також особливості розрахунку основних фінансових показників реалізації проєктів з підвищення енергоефективності та їх екологічної оцінки.

4. В розділі 5 Монографії розглянуто алгоритм реалізації проєктів з енергоефективності (етапи впровадження та рекомендації по експлуатації обладнання і моніторингу економії енергоспоживання) та основні схеми їх фінансування для підприємств. Етапи впровадження проєктів з енергоефективності

охоплюють: отримання дозволів в органах державної влади (якщо потрібно), складання проектно-кошторисної документації, закупівля обладнання, монтаж, і, нарешті, моніторинг результатів впровадження проектів. Реалізація вищезазначених етапів потребують виділення значних фінансових коштів, яких у замовника може і не бути на балансі, або їх виділення не передбачено державними або регіональними програмами. В такому випадку для реалізації проектів з енергоефективності залучаються кредитні кошти. Найчастіше для допомоги в залученні кредитних коштів звертаються до енергосервісних компаній (ЕСКО), з якими підписують ЕСКО-контракти (перформанс-контракти). Енергосервісні компанії, при бажанні замовника, також здійснюють реалізацію проектів з енергоефективності на всіх етапах. Тут також розглянуті найпоширеніші схеми фінансування проектів з енергоефективності за допомогою ЕСКО-механізму.

5. В наступному розділі Монографії наведено принципи та основні положення з впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання». Енергетичний менеджмент – це самостійний вид професійної діяльності, спрямований на досягнення зниження витрат шляхом підвищення енергетичної ефективності в ході будь-якої господарської діяльності підприємства (організації), що діє в ринкових умовах. Система енергоменеджменту, завдяки технічним та організаційним заходам на підприємстві, дозволяє підвищувати та підтримувати на високому рівні енергоефективності підприємство та будь-якого іншого суб'єкта господарювання. Наслідками високого рівня енергоефективності підприємства будуть:

- заощадження коштів,
- збільшення продуктивності через удосконалення виробничих процесів, які пов'язані зі способом використання енергії,
- скорочення викидів парникових газів у навколишнє середовище, від чого покращується екологічний стан, а з ним – імідж підприємства.

Енергоменеджмент включає в себе набір заходів, націлених на економію енергетичних ресурсів: моніторинг енергоспоживання,

розробку енергетичних бюджетів, аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів, розробку енергетичної політики, планування нових енергозберігаючих заходів.

6. В монографії розглянуті основні принципи та математичну модель системи підтримки прийняття рішень (СППР) – комп'ютерної автоматизованої системи, метою якої є допомога особам, які приймають рішення, в складних умовах, для повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності. Дана система допоможе оптимізувати режими енергоспоживання підприємства, що дозволить максимально ефективно використовувати енергоресурси. Оптимальні режими енергоспоживання підприємства є базовим чинником у досягненні високого рівня енергоефективності підприємства. Розроблення систем підтримки прийняття рішень для підприємств за допомогою математичного моделювання та їх практична реалізація за допомогою програмного забезпечення є важливою задачею науковців в галузі енергозбереження і фахівців ІТ-сфери.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСКОЕ – автоматична система контролю і обліку електроенергії;
ВЕР – вторинні енергетичні ресурси;
ВЕС – вітроенергетична електростанція;
ВКМ – взаємно-кореляційний момент;
ВКФ – взаємно-кореляційна функція;
ДАРУ – Державне агентство резерву України;
ДПТ – детальний план території;
ЕБРР – Європейський банк реконструкції та розвитку;
ЕЕЗ – енергоефективні заходи;
ГЕН – графік електричного навантаження;
ЕЕС – електро-енергетична система;
ЕСКО – енергосервісна компанія;
ІС – інформаційні системи;
ІСУ – інформаційні системи управління;
ІПП – індивідуальний тепловий пункт;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
КЛЛ – компактна люмінесцентна лампа;
КПП – контрольний-пропускний пункт;
МЕЗ – можливість енергозбереження;
НДІ – науково-дослідний інститут;
ОПВФ – основні промислово-виробничі фонди;
ПДВ – податок на додану вартість;
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;
ПКД – проектно-кошторисна документація;
ППУ – пінополіуретан;
ПСОГ – пристрій санітарної очистки газу;
РП – реактивна потужність;
САО – системи автоматизації офісу;
СДДС – світлодіодне джерело світла;
СенМ – система енергоменеджменту;

-
- СЕС – сонячна електростанція;
СППР – система підтримки прийняття рішень;
СР – споживач-регулятор;
ТЕН – термоелектричний нагрівач;
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування
ТЕС – теплова електростанція;
ТЕЦ – теплоелектроцентраль;
ТН – трансформатор напруги;
ТО – технічний облік;
ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;
ТС – трансформатор струму;
ФЕМ – фото-електричний модуль;
ФЕП – фотоелектричний перетворювач.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ

Альтернативні види палива – тверде, рідке та газове паливо, яке є альтернативою відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини;

Альтернативні джерела енергії – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів;

Альтернативна енергетика – сфера енергетики, що забезпечує вироблення електричної, теплової та механічної енергії з альтернативних джерел енергії.

Біоенергетична установка – енергетична установка, яка перетворює енергію біомаси, біогазу, рідкого гною і т. д. в інші види енергії, наприклад, в електричну та теплову.

Біоенергетика – галузь альтернативної енергетики, заснована на використанні біопалива, яке виробляється з біомаси.

Біомаса – біологічно відновлювальна речовина органічного (рослинного і тваринного) походження, що зазнає біологічного розкладу – відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів.

Біопаливо – відходи сільськогосподарського виробництва, харчової та інших видів промисловості, відходи, що складаються з біологічної сировини – речовин біологічного походження.

Виробництво електричної енергії – господарська діяльність, пов'язана з перетворенням енергетичних ресурсів будь-якого

походження, у тому числі альтернативних джерел енергії, на електричну енергію за допомогою технічних засобів з метою її продажу на підставі договору.

Вище керівництво – особа або група працівників, які здійснюють керівництво підприємством на вищому рівні.

Відпущена енергія – електрична або теплова енергія, що постається споживачам від когенераційної установки.

Вітрова електростанція – група вітрових електричних установок або окрема вітрова електроустановка, устаткування і споруди, розташовані на одній території, які функціонально зв'язані між собою і становлять єдиний комплекс, призначений для вироблення електроенергії шляхом перетворення кінетичної енергії вітру в електричну енергію.

Вітрова електроустановка – електрична установка, що перетворює кінетичну енергію вітру на електричну енергію.

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну.

Внутрішній аудит – систематичний, незалежний і документований процес отримання доказів аудиту та їх об'єктивної оцінки для визначення ступеня виконання встановлених вимог.

Геотермальна енергетика – промислове отримання енергії, зокрема електроенергії, з гарячих джерел, термальних підземних вод.

Група з енергетичного менеджменту – особи, відповідальні за ефективне впровадження заходів в рамках системи енергетичного менеджменту і здійснення покращень енергетичної результативності.

«Зелений» тариф – спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями). Зелений тариф (в англійській мові зазвичай використовується термін Feed-intariff) – економічний механізм, спрямований на заохочення генерації електроенергії відновлюваною

енергетикою. Застосування зеленого тарифу зазвичай включає використання наступних інструментів:

- гарантований доступ до енергомережі;
- довгострокові контракти на придбання електроенергії;
- встановлення відносно високих закупівельних цін, які враховують вартість відновлюваних джерел енергії.

Ежекційна вітрова електростанція – вітрова електростанція принцип дії якої базується на законі Бернуллі, що визначає зв'язок між швидкістю течії, тиском та висотою певної точки потоку в трубі, де здійснюється передача кінетичної енергії від одного інжектуючого потоку повітря нагнітання, до інжектуємого, який через концентрично розташований ежекційний, щілинний повіторзабірник підсмоктується в потік і далі переміщається енергією повітря нагнітання до лопастей ротора вітроелектричної установки. Установка складається з вентилятора нагнітання повітря на початку каналу і додавання в установку вузла пришвидшення повітряного потоку – ежектора дія якого заснована на розрідженні, що створюється в ньому потоком повітря, який швидко рухається через конфузур – напірну трубу круглого перетину, що звужується за течією. Рух газового потоку у конфузурі супроводжується збільшенням швидкості і падінням тиску повітря нагнітання за конфузуром.

Економія ПЕР – відносне скорочення витрат ПЕР, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості.

Енергетична ефективність (енергоефективність) – співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, наданими послугами, виробленими товарами чи енергією і вхідним показником, тобто вхідним рівнем.

Енергетичний аналіз – визначення енергетичної результативності організації, що базується на даних та іншій інформації, що дозволяє ідентифікувати можливості для покращення діяльності.

Енергетичний аудит (енергоаудит) – обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з їх ініціативи для визначення можливостей економії енергії, яка споживається, й допомоги підприємству в здійсненні практичної економії шляхом застосування

механізмів енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергетичний базис – орієнтир (н), виражений (і) у кількісному обчисленні, взятий за основу для порівняння енергетичної результативності.

Енергетичний баланс – розрахунок обсягів вхідних енергоресурсів і/або енергетичних ресурсів власного виробництва та порівняння їх з обсягами вихідних енергоресурсів, отриманих з обсягів споживання енергії на рівні кінцевого використання енергії.

Енергетичний менеджмент (енергоменеджмент) – це система керування, заснована на проведенні типових вимірювань і перевірок, що забезпечує таку роботу підприємства, за якої споживається лише необхідна для виробництва кількість енергії. Енергетичний менеджмент – це інструмент управління підприємством, який забезпечує постійне дослідження і, отже, знання про розподіл та рівень споживання енергоресурсів на підприємстві, а також про оптимальне використання енергоресурсів як для виробництва, так і для опалення та інших невиробничих потреб.

Енергія – електрична енергія, паливо, пар, тепло, стиснене повітря та інші подібні середовища.

Енергоаудитор – особа яка проводить енергетичний аудит, вона повинна мати відповідати кваліфікаційним вимогам та наділена повноваженнями.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів у національному господарстві, і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правове, фінансово-економічне регулювання процесів видобування, перероблення, транспортування, зберігання, виробництва, розподілення ПЕР з метою їх раціонального використання та економного витрачання.

Енергозберігаюча технологія – метод виробництва продукції з раціональним використанням енергії, який дає можливість одночасно зменшити енергетичне навантаження на навколишнє

природне середовище і кількість енергетичних відходів, одержуваних під час виробництва та експлуатації виготовленого продукту.

Енергоменеджер – це спеціаліст з управління енергетичними потоками, що повинен враховувати екологічні, економічні та соціальні аспекти при прийнятті рішень щодо раціонального використання природних ресурсів з метою сприяння ефективному розвитку енергетичного сектора підприємства.

Енергонезалежність – ступінь незалежності підприємства чи іншого суб'єкта господарювання від зовнішніх джерел енергопостачання.

Індивідуальний тепловий пункт – це автоматизована модульна установка, що передає теплову енергію від зовнішніх теплових мереж (котельної) до системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції або технологічних процесів житлових та промислових будівель.

Моніторинг – особливий вид досліджень, спеціально організоване, систематичне спостереження за станом об'єктів, явищ, процесів з метою їх оцінки, контролю, необхідний для отримання достовірної інформації, своєчасного виявлення і розпізнавання неспроможності підприємств.

Потенціал енергозбереження – величина на яку можна зменшити споживання паливно-енергетичних ресурсів для досягнення його оптимального рівня.

Раціональне використання ПЕР – досягнення максимальної ефективності використання ПЕР за існуючого рівня розвитку техніки й технології і одночасного зниження техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Рекуперація тепла в будівлях – енергозберігаюча технологія, що застосовується в сучасних будівлях, заснована на принципах повторного використання тепла відпрацьованого повітря в приміщеннях для підігріву свіжого приточного повітря, це дозволяє значно зменшити затрати енергії на опалення.

Система державного резерву України – сукупність підприємств та організацій України які реалізують державну політику у сфері державного матеріального резерву: розміщення, зберігання, видача, а також поновлення (освіження) запасів державного резерву.

Система Підтримки Прийняття Рішень – це комп'ютерна автоматизована система, метою якої є допомога особам, які приймають рішення в складних умовах, для повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності

Сонячна електростанція – інженерна споруда, що перетворює енергію сонячного випромінювання на електричну енергію. Всі сонячні електростанції (СЕС) поділяють на кілька типів:

- ті що використовують фотоелектричні модулі (фотоэффект);
- ті що перетворюють сонячну енергію на теплову, яка приводить у дію тепловий двигун (сонячно теплові).

Тепловий насос – пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш високою температурою. Термодинамічний цикл теплового насоса аналогічний холодильній машині.

Термомодернізація будівлі – це комплекс енергоефективних заходів що визначаються в результаті проведення енергоаудиту: утеплення огорожувальних конструкцій (стіни, підлога, дах), заміна вікон та дверей на енергоефективні, а також встановлення енергоефективного та регулюючого обладнання, які значно скорочують енергоспоживання будівлі.

Утилізація теплоти – використання тепла вихідних газів або відпрацьованих продуктів виробництва для потреб опалення та гарячого водопостачання будівель, а також технологічних процесів.

Частотно-регульований привід – система керування швидкістю обертання електродвигуна змінного струму регулюванням частоти напруги живлення двигуна, складається з власне електродвигуна та частотного перетворювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1994 р. №74/94-ВР. Дата оновлення: 20.09.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр#Text> (дата звернення: 30.11.2020).
2. Методика визначення енергетичної ефективності будівель: затв. наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства № 169 від 11.07.2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text> (дата звернення: 30.11.2020).
3. Біоенергетика. URL: <https://sae.gov.ua/ae/bioenergy> (дата звернення 01.10.2020).
4. Renewables Global Status Report 2018. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf (дата звернення 15.11.2020).
5. Енергія сонця. URL: <https://sae.gov.ua/uk/ae/sunenergy> (дата звернення 01.10.2020).
6. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства : Закон України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 2011, N 24, ст. 170). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2787-17> (дата звернення 15.11.2020).
7. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року : Розпорядження Кабінету міністрів України від від 01.10.2014 р. № 902-р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/print> (дата звернення 15.11.2020).
8. Огляд розвитку сектору ВДЕ за III квартал 2018 року, НКРЕКП, 28 вересня 2018 року. URL: <http://www.nerc.gov.ua/?news=8023> (дата звернення 18.12.2020).
9. Дослідження групи компаній Ліга. Восход солнца. Солнечная энергетика в Украине: кто и где строит новые станции. URL: <https://project.liga.net/projects/sunrise/> (дата звернення 15.11.2020).
10. Вітроенергетика. URL: <https://sae.gov.ua/uk/ae/windenergy> (дата звернення 01.10.2020).
11. Енергія доквілля. URL: <http://sae.gov.ua/uk/ae/thermo-energy> (дата звернення 01.10.2020).

12. Мокляк, В.Ф., Рябчук, О.М. Теплонасосні установки в харчовій та інших галузях: публікація в рамках проекту UNIDO «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України». Київ : ЮНІДО, 2015. 94 с.

13. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення 01.10.2020).

14. Роман Подолец, к.э.н., с.н.с. Национальный доклад «Проблемы и перспективы создания благоприятного климата для повышения энергоэффективности и энергосбережения в Украине». URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/ee21/EE21_Subregional_projects/UkrainePodolets-Rus02.pdf (дата звернення 01.01.2021).

15. ПП «ЕЛЕВАТОРГАЗБУД». URL: <https://pp-elevatorgazbud.prom.ua/> (дата звернення 01.01.2021).

16. Газогенератор : пат. 136258 Україна : МПК F23B30/00 ; заявл. 01.03.2019 ; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15. 5 с.

17. Піч калориферна : пат. 115777 Україна : МПК F24B1/182 ; заявл. 18.11.2016 ; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8. 4 с.

18. Паливний брикет : пат. 132684 Україна : МПК C10L5/44 ; заявл. 21.08.2018 ; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5. 4 с.

19. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики / В.П. Кожем'яко та ін. *Опτικο-електронні інформаційно-енергетичні технології*. № 2(22), 2011. С. 142–157.

20. Солнечная электростанция: прибыльный бизнес или недешевая игрушка? *Матеріали компанії Rentechno*. URL: <http://rentechno.ua/articles/solnechnaya-energetika-pribilnyy-biznes.html> (дата звернення 01.10.2020).

21. Кожушко Я.М. Підвищення ефективності сонячної станції за рахунок реконфігурації розташування сонячних панелей : магістерська дисертація : 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» / наук. кер. А.В. Чернявський, к.т.н., доцент. НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Кафедра електропостачання. Київ, 2018. 123 с.

22. Najibhamisu Umar. Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant. URL: [http://www.ijesi.org/papers/Vol\(7\)i7/Version-2/C0707021124.pdf](http://www.ijesi.org/papers/Vol(7)i7/Version-2/C0707021124.pdf) (дата звернення 15.11.2020).

23. PVSyst Photovoltaic Software. URL: <http://www.pvsyst.com/en/>, вільний – Назва з екрана.

24. Райгер П.М. Аналіз оптимальності технологій генерування електричної енергії фотоелектричними перетворювачами для умов місцевостей з помірним кліматом / П.М. Райгер, М.Л. Мельник. World Science, № 6(34), Vol. 2, 2018. URL: <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/2501.pdf>.

25. Сонячна електростанція “Цекинівка № 2”. URL: <https://rentechno.ua/ua/portfolio/solar-plants/complex.html> (дата звернення 15.11.2020).

26. Матеріали компанії ІК-NET. Стrojительство солнечной электростанции (СЭС) мощностью 20 МВт в Кировоградской области. Бизнес-план. Киев, 2017. 18 с.

27. Пристрій для отримання електроенергії з дерева та сонячного випромінювання : пат. 32071 Україна : МПК H05F7/00 ; заявл. 30.08.2018 ; опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3. 5 с.

28. ДСТУ Б В.2.5-32:2007. Труби безнапірні з поліпропілену, поліетилену, непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для зовнішніх мереж каналізації будинків і споруд та кабельної каналізації. Технічні умови. [Чинний від 09.03.2007]. Вид. офіц. Київ, 2007. 112 с. (Інформація та документація).

29. ROSA. URL: <https://rosa-ukraine.com.ua/ulichnoe-osveshhenie/ulichnye-svetilniki-3/> (дата звернення 01.01.2021).

30. В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навч. посіб. Київ : Освіта України, 2009. 438 с.

31. Пристрій контролю якості продукції : пат. 78131 Україна : МПК G01N33/00 ; заявл. 31.08.2012 ; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5. 5 с.

32. Праховник А.В., Прокопенко В.В., Дешко В.І. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. Луганськ : Місячне сяйво, 2010. 696 с.

33. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів будівництва. Настанова з виконання термомодернізації будинків. [Чинний від 10.03.2015]. Вид. офіц. Київ, 2015. 86 с. (Інформація та документація).

34. Моніторинг цін на енергоефективні заходи в будівлях. URL: http://www.reee.org.ua/download/trainings_audit4.pdf (дата звернення 01.10.2020).

35. Коренда В.А., Протасов О.С., Вишняков І.Ю. Використання теплових насосів для опалення та гарячого водопостачання будівель підприємств на прикладі установок Helioterm. URL: <http://www.http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14454/12653> (дата звернення 01.12.2020).

36. Національний інститут стратегічних досліджень. Аналітична записка. «Щодо перспектив використання альтернативних джерел енергії на Сході України». URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/1174/> (дата звернення 01.01.2021).

37. ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT). Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення. [Чинний від 11.08.2016]. Вид. офіц. Київ, 2016. 32 с. (Інформація та документація).

38. Прокопенко В.В., Щербак С.Д. Енергетичний аудит в промисловості: публікація в рамках проекту UNIDO «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України». Київ : ЮНІДО, 2015. 98 с.

39. Прокопенко В.В., Коцарь О.В., Расько Ю.А., Павлова Ю.С. Полнофункціональний інструментарій для реалізації перманентного енергетического аудита. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. № 2(36), 2014. С. 83–90.

40. ДСТУ ISO 50001:2014. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання, гармонізованих з міжнародним стандартом (ISO 50001:2011, IDT). [Чинний від 05.12.2015]. Вид. офіц. Київ, 2015. 28 с. (Інформація та документація).

41. Внедрение системы энергетического менеджмента на базе стандарта ISO 50001:2011 : Путеводитель для специалистов компаний и предприятий / Е. Иншеков, А. Сафьянц, С. Сафьянц, А. Чернявський. Киев : Проект «Энергоэффективная и направленная на уменьшение изменения климата модернизация промышленности в Донецкой области». 2014. 36 с.

42. Стратегія енергозбереження в Україні : аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах : Загальні засади енергозбереження / за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Куліка, Б.С. Стогнія. Київ : Академперіодика, 2006. Т. 2. 600 с.

43. Денисюк С.П. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО. Киев : Наш формат, 2014. 504 с.

44. Денисюк С.П., Щербак С.Д. ISO 50001: цілі стандарту та перспективи його впровадження в Україні: публікація в рамках проекту UNIDO «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України». Київ: ЮНІДО, 2015. 114 с.

45. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П., Андреев А.Ф. Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности : учеб. пособ. Киев : Синтез, 2005. 512 с. Шопин А.Г. SIMATIC IT инструмент для построения MES. URL: <http://www.industrialauto.ru/Reviews/smsarticles/simatic-it.asp> (дата звернення 01.12.2020).

46. Мамиконов А.Г. Проектирование подсистем и звеньев автоматизированных систем управления : учеб. пособ. Москва : Высшая школа, 1975. 328 с.

47. Галушкин А.И. Применение нейрокомпьютеров в энергетических системах. URL: <http://www.user.cityline.ru/~newspews> (дата звернення 01.12.2020).

48. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления. Москва : Энергоатомиздат, 1986. 234 с.

49. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. Москва : Энергоатомиздат, 1986. 182 с.

50. Хронусов Г.С. Формирование эффективных режимов электропотребления промышленных предприятий. Екатеринбург : Изд-во УГГА, 1998. 340 с.

51. Розен В.П. Управління режимом електроспоживання промислового підприємства. *Промелектро*. № 6. 2005. С. 35–41.

Наукове видання

**ПІДВИЩЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ СИСТЕМИ
ДЕРЖАВНОГО РЕЗЕРВУ УКРАЇНИ**

Монографія

Дизайн обкладинки – А. Юдашкіна
Технічне редагування – Т. Шутова
Верстка – Ю. Семенченко

Підписано до друку 05.03.2021 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 16,28. Наклад 300. Замовлення № 0421-336.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво та друк: ОЛДІ-ПЛЮС
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021
E-mail: office@oldiplus.ua