

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Випуск 24, том 1
Наукове фахове видання
Технічні науки



Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYI TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**
Технічні науки

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**
Technical sciences

*Виходить 3 рази на рік
Видається з 1998 р.*

**Випуск 24, том 1
Issue 24, volume 1**

WEB: <https://oj.tsatu.edu.ua>

DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1

Запоріжжя – 2024



УДК [631.3+621.3+004+663/664]

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 1. 236 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

Головний редактор

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Заступники головного редактора

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)
Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Editor in chief

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Deputy editors in chief

Nadykto V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Executive secretary

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Technical secretary

Pogoreltseva D. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Белоев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)
Івановс Семенс, д-р техн. наук (Латвія)
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)
Паскуцці Сімоне, PhD, доц. (Італія)
Финдура Павол, PhD, проф. (Словачія)
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Кузнецов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

SECTORAL MACHINE BUILDING

Beloev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,
ELECTRICAL ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pluihin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лясковська С. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мацулевич О. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Холодняк Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**

Випуск 24, том 1

Засновник

Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

Заснований у 1998 році

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №24285-14125ПР від 27.12.2019 р.
Виходить 3 рази на рік

Рекомендовано до друку вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету
імені Дмитра Моторного
Протокол № 9 від 30.04.2024 р.

«Праці ТДАТУ» включено до **Категорії Б**
Переліку наукових фахових видань України
(науки: технічні), в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів
доктора наук і доктора філософії /
кандидата наук (накази МОН України від
17.03.2020 р. № 409)

Адреса редакції

Юридична: 72312, Запорізька обл.
м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
Фактична: 69600, Запорізька обл.
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
<https://oj.tsatu.edu.ua>,
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1

COMPUTER SCIENCES

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Matsulevych O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

FOOD TECHNOLOGIES

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

Issue 24, volume 1

Founder

Dmytro Motorny Tavria State
Agrotechnological University

Founded in 1998

Certificate of governmental registration
KB No. 24285-14125ПР dated December 27, 2019
Published 3 times a year

Recommended for publication by the Academic
Board of Dmytro Motorny Tavria State
Agrotechnological University
Record No. 9 dated April 30, 2024

Proceedings of TSATU is included in the List of
scientific professional editions of Ukraine
(technical sciences), category B, in which the
results of theses for obtaining scientific degrees
of Doctor of Sciences and Doctor of Philosophy /
Candidate of Sciences can be published (order of
the Ministry of Education and Science of Ukraine
dated March 17, 2020, No. 409)

Address of the Editorial office

Legal address: 72312, Zaporizhzhia region
Melitopol, 18, B. Khmelnytskyi Ave.
Actual address: 69600, Zaporizhzhia region
Zaporizhzhia, 66, Zhukovskiy Str.
<https://oj.tsatu.edu.ua>,
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1



ЗМІСТ / CONTENTS

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Панченко А. І., Волошина А. А., Романишин О. Ю., Волошин А. А. Вплив форми вікон на пропускну спроможність розподільної системи планетарного гідромотора	
Panchenko A., Voloshina A., Romanyshyn A., Voloshin A. The influence of the shape of the window on the throughput of the distribution system of the planetary hydraulic motor	7
Mikulionok I. Classification and analysis of designs of screw presses for oil raw materials	23
Мікульонюк І. Класифікація та аналіз конструкцій шнекових пресів для олійної сировини	
Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П. Визначення параметрів струминного та пульсаційного гомогенізаторів молока при їх промисловому застосуванні	53
Kiurchev S., Samoichuk K., Lomeiko O. Determination of the parameters of flow and pulsation milk homogenizers in their industrial application	
Дідур В. В., Лещенко І. А., В'юник О. В. Проблеми очищення рослинних олій	63
Didur V., Leshchenko I., Viunyk O. Problems of purification of vegetable oils	
Мельник В. А., Попадюк І. С., Волик Д. А., Степаненко С. П. Дослідження розвитку технологій та технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів	75
Melnyk V., Popadyuk I., Volyk D., Stepanenko S. Research on the development of technologies and technical means for pneumatic centrifugal separation of grain materials	
Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу	89
Skliar O., Skliar R., Boltianskyi B. Aspects of improving biogas production technology	
Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Фучаджи Н. О., Червоткіна О. О. Дослідження технології заморожування ягід	101
Verkholantseva V., Palianychka N., Fuchadgu N., Chervotkina O. Research of berry freezing technology	

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

- Галько С. В., Дудніков С. М., Мірошник О. О., Мороз О. М., Трунова І. М.** Розробка алгоритму роботи комбінованої системи електропостачання з відновлюваними джерелами енергії 109
- Halko S., Dudnikov S., Miroshnik O., Moroz O., Trunova I.** Development of algorithm for the operation of a combined power supply system with renewable sources
- Попов С. В., Левченко Ю. В., Петраш О. В., Попов К. С.** Експериментальне дослідження режимів інтелектуального імпульсного зарядного пристрою 122
- Popov S., Levchenko Yu., Petrash O., Popov K.** The experimental research of pulse charger modes
- Вовк О. Ю., Квітка С. О., Попова І. О., Діордієв В. Т.** Збереження роботоздатності трифазного статичного навантаження за неповнофазного живлення 136
- Vovk O., Kvitka S., Popova I., Diordiev V.** Maintaining the performance of a three-phase static load with a partial-phase power supply
- Коробка С. В., Стукалець І. Г., Бабич М. І., Сиротюк С. В., Скляр О. Г., Болтянський Б. В., Скляр Р. В.** Підвищення енергетичної безпеки електрозабезпечення споживачів ліній електропередач 0,38 кВ із застосуванням системи моніторингу віртуально вимірювальних приладів 151
- Korobka S., Stukalets I., Babych M., Syrotyuk S., Skliar O., Boltianskyi B., Skliar R.** Enhancement of energy security of electrical supply of consumers of electrical transmission lines of 0.38 kV using the monitoring system of virtual measuring devices
- Дудніков С. М., Markowska K., Щур Т. Г., Савченко О. А., Трунова І. М., Серєда А. І., Галько С. В., Пазій В. Г., Попадченко С. А.** Аналіз перспектив функціонування біоенергетичного потенціалу в системах енергопостачання України на основі аналізу енергетичного балансу 170
- Dudnikov S., Markowska K., Shchur T., Savchenko O., Trunova I., Sereda A., Halko S., Pазii V., Popadchenko S.** Analysis of prospects for the functionality of bioenergy potential in energy supply systems of Ukraine based on energy balance analysis

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Мацулевич О. Є.** Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування 184
- Matsulevych O.** Application of the specialized PLM-system Technologi CS in the development of an automated system for managing design and technological databases of an agricultural machinery engineering enterprise



Ванін В. В., Залевський С. В., Голова О. О., Грубич М. В., Лазарчук-Воробйова Ю. В. Про один спосіб побудови моделі чебишевської сітки на поверхні 195

Vanin V. V., Zalevsky S. V., Golova O. A., Grubich M. V., Lazarchuk-Vorobyova Yu. V. Pro is one way to build a model of a chebyshev mesh on a surface

Lubko D. V. Ways to solve the complex problem of introducing STEM-education and artificial intelligence into the educational process at universities 202

Лубко Д. В. Шляхи вирішення комплексної проблеми впровадження STEM-освіти та штучного інтелекту в навчальний процес в університетах

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Погорілий С. П., Присяжний В. Г. Раціональні схеми садіння картоплі в умовах зміни клімату 211

Pogorilyu S. P., Prisyazhnyi V. G. Rational schemes of potato planting under the conditions of climate change

Василишина О. В., Чернега А. О., Гайдай І. В. Розроблення технології десертів функціонального призначення з використанням полісахаридів 218

Vasylyshyna O. V., Chernega A. O., Haidai I. V. Development of technology of functional desserts using polysaccharides

Фіалковська Л. В. Розробка рецептури та технології виробництва майонезу 228

Fialkovska L. V. Development of the recipe and mayonnaise production technology



**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-8

УДК 621.311.25:621.316

С. В. Галько¹, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7991-0311

С. М. Дудніков², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-0337-0707

О. О. Мірошник², д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-6144-7573

О. М. Мороз², д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-8520-9211

І. М. Трунова², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7510-4291

¹*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

²*Державний біотехнологічний університет, м. Харків
e-mail: galkosv@gmail.com, тел.: +380674217508*

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ
СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ
ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ**

Анотація. В статті наведено алгоритми прогнозування зміни обсягів споживання електричної енергії з централізованих та локальних джерел у складі комбінованої системи електропостачання. Розроблено залежність інтегрованого обліку погодинних, добових та сезонних змін споживання електроенергії від централізованих та локальних систем енергопостачання. Запропоновано використовувати вдосконалений метод техніко-економічного обґрунтування інвестиційних рішень на етапах формалізації технічного завдання, що базується на оцінці прогнозованих допустимих витрат на будівництво локального електропостачання, що дозволить споживачам отримати позитивний економічний ефект та зменшити кількість альтернативних рішень.

Ключові слова: відновлювальна енергетика, локальна система енергопостачання, електропостачання, математична модель, енергоефективність

Постановка проблеми. У комплексі завдань енергозабезпечення використання відновлюваних джерел (ВДЕ) обґрунтовано у багатьох сферах діяльності: енергоефективність та економічність викопного палива [1-3], яке використовується для централізованого енергопостачання; зменшення частки енергоносіїв у собівартості сільськогосподарської продукції [4, 5] та вплив на навколишнє середовище [6-9]. Відновлювана енергетика має свої особливості, наприклад, більш доцільне використання в локальних інтегрованих

системах енергопостачання [8, 10-12]. Відповідні особливості та напрямки повинні враховуватися як при автономному використанні, так і при побудові комбінованих систем електропостачання [13]. Комбінована система електропостачання - це система, в якій локальна система (ЛС) підключена паралельно до централізованої системи електропостачання (СЕС) і споживачів через блок автоматичної комутації потужності (АКП) [14-16], як показано на рисунку 1.

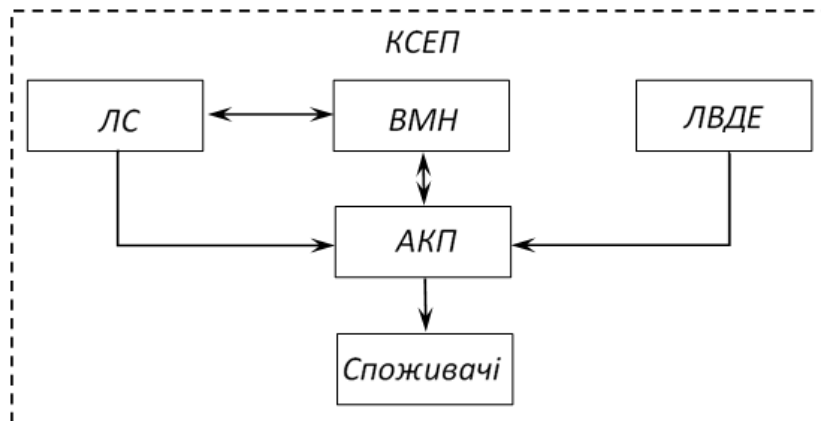


Рис. 1. Блок-схема КСЕС: ЛС – локальна система; ВМН - високі маневрові навантаження; ЛВДЕ – локальні відновлювані джерела енергії; АКП – блок автоматичної комутації потужності; КСЕС – комбінована система електропостачання.

СЕС виступає акумулятором для відновлюваних джерел і одночасно резервним джерелом для споживача. Такі системи вимагають додаткових високих маневрових навантажень (ВМН) [9, 17]. Але ВМН сьогодні мають високу вартість і погіршують економічну ефективність. В умовах України пропонуються різні варіанти вирішення відповідної проблеми.

Аналіз останніх досліджень. Часткове вирішення цієї проблеми розглядається, наприклад, за рахунок можливості динамічного управління конфігурацією мережі [10, 18, 32]; використання біогазових, сонячних [19-21], вітрових [22-23] установок як ВМН [11, 24] тощо. Але такі системи рекомендується будувати з економічним ефектом, цінність якого слід передбачити ще на ранніх етапах проектування [33]. Управління показниками економічного ефекту таких систем покладено на АКП.

Формування цілей статті. Побудова алгоритмів автоматизованої обробки вхідної інформації для обґрунтування прогнозованого економічного ефекту від впровадження комбінованої системи електропостачання в умовах невизначеності.

Основна частина. Для забезпечення стабільної безперервної роботи автоматизованої системи електропостачання доцільно



обґрунтувати математичну модель опису графіків споживання електроенергії. Відповідний графік буде постійно зростати. Припустимо, що КСЕП забезпечує активною електроенергією споживачів, зміни споживання яких характеризуються рівнянням (1).

$$W_{KC(jt)} = W_0 + W_1 \frac{t_j}{T} + W_2 \sin\left(\frac{\pi t_j}{T}\right) + W_3 \sin\left(\frac{2\pi t_j}{T}\right) + \dots + W_{n+1} \sin\left(\frac{n\pi t_j}{T}\right), \quad (1)$$

де W_0 – початкове («еталонне») значення кількості спожитої електроенергії, кВт·год;

W_1 – величина постійно зростаючої складової кількості спожитої електроенергії, кВт·год;

$W_2, W_3 \dots W_i$ – коефіцієнти змінної складової спожитих об'ємів електричної енергії, кВт·год;

t_0, t – початковий і кінцевий час фіксації споживання електричної енергії, год;

t_1 – поточний час доби, від якого залежить кількість спожитої електроенергії, $t_0 \leq t_i \leq t$, год;

T – загальний час доби, $T = 24$ год;

π – константа циклічних змін, $\pi = 3,14$ у.о.

Нехай споживач зможе отримувати енергію від централізованої системи або локальної системи через певні проміжки часу:

– від СЕП - з $0 \leq t_1 \leq 8$ і $21 \leq t_2 \leq 24$ в години доби;

– від ЛС – з $8 \leq t \leq 21$ в години доби.

Обсяги електричної енергії з СЕП і ЛС визначаються за допомогою системи рівнянь:

$$W_{СЕП} = \begin{cases} W(t), 0 \leq t < t_1 \\ W(t_1), t_1 \leq t < t_2 \\ W(t) - [W(t_2) - W(t_1)], t_2 \leq t < 24 \end{cases} \quad W_{ЛС} = \begin{cases} 0, 0 \leq t < t_1 \\ W(t) - W(t_1), t_1 \leq t < t_2 \\ W(t_2) - W(t_1), t_2 \leq t < 24, \end{cases} \quad (2)$$

де $W_{СЕП}(t)$, $W_{ЛС}(t)$ – відповідно, кількість енергії, що отримується споживачем від системи електропостачання і локальної системи в t годин, кВт·год;

$W(t_1)$, $W(t_2)$ – відповідно, кількість енергії, що отримується споживачем в годинах t_1 і t_2 , кВт·год.

Рівняння системи, що описує процес споживання електроенергії з КСЕП, має вигляд:

$$W_{КСЕП}(t) = W_{СЕП}(t) + W_{ЛС}(t), \quad (3)$$

Коефіцієнти рівняння (1) W_2, W_3, \dots, W_n визначаються за допомогою програми MATHCAD з використанням вбудованої функції Linfit [12]. Як приклад на рисунку 2 наведено результати розрахунків коефіцієнтів (W_n) добових графіків електропостачання державного підприємства науково-дослідної частини (ДПНДЧ) «Гонтарівка» у весняно-осінній сезон.

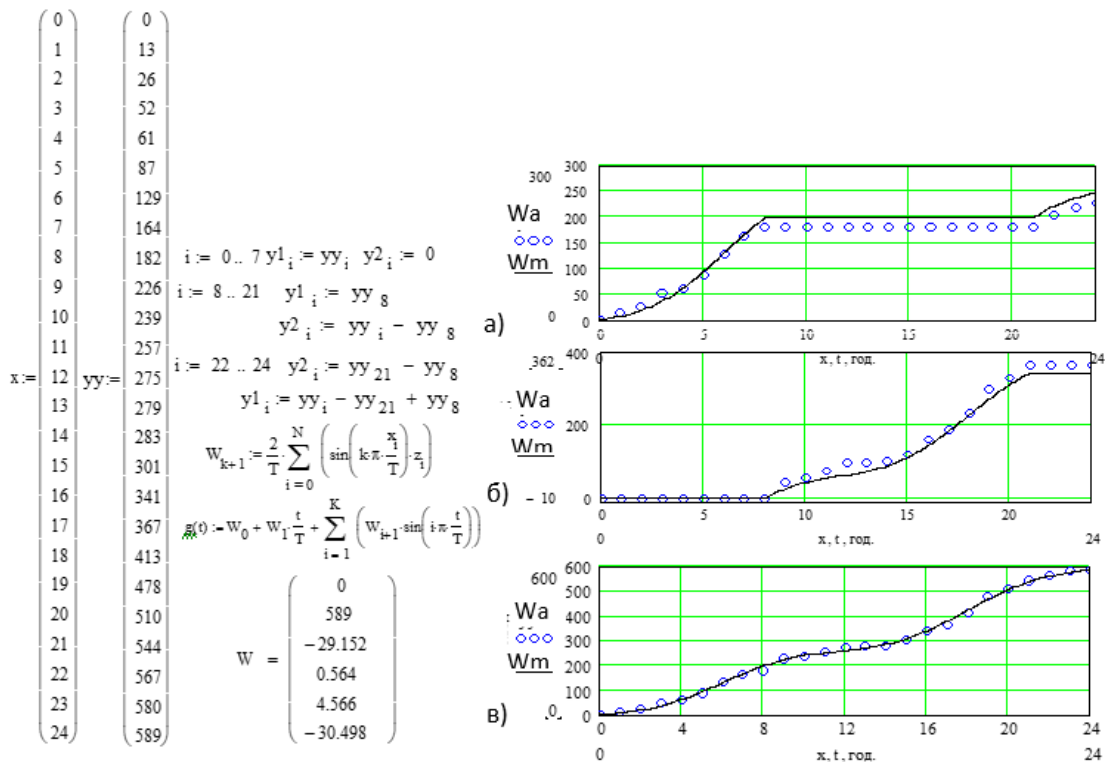


Рис. 2. Збіг обсягів активного споживання електричної енергії, визначений експериментально (W_a) і за рівнянням (2) – (W_m), за умови, що споживачі живляться від: а) – СЕП; б) – ЛС; в) – КСЕП

При цьому коефіцієнти рівняння (1) мають значення:

$$W_2 = -29,152; W_3 = 0,564; W_4 = 4,566; W_5 = -30,498.$$

Алгоритм обґрунтування прогнозованого обсягу споживання електричної енергії з КСЕП розв'язується за допомогою комп'ютерної обробки даних. При введенні вхідних даних необхідно врахувати:

$x \rightarrow t$ – час доби, $t = 0 \dots 24$ год;

$i \rightarrow t_1, t_2$ – години доби, в яких використовуються джерела енергії, відповідно, СЕП і ЛС, год;

$yy \rightarrow W_{КСЕП}$ – сумарні добові обсяги спожитої споживачем електричної енергії від КСЕП, кВт·год;

$y_1 \rightarrow W_{СЕП}$ – погодинне споживання електричної енергії споживачем з СЕП, кВт·год;

$y_2 \rightarrow W_{ЛС}$ – погодинне споживання споживачем електричної енергії від ЛС, кВт·год.

Коефіцієнти W_0 і W_1 мають фіксоване значення, яке відповідає початковим і кінцевим показникам лічильника протягом доби – 0 і 589 кВт·год. Якщо прийняти постійні значення коефіцієнтів споживання електроенергії від КСЕП, СЕП, ЛС, рішення спрощується. У таблиці 1 наведені прогнозовані обсяги споживання електроенергії з СЕП і ЛС.

Таблиця 1

Розрахункове споживання електроенергії від СЕП ($W_{СЕП}$) та ЛС ($W_{ЛС}$)

t , год	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
y_1	0	13	26	52	61	87	129	182	182	182	182	182
y_2	0	0	0	0	0	0	0	0	44	57	75	93
t , год	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_1	182	182	182	182	182	182	182	182	182	205	218	227
y_2	97	101	119	159	185	231	296	328	362	362	362	362

Величина середньодобового відхилення фактичних даних енергоспоживання ДПНДЧ «Гонтарівка» і теоретичних, отриманих шляхом комп'ютерної обробки залежності (1) і системи рівнянь (2), не перевищує 5%. Результати обчислень були отримані з використанням залежності (4)

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (W_a - W_m)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N W_a} \cdot 100, \quad (4)$$

де N – кількість показань лічильника за часовий інтервал.

Таким чином, використання рівняння (1) дозволяє:

– охарактеризувати закономірності споживання електроенергії існуючими споживачами, які працюють за стандартними графіками навантаження, незалежно від його характеру: промислових, змішаних, побутових;

– визначити прогностичні добові обсяги споживання електроенергії з СЕП та ЛС у відповідні години доби.

Для зменшення набору альтернативних рішень та умов невизначеності рекомендується оцінювати економічний ефект від впровадження ВДЕ на ранніх стадіях проектування. За розрахунковими лімітами витрат здійснюється обґрунтування і склад ЛС [29-31], визначаються потужності і типи установок в залежності від прийнятих лімітів витрат.

Відповідно до ДСТУ 3886-99 «Енергозбереження» критерієм дії енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ) при розгляді різних варіантів є:

$$E_t = I_t - C_t, \quad (5)$$

де E_t – економічний ефект від впровадження КСЕП за звітний період;

I_t – оцінка результатів доходу від КСЕП за розрахунковий період;

C_t – кошторис витрат на впровадження та експлуатацію КСЕП за розрахунковий період.

Завданням першого етапу є обґрунтування варіантів використання ВДЕ в системі електропостачання споживачів агропромислового комплексу. Виконується шляхом визначення значення диференційованого економічного показника (ДЕП) від



впровадження КСЕП у порівнянні з існуючими показниками СЕП за t -й рік з урахуванням [9,25], виконується за формулою:

$$\Delta I_t = C_{ts} - C_{tc} = C_{ts} - (\Delta C_{ts} + \Delta C_{tl}), \quad (6)$$

де ΔI_t – значення ДЕП від впровадження КСЕП за t -й рік, грн;

C_{ts} – грошові витрати на закупівлю енергоносіїв у СЕП за t -й рік, грн;

C_{tc} – грошові витрати на отримання сумарного обсягу різних видів енергії з КСЕС за t -й рік, грн;

ΔC_{tl} , ΔC_{ts} – відповідно, частка витрат на отримання різних видів енергії з локальних і централізованих систем в рамках КСЕС за t -й рік, грн.

Дослідження зміни ДЕП проводилося для умов, коли ЛС, як компонент КСЕП, генерує тільки електричну енергію. При цьому величина економічного ефекту може змінюватися в залежності від часу. Це пов'язано з тим, що відбувається вплив циклічних змін добових і сезонних навантажень, тарифів, споживання і виробництва енергії ЛС (рис. 2). За результатами аналізу (6) встановлено ймовірність настання як позитивних, так і від'ємних значень ДЕП: $\Delta I < 0$, $\Delta I = 0$, $\Delta I > 0$. Позитивне значення ДЕП ($\Delta I > 0$) можна прирівняти до меж витрат на реалізацію локальної системи електропостачання [26-28], що дасть можливість спрогнозувати величину економічного ефекту, а саме:

$$0 < \Delta C < \Delta I. \quad (7)$$

Дослідження для обґрунтування ΔC будуть проводитися за фактичними даними добових електричних навантажень споживачів ДПНДЧ «Гонтарівка» навесні.

Оцінка граничних витрат ΔC від використання КСЕП в ДПНДЧ «Гонтарівка» проводиться з урахуванням системи рівнянь (2):

$$\Delta C_\tau = \Delta y \cdot (\beta_\tau - \alpha_\tau) = \left[\begin{array}{l} 0, 0 \leq t < t_1 \\ W(t) - W(t_1), t_1 \leq t < t_2 \\ W(t_2) - W(t_1), t_2 \leq t < 24 \end{array} \right] \cdot (\beta_\tau - \alpha_\tau), \quad (8)$$

де Δy – обсяги споживання електроенергії з ЛС, кВт·год;

β_τ – тариф на електроенергію з СЕП на момент часу τ , грн/кВт·год;

α_τ – умовна вартість виробленої електроенергії ЛС, грн/кВт·год.

Для вивчення ΔC в динаміці в залежності від часу доби була розроблена програма [13,26], алгоритми якої представлені на рисунку 3.

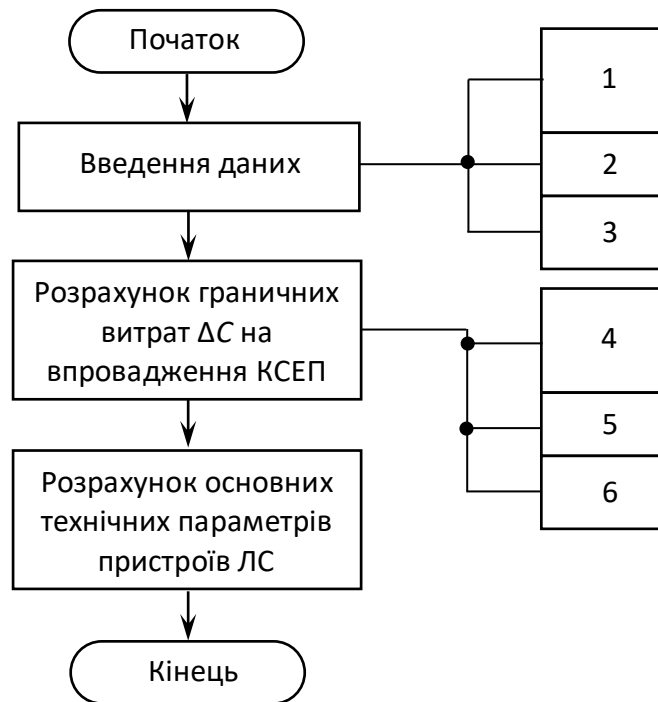


Рисунок 3. Структурна схема алгоритму визначення ΔC та основних технічних параметрів пристроїв локальної системи електропостачання, куди входять вхідні компоненти програми:

1 – введення в програму рівняння (1) і його коефіцієнтів, що характеризують обсяги вироблення електроенергії з ЛС;

2 – введення в програму рівняння (7), що характеризує зміни ΔC ;

3 – присвоєння значень β , α ; t_i , K_Z , $W(1-i)$;

4 – визначення зон ефективності використання ВДЕ в залежності від часу t і тарифного коефіцієнта K_Z ;

5 – визначення ліміту витрат ΔC ;

6 – визначення ліміту витрат ΔC з урахуванням напрацювання протягом доби t і зони зміни тарифу β .

Результати досліджень. Виконання програмних розрахунків виконується в пакеті математичних програм MATLAB.

При тризонній зміні тарифів на електроенергію на рис. 4 представлені зони, для яких визначені більш перспективні добові зміни ΔC .

За результатами аналізу отриманої номограми проведемо дослідження зміни вартісної межі ΔC і вартості електроенергії C_e , виробленої ЛС протягом доби. Найнижча собівартість виробленої енергії спостерігається з 8.00 до 10.00 та з 17.00 до 21.00 години при максимальному значенні допустимих витрат ΔC на реалізацію проекту. Позитивного економічного ефекту можна досягти і при експлуатації ЛС з 6.00 до 23.00 години. При цьому середнє значення ΔC за j -й сезон дорівнює:

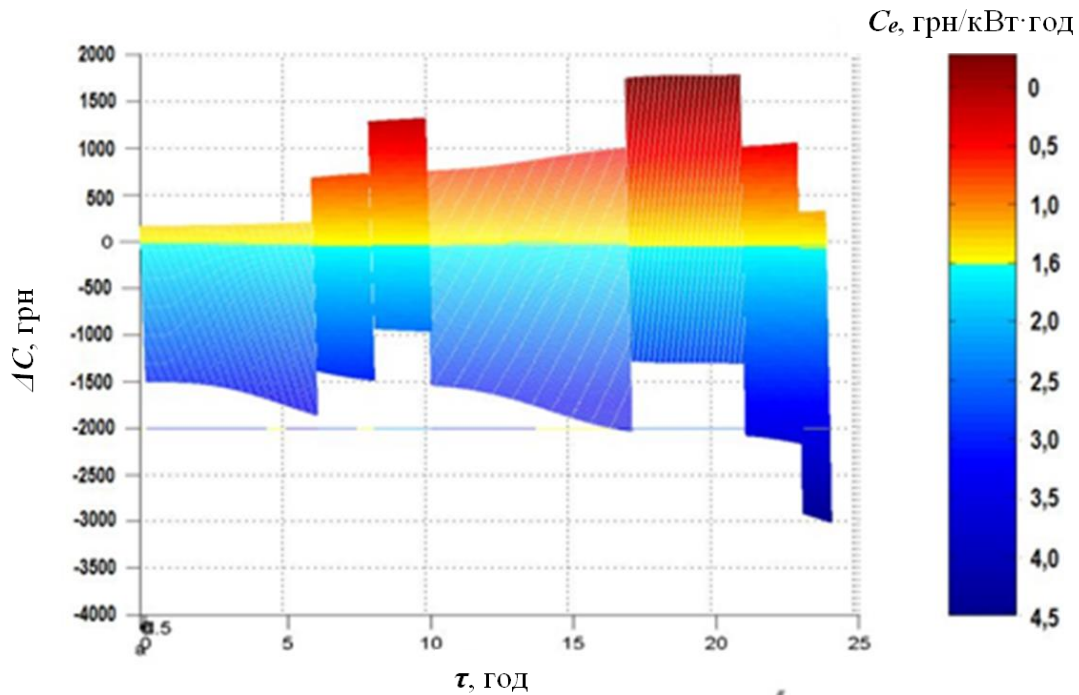


Рис. 4. Номограма зміни ліміту витрат ΔC і вартості виробленої електроенергії C_e за часом доби

$$\Delta C_j = \frac{\sum_{t_n}^{t_k} \Delta C_t}{N_j \cdot t_j}, \quad (9)$$

де $\sum_{t_n}^{t_k} \Delta C_t$ – сума погодинних значень ΔC за n -ну кількість днів

j -го сезону, грн·год;

t_n, t_k – відповідно, початковий і кінцевий час роботи споживача від ЛС за добу j -го сезону, год;

t_j – час роботи споживача за період доби з ЛС за j -й сезон, год;

N_j – кількість днів у j -му сезоні.

Визначення допустимих прогнозованих річних витрат на впровадження та експлуатацію ЛС на ранніх стадіях проектування дозволить зосередитися з економічної точки зору на виборі пристроїв відновлюваної енергетики, реалізація яких забезпечить споживачеві позитивний економічний ефект.

Висновки.

1. Сумарна розбіжність залежності, яка інтерпретує величину споживання електроенергії різними групами споживачів СЕП, не перевищує 5%, що дозволяє рекомендувати її для:



- прогнозування споживання електроенергії за поточними, нормативними та теоретичними графіками навантаження, незалежно від характеру їх зміни;
- визначення добових обсягів енергоспоживання з СЕП та ЛС у складі КСЕП незалежно від строків використання ВДЕ;
- визначення потужності силових установок локальних систем, пристроїв автоматики тощо.

2. Встановлено, що запропонований підхід до комплексного обґрунтування кейсів використання ВДЕ, що базується на оригінальних техніко-економічних показниках, алгоритмі, методології та програмному забезпеченні їх розрахунку, дозволяє скоротити кількість варіантних рішень та визначити позитивні та негативні сторони функціонування КСЕП вже на перших етапах техніко-економічної оцінки ефективності впровадження КСЕП та використання ВДЕ з споживачами СЕП.

Список використаних джерел

1. Hilorme T., Karpenko L., Fedoruk O., Shevchenko I., Drobyazko S. Innovative Methods of Performance Evaluation of Energy Efficiency Projects. *Academy of Strategic Management Journal*. 2018. Vol. 17(2). Print.
2. Trunova I., Miroshnyk O., Savchenko O., Moroz O. The perfection of motivational model for improvement of power supply quality with using the one-way analysis of variance. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. Vol. 6. P. 163–168. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-6/24>.
3. Miroshnyk O. O., Tymchuk S. O. Uniform distribution of loads in the electric system 0,38/0,22 kV using genetic algorithms. *Technical Electrodynamics*. 2013. Is. 4. P. 67–73. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84885913005&partnerID=MN8TOARS> (дата звернення 03.01.2024).
4. Bazaluk O., Postnikova M., Halko S., Kvitka S., Mikhailov E., Kovalov O., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V. Energy saving in electromechanical grain cleaning systems. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022. Vol.12(3). P. 1418. <https://doi.org/10.3390/app12031418>.
5. Bazaluk O., Postnikova M., Halko S., Mikhailov E., Kovalov O., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V. Improving energy efficiency of grain cleaning technology. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022. Vol. 12(10). P. 5190. <https://doi.org/10.3390/app12105190>.
6. BP Statistical Review of World Energy. 2019. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/>



pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf (дата звернення 26.12.2023).

7. Tymchuk S., Miroshnyk O. Assess electricity quality by means of fuzzy generalized index. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. № 3/4(75). P. 26–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42484>.

8. Karp I., Nikitin Y., Pyanykh K. Renewable sources in the energy supply systems of Ukrainian cities. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2021. № 1. P. 40–49. <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.040>.

9. Kirichenko M. V., Drozdov A. N., Zaitsev R. V. Design of Electronic Devices Stress Testing System with Charging Line Based Impulse Generator. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology*. 2020. P. 38–42.

10. Zharkin A., Novskiy V., Popov V., Yarmoliuk O. Improving the efficiency of distribution network control under the conditions of application of distributed sources generation of electrical energy and means of its accumulation. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2021. № 3. P. 37–44. <https://doi.org/10.15407/techned2021.03.037>.

11. Khrypunov M. G., Zaitsev R. V., Kudii D. A., Khrypunova A. L., Amplitude-time characteristics of switching in thin films of cadmium telluride. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2018. Vol. 10(1). P. 01016.

12. Tymchuk S., Miroshnyk O. Calculation of energy losses in relation to its quality in fuzzy form in rural distribution networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 1(8). P. 4–10 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.36003>.

13. Kudii D. A., Khrypunov M. G., Zaitsev R. V., Khrypunova A. L. Physical and Technological Foundations of the "Chloride" Treatment of Cadmium Telluride Layers for Thin-film Photoelectric Converters. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2018. Vol. 10(3). P. 03007.

14. Hilorme T., Karpenko L., Fedoruk O., Shevchenko I. and Drobyazko S. Innovative Methods of Performance Evaluation of Energy Efficiency Projects. *Academy of Strategic Management Journal*. 2018. Vol. 17(2). P. 1544–1458.

15. Suganthi L., Iniyan S., Anand S. A. Applications of fuzzy logic in renewable energy systems. *A review*. 2015. Vol. 48. P. 585–607.

16. Fomichev V. On the efficiency of energy production in optimizing the parameters of socio-economic balance. *Mining of Mineral Deposits*. 2016. Vol. 10. P. 89–95.

17. Qawaqzeh M., Zaitsev R., Miroshnyk O., Kirichenko M., Danylchenko D., Zaitseva L. High-voltage DC converter for solar power station. *International journal of power electronics and drive system*. 2020.



Vol. 11(4). P. 2135–2144. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i4.pp2135-2144>.

18. Qawaqzeh M., Szafraniec A., Halko S., Miroshnyk O., Zharkov A. Modelling of a household electricity supply system based on a wind power plant. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2020. № 96. P. 36–40, <https://doi.org/10.15199/48.2020.11.08>.

19. Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Influence of temperature on energy performance indicators of hybrid solar panels using cylindrical cogeneration photovoltaic modules. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week)*. 2021. P. 132–136. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569975>.

20. Halko S., Halko K., Suprun O., Qawaqzeh M., Miroshnyk O. Mathematical modelling of cogeneration photoelectric module parameters for hybrid solar charging power stations of electric vehicles. *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week)*. 2022. P. 1–6. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916397>.

21. Halko S., Miroshnyk O., Buinyi R., Moroz O., Savchenko O., Qawaqzeh M. Use of solar cogeneration modules for charging batteries of electric vehicles. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2023. P. 1–6. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312843>.

22. Qawaqzeh M. Z., Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Zharkov A. Modelling of a household electricity supply system based on a wind power plant. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2020. Vol. 96(11). P. 36–40. <https://doi.org/10.15199/48.2020.11.08>.

23. Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Figura R., Zharkov A., Vershkov O. Magnetic field parameters mathematical modelling of wind-electric heater. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2021. Vol. 97(8). P. 36–41. <https://doi.org/10.15199/48.2021.08.07>.

24. Al_Issa H. A., Qawaqzeh M., Khasawneh A., Buinyi R., Bezruchko V., Miroshnyk O. Correct cross-section of cable screen in a medium voltage collector network with isolated neutral of a wind power plant. *Energies*. 2021. Vol. 14. P. 3026. <https://doi.org/10.3390/en14113026>.

25. Pazyi V., Miroshnyk O., Moroz O., Trunova I., Savchenko O., Halko S. Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. P. 57–60. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250080>.

26. Olatomiwa L., Mekhilef S., Huda A., Olayinka S. Economic evaluation of hybrid energy systems for rural electrification in six geopolitical zones of Nigeria. *Renewable Energy*. 2015. Vol. 83. P. 435–446.



27. Aslani A., Helo P., Naaranoja M. Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach. *Applied Energy*. 2014. Vol. 113. P. 758–765.
28. Семененко І. В. Проектування біогазових станцій. Суми: ТОВ «ПФ Макден ІПП «Мрія-1», 1996. 347 с.
29. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки акумуляторів електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2019. Вип. 19, т. 3. С. 130–141. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.
30. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали Міжнар. наук. конф.*, 10 квіт. 2020 р. Луцьк, 2020. Т. 1. С. 83-90. <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.
31. Belik M. Weather dependent mathematical model of photovoltaic panels. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. 2017. Vol. 1(15). P. 698–701.
32. Belik M. Emergency island grids with small hydro power stations. *In Proceedings of the 10th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, Elektroenergetika 2019*. 2019. P. 116–121.
33. Voytenko V., Stepenko S., Velihorskyi O., Chakirov R., Roberts D., Vagapov Y. Digital control of a zero-current switching quasi-resonant boost converter. *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*. Wrexham, UK. 2015. P. 365–369. <https://doi.org/10.1109/ITechA.2015.7317428>.

Стаття надійшла до редакції 07.02.2024 р.



¹Dmytro Motorny TAVRIA State Agrotechnological University
²State Biotechnological University

**DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR THE OPERATION
OF A COMBINED POWER SUPPLY SYSTEM
WITH RENEWABLE SOURCES**

Summary

Algorithms of forecast changes in the volume of electricity consumption from centralized and local sources as part of a combined power supply system are presented.

In the complex of tasks of energy supply, the use of renewable sources is justified in many areas of activity: energy efficiency and efficiency of fossil fuels used for centralized energy supply; reducing the share of energy in the cost of agricultural products and the impact on the environment. Renewable energy has its own peculiarities, for example, more expedient use in local integrated energy supply systems. The relevant features and directions should be taken into account both in autonomous use and in the construction of combined power supply systems.

The dependence of integrated accounting of hourly, daily and seasonal changes in electricity consumption on centralized and local energy supply systems has been developed. It is proposed to use an improved method of feasibility study of investment decisions at the stages of formalization of the technical task, based on the assessment of projected allowable costs for the construction of local power supply, which will allow consumers to have a positive economic effect and reduce the number of alternative solutions.

The total discrepancy of the dependence, which interprets the amount of electricity consumption by different groups of consumers of the power supply system, does not exceed 5%, which allows us to recommend it for: forecasting electricity consumption according to current, regulatory and theoretical load schedules, regardless of the nature of their change; determination of daily volumes of energy consumption with the power supply system and the local system as part of the combined power supply system, regardless of the terms of use of renewable energy sources; determination of the power of power plants of local systems, automation devices, etc.

It is determined that the proposed approach to the comprehensive substantiation of cases for the use of renewable energy sources, based on the original technical and economic indicators, algorithm, methodology and software for their calculation, allows to reduce the number of options and determine the positive and negative aspects of the functioning of the combined power supply system already at the first stages of the technical and economic assessment of the efficiency of its implementation.

Keywords: renewable energy, local energy supply system, power supply, mathematical model, energy efficiency

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Наукове фахове видання

Випуск 24, том 1

Заснований у 1998 р
Виходить три рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А.І.

Підписано до друку 01.05.2024 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 27,43. Наклад 100.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.