

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2023)

Павлодар

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ABAC7746>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

**Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М.,  
Аманкул Т., Ергеш М.**

Электр энергиясын тұтынуды бақылау, есепке алу және  
деректерді жинау бойынша міндеттерді шешу үшін  
NB-IoT технологиясының мүмкіндіктері .....12

**Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т.**

Жылу алмасу аппараттарын басқарудың интеллектуалды  
жүйесін қолдану .....25

**Әмірхан М. Н., Искакова К. А.**

Күн панеліне арналған трекер жүйесі .....36

**Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж.**

Қазақстан Республикасында 20 кВ арату желілерінің сенімділігін .....49

**Барукин А. С., Мащрапов Б. Е., Клецель М. Я.**

2n қайталама орамдарымен және 2n түзеткіштерімен  
трансформаторы бар түрлендіргіш қондырғылардың  
ресурс үнемдейтін дифференциалды қорғанысы .....61

**Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П.**

Реактивті қуатты оңтайлы басқару арқылы өнеркәсіптік  
кәсіпорындардың 6–10 кВ электр желілерінің тиімділігін арттыру .....72

**Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.**

Энергия жабдығының түтік-кеуекті құрылымдарында  
жылу алмасуын көрсету .....85

**Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л.,**

**Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У.**

Автономды энергиямен қамтамасыз ету үшін балама технологиялар .....94

**Жалмагамбетова У., Турсын М.**

Тұзды алудың технологиялық процесінің  
автоматтандырылған жүйесін жаңғырту .....106

**Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М.,**

**Глазырин С. А., Долгов М. В.**

Төмендетуді зерттеу және оларды арттыру әдістері .....118

**Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П.**

Электрқондырғылардың ресурс үнемдейтін ток қорғаныстары .....130

**Исенов С. С., Шерьязов С. Қ.**

Жаңартылатын көздер базасында электрмен  
жабдықтау жүйелерінің жай-күйі мен дамуын талдау .....140

**Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Ж.,**

**Джусупова Э. М.**

Микроконтроллерге негізделген ауаны жылытуды басқару жүйесі .....153

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<b>Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К.</b> Түрлендіргіш люминофоры бар жарықдиод үшін потенциалды материал $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}$ , Eu ниобат спектроскопиясы.....	166
<b>Қасым Р. Т., Толгенова А. С., Соболева Л. А., Болатбеков З. А., Сериков Т. Г.</b> Интерфейстер арасындағы ақпаратты ультра кең жолақты көп антенналы сымсыз тасымалдаудың моделі .....	178
<b>Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.</b> Қайнаған қабаты бар аппараттан бөлшектерді тасымалдаудың математикалық моделі .....	186
<b>Мусагажинов М. Ж., Мехтиев А. Д.</b> Телекоммуникация жүйелерін дамытудың әлемдік үрдісін ескере отырып, ТОБЖ жүйесінің техникалық жай-күйін мониторингтеу жүйелерінің қазіргі жай-күйіне шолу және оларды дамыту .....	193
<b>Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О., Уразалимова Д. С.</b> 2020–2021 жылдарындағы энергетикалық трилемманың талаптарын Қазақстанда орындалуы.....	204
<b>Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдығаликова Г. А., Исакова Г. О.</b> Ашық кодты DSpace, KoHa және Evergreen кітапхана жүйелеріне салыстырмалы талдау .....	212
<b>Никифоров А. С., Кучербаев М. С., Хамитов М. С.</b> Кокс пештерінің температуралық әсерлерді есептеудің кейбір аспектілері .....	224
<b>Ноғай А. С., Ноғай А. А., Өскенбаев Д. Е., Ноғай Е. А., Дүйсенғазина Н. Н.</b> Натрий-иондық аккумуляторлардағы $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ поликристалына негізделген катодтың құрылымы мен электрохимиялық қасиеттері .....	234
<b>Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Э. А., Сеитбек Е. Е.</b> Стационарлық режимдерді есептеуде электр желілерінің режимдерін модельдеу және оңтайландыру .....	247
<b>Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С.</b> Жамбыл облысы мысалында, Оңтүстік Қазақстанның геотермалды көздерімен, ауылдық жерлердегі тұтынушыларды жылумен жабдықтау.....	260
<b>Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С.</b> Павлодар облысының техногендік қалдықтарын пайдаланатын құрылыс материалдарының сипаттамаларын таңдаудың ақпараттық жүйесін әзірлеу .....	271

<b>Рахадилев Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г., Степанова О. А., Акаев А. М.</b> Жылу электр станцияларының энергетикалық жабдықтарының бөліктеріне детонациялық бурку арқылы жабындарды алу технологиясы.....	282
<b>Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А.</b> Магниттік ток түрлендіргіштерінің құрылымдық ерекшеліктері .....	295
<b>Сыдыкова Г. К.</b> Импульстік озонатордың жұмысын талдау .....	306
<b>Талипов С. Н.</b> QR кодтарын қолдана отырып, студенттердің сабаққа қатысу анализаторын жасау .....	317
<b>Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А.</b> Сымсыз цифрлық технология құралдарымен магистральдық құбырдың технологиялық және техникалық мониторингі .....	326
<b>Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б., Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е.</b> Арналандырылған стектердің редакторының көмегімен паллеттеу тапсырмаларына робот-манипуляторларды қолдану тиімділігін арттыру.....	343
Авторлар туралы ақпарат .....	352
Авторларға арналған ережелер.....	381
Жарияланым этикасы.....	392

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М., Аманкул Т., Ергеш М.</b> Возможности технологии NB-IoT для решения задач по контролю, учету и сбору данных потребления электроэнергии.....	12
<b>Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т.</b> Применение интеллектуальной системы управления теплообменными аппаратами .....	25
<b>Әмірхан М. Н., Искакова К. А.</b> Трекерная система для солнечной батареи .....	36
<b>Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж.</b> Исследование снижения надежности распределительных сетей 20 кВ в Республике Казахстан и методы их повышения.....	49
<b>Барукин А. С., Машрапов Б. Е., Клецель М. Я.</b> Ресурсосберегающая дифференциальная защита преобразовательных установок с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями .....	61
<b>Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П.</b> Повышение эффективности электрических сетей 6–10 кВ промышленных предприятий путём оптимального управления реактивной мощностью .....	72
<b>Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.</b> Визуализация теплообмена в капиллярно-пористых структурах энергооборудования .....	85
<b>Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л., Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У.</b> Альтернативные технологии для автономного энергообеспечения .....	94
<b>Жалмагамбетова У., Турсын М.</b> Модернизация автоматизированной системы технологического процесса извлечения соли.....	106
<b>Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М., Глазырин С. А., Долгов М. В.</b> Использование водомазутной эмульсии в вихревых горелочных устройствах .....	118
<b>Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П.</b> Ресурсосберегающие токовые защиты электроустановок.....	130
<b>Исенов С. С., Шерьязов С. Қ.</b> Анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе возобновляемых источников .....	140

<b>Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Дж., Джусупова Э. М.</b> Система управления нагрева воздуха на основе микроконтроллера .....	153
<b>Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К.</b> Спектроскопия ниобата $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}, \text{Eu}$ – потенциального материала для светодиодов с преобразующим люминофором .....	166
<b>Қасым Р. Т., Толегенова А. С., Соболева Л. А. Болатбеков З. А., Сериков Т. Г.</b> Модель сверхширокополосной многоантенной беспроводной передачи информации между интерфейсами.....	178
<b>Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.</b> Математическая модель уноса частиц из аппарата с кипящим слоем .....	186
<b>Мусагажинов М. Ж., Мехтеев А. Д.</b> Обзор современного состояния и развития систем мониторинга технического состояния системы ВОЛС .....	193
<b>Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О., Уразалимова Д. С.</b> Выполнение требований энергетической трилеммы в Казахстане в 2020–2021 годах.....	204
<b>Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдыгаликова Г. А., Исакова Г. О.</b> Сравнительный анализ библиотечных систем с открытым кодом DSpace, Koha и Evergreen.....	212
<b>Никифоров А. С., Кучербаев М. С., Хамитов М. С.</b> Некоторые аспекты расчета печей прокалики кокса на температурные воздействия.....	224
<b>Ногай А. С., Ногай А. А., Ускенбаев Д. Е., Ногай Э. А., Дюсенгазина Н. Н.</b> Структура и электрохимические свойства катода на основе поликристалла $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ в натрий ионных аккумуляторах .....	234
<b>Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Е. А., Сейтбек Э. Э.</b> Моделирование и оптимизация режимов электросети в расчетах на стационарный режим.....	247
<b>Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С.</b> Потенциал геотермальных источников Южного Казахстана, на примере Жамбылской области, для теплоснабжения потребителей сельской местности.....	260
<b>Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С.</b> Разработка информационной системы выбора характеристик строительных материалов с использованием техногенных отходов Павлодарской области .....	271

<b>Рахадиллов Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г., Степанова О. А., Акаев А. М.</b> Технология получения покрытий методом детонационного напыления на деталях энергетического оборудования тепловых станций .....	282
<b>Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А.</b> Конструкционные особенности магнитных преобразователей тока.....	295
<b>Сыдыкова Г. К.</b> Анализ работы импульсного озонатора .....	306
<b>Талипов С. Н.</b> Разработка анализатора посещаемости студентов с использованием QR-кодов .....	317
<b>Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А.</b> Технологический и технический мониторинг магистрального трубопровода средствами беспроводной цифровой технологии .....	326
<b>Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б., Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е.</b> Повышение эффективности применения роботов-манипуляторов для задач паллетизации при помощи специализированного редактора схем укладки .....	343
Сведения о авторах.....	352
Правила для авторов .....	381
Публикационная этика .....	392

**CONTENT**

<b>Akischev K. M., Tulegulov A. D., Baizharikova M., Amankul T., Yergesh M.</b> Capabilities of NB-IoT technology for solving tasks of monitoring, accounting and collecting data on electricity consumption.....	12
<b>Andreyeva O., Gonenko T., Lyubetskaya M., Azamatov M.</b> Application of an intelligent control system for heat exchangers.....	25
<b>Amirkhan M. N., Iskakova K. A.</b> Tracker system for solar battery .....	36
<b>Baltin A. T., Akhmetbayev D. S., Tatkeeva G. G., Asainov G. Zh.</b> Study of reliability reduction of 20 kV distribution networks in the Republic of Kazakhstan and methods of their improvement .....	49
<b>Barukin A. S., Mashrapov B. E., Kletsel M. Ya.</b> Resource-saving differential protection of converter installation with a transformer with 2n secondary windings and 2n rectifiers .....	61
<b>Volgin M. E., Volgina E. M., Kisllov A. P.</b> Improving the efficiency of 6–10 kV power grids of industrial enterprises through optimal reactive power control.....	72
<b>Genbach A. A., Bondartsev D. Yu., Genbach N. A.</b> Visualization of heat exchange in capillary porous structures of power equipment.....	85
<b>Glushchenko T. I., Bedych T. V., Fyodorova M. L., Issabekova B. B., Bizhanov N. U.</b> Alternative technologies for autonomous power supply .....	94
<b>Zhalmagambetova U., Tursyn M.</b> Modernization of the automated system technological process of salt extraction.....	106
<b>Zhumagulov M. G., Baubek A. A., Gribkov A. M., Glazyrin S. A., Dolgov M. V.</b> Use of oil-water emulsion in swirl burners.....	118
<b>Issabekov D. D., Bobrov V. Ya., Markovskiy V. P.</b> Resource-saving current protections for electrical installations.....	130
<b>Issenov S. S., Sheryazov S. K.</b> Analysis of the state and development of electricity supply systems based on renewable sources .....	140
<b>Ispulov N. A., Sultanova M. Zh., Ospanova Zh. Dzh., Jussupova E. M.</b> Air heating control system based on microcontroller .....	153
<b>Kissabekova A. A., Krasnikov A. S., Alpyssova G. K.</b> Spectroscopy of niobate LuNbO <sub>4</sub> :Bi, Eu – potential material for leds with a conversion luminophore .....	166

<b>Kassym R. T., Tolegenova A. S., Soboleva L. A., Bolatbekov A., Serikov T. G.</b> A model of ultra-wideband multi-antenna wireless transmission of information between interfaces.....	178
<b>Mitrofanov V., Abdullina G. G., Dyusova R. M., Ahmedyanova G. K., Aigozhina D. G.</b> Mathematical model of particle entrainment from a fluidized bed .....	186
<b>Musagazhinov M. Zh., Mekhtiev A. D.</b> Overview of the current state and development of monitoring systems for the technical condition of the fiber optic system, taking into account the global trend in the development of telecommunications systems.....	193
<b>Mustafina R. M., Mussekenova G. O., Urazalimova D. S.</b> Meeting the requirements of the energy trilemma in Kazakhstan in 2020–2021 .....	204
<b>Mutalova Zh., Kasymova A., Suleimenova R., Abdylgalikova G., Issakova G.</b> Comparative analysis of open source library systems DSpace, Koha and Evergreen.....	212
<b>Nikiforov A. S., Kucherbayev M. S., Khamitov M. S.</b> Some aspects of the calculation of coke furnaces for temperature effects .....	224
<b>Nogai A. S., Nogai A. A., Uskenbaev D. E., Nogay E. A., Dyusengazina N. N.</b> Structure and electrochemical properties of a cathode based on Na <sub>2</sub> FePO <sub>4</sub> F polycrystal in sodium-ion batteries.....	234
<b>Ongar B., Smagulova G. K., Sarsenbaev Ye. A., Nurmadiyeva E. A., Seitbek Ye. Ye.</b> Modeling and optimization of power network modes in stationary mode calculations .....	247
<b>Orynbayev S. A., Tokmoldaev A. B., Abdlakhatova N. Sh., Ribeiro I. F., Zhusup T. S.</b> The potential of geothermal sources in southern Kazakhstan for heat supply to rural consumers, the case of the Zhambyl region.....	260
<b>Ospanova N. N., Mukushev M. A., Akanova A. S.</b> Development of the information system for the selection of characteristics of building materials using man-made waste of Pavlodar region .....	271
<b>Rakhadilov B. K., Dautbekov M. K., Zhurerova L. G., Stepanova O. A., Akaev A. M.</b> Technology of obtaining coatings by detonation coating on parts of power equipment of thermal power plants.....	282
<b>Rakhimberdinova D. M., Novozhilov A. N., Kolesnikov E. N., Zhumataev N. Sh., Novozhilov T. A.</b> Design features of magnetic current converters.....	295

<b>Sydykova G. K.</b> Analysis of the operation of the pulse ozonator.....	306
<b>Talipov S. N.</b> Development of a student attendance analyzer using QR codes .....	317
<b>Chnybayeva D. M., Tsyba Yu. A.</b> Technological and technical monitoring of the main pipeline by means of wireless digital technology .....	326
<b>Yaroslavtsev M. V., Talipov O. M., Isabekov Z. B., Kaltayev A. G., Anarbayev A. E.</b> Increasing the efficiency of palletizing robots with specialized laying schemes editor .....	343
Information about the authors.....	352
Rules for authors .....	381
Publication ethics .....	392

<https://doi.org/10.48081/BLJO4853>

**\*K. M. Akishev<sup>1</sup>, A. D. Tulegulov<sup>2</sup>, M. Baizharikova<sup>3</sup>,  
T. Amankul<sup>4</sup>, M. Yergesh<sup>5</sup>**

<sup>1,2,4,5</sup>Kazakh University of Technology and Business,  
Republic of Kazakhstan, Astana;

<sup>3</sup>M. H. Dulati Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan, Taraz  
e-mail: [akmail04cx@mail.ru](mailto:akmail04cx@mail.ru)

## **CAPABILITIES OF NB-IOT TECHNOLOGY FOR SOLVING TASKS OF MONITORING, ACCOUNTING AND COLLECTING DATA ON ELECTRICITY CONSUMPTION**

*Problems with accounting, collection and correct readings of electricity meters are of great importance when preparing and invoicing for electricity, especially in neighborhoods with private households, where the process of monitoring electricity consumption is not always provided for various reasons beyond the control of the consumer of services. The development of modern information technologies, including mobile communications using the technology of NB-IoT, allows us to solve problems related to improving the efficiency of monitoring, accounting, and data collection of electricity consumption in microdistricts not only quickly and efficiently, but also increase the management efficiency of the process of collecting meter readings, as well as reducing the costs of the Service Provider for transport services, personnel and other items of expenditure. The article presents an analysis of various brands of metering devices used in the Urker microdistrict and the use of metering devices with the support of technology NB-IoT. A simulation model of access to metering devices using the technology of NB-IoT is shown. The issues related to the causes and problems of electricity theft are touched upon. The article will be useful to students, doctoral students, engineers, anyone who is related to automation and control of technological processes and productions, as well as anyone who deals with the problems of implementing the ASUE, IoT technology.*

*Keywords: Internet of Things technology, accounting, collection, control, metering device, mobile operator, efficiency, mobile communication, technology NB-IoT, ASKUE technology.*

### **Introduction**

Problems related to the control, accounting and collection of electricity consumption data have been studied and are being studied by many foreign and Kazakhstani scientists and the methods proposed by them are used in practice [1]. The problem of electricity theft has always been and still is, as one of the main ones in the articles of electricity transmission organizations and operators [2–6].

In 2021–22, prices for household gas and commercial coal increased significantly, and the volume of supplies of these raw materials to the regions decreased significantly. As a result, the owners of private houses were forced to use electrical appliances for heating, which caused a sharp increase in the load on the electrical networks and electricity consumption.

In this connection, the question arose about the need to obtain data from metering devices, electricity consumption in online providing the following requirements:

- quality and accuracy of transmitted electricity consumption data;
- accuracy of calculation of electricity consumption by hourly rates;
- the ability to monitor and check the readings of metering devices;
- compliance of the readings of electricity meters with the invoices issued for payment;
- the possibility of changing hourly tariff plans;
- lack of ways to steal electricity;
- reliability and safety of the system for monitoring, accounting and transmission of electricity consumption data.

### **Materials and methods**

Application of the automated control system, accounting and collection of readings of metering devices of consumed electricity ASKUE.

### **Results and discussion**

The Urker residential area is located in the Yesil district of Astana, (see Figure 1). The population is more than 24,000 people, 2 schools, a hospital, a military unit, 10 restaurants and cafes, 8 bath facilities, 35 shops, 2 covered bazaars, more than 3,000 residential real estate objects have been built [7].

<https://doi.org/10.48081/RGMZ4495>

**\*T. I. Glushchenko<sup>1</sup>, T. V. Bedych<sup>2</sup>, M. L. Fyodorova<sup>3</sup>,  
B. B. Issabekova<sup>4</sup>, N. U. Bizhanov<sup>5</sup>**

<sup>1,3,5</sup>Kostanay Regional University named after A. Baitursynov,  
Republic of Kazakhstan, Kostanay;

<sup>2</sup>Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov,  
Republic of Kazakhstan, Kostanay;

<sup>4</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

\*e-mail: [tatyana194@inbox.ru](mailto:tatyana194@inbox.ru)

## **ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY**

*The article considers the relevance of the use of autonomous power systems powered by renewable energy sources for use in the agricultural sector in the conditions of the Kostanay region. The main features of energy supply systems from the point of view of the rationality of their construction with a low population density and developed agriculture are considered. The share of the component in the structure of the cost price and tariffs for electricity associated with the generation of electric power is given. The share of electric energy costs in the production of agricultural products is determined and ways to reduce them are outlined. The possibility of using hybrid autonomous power plants for water supply for agricultural needs is considered. The article presents the device and the principle of operation of alternative technologies for obtaining thermal, mechanical and electrical energy using a solar water jet and a greenhouse generator. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of the considered alternative technologies is carried out, on the basis of which design changes and improvements to existing structures are proposed. It is proposed to use a Stirling engine to generate mechanical energy in conjunction with a greenhouse generator; allowing the wind generator to generate electrical energy. The main advantages and versatility of the hybrid design, in comparison with the original ones, allowing the use of renewable energy, are noted.*

*Keywords: energy of sun; wind energy; heliojet; greenhouse generator; power supply systems.*

### **Introduction**

Prospects of the use of renewable energy sources is dictated by the diversification of energy sources, energy security of the country, the use of the requirements of international agreements in the field of ecology, the development of new technologies in the field of energy supply and energy efficiency characterizing the relevance of developed ideas [1, 2].

The strategic potential for the use of renewable energy resources in the world is huge. According to experts, they are many times higher than the most optimistic estimates of traditional hydrocarbon fuels, which make the prospect of their use very attractive [3,4]. The share of renewable energy usage in the world continues to grow every year. The feasibility and scale of the use of renewable energy sources are determined primarily by their economic efficiency and competitiveness with traditional energy technologies [5,6].

Renewable energy has a number of advantages over traditional energy sources:

- independence from traditional energy related to the use of fossil fuels, in conditions of its limited and uneven distribution among countries;
- independence from price volatility in the global fossil energy market;
- inexhaustibility of renewable energy sources;
- eco-friendly use in the absence of waste and the release of pollutants;
- adaptability to the usage [7].

One of the priorities for the development of the electric power industry and the solution of environmental problems in Kazakhstan is the use of renewable energy resources. According to expert estimates, the potential of renewable energy resources (hydropower, wind and solar energy) in Kazakhstan is very significant. The share of renewable energy sources in the total volume of electricity production in the Republic is 0.5 % [8].

The following types of renewable energy sources are most promising for the territory of Kostanay region: wind power; small hydroelectric power plants; solar installations for the production of heat and electricity. Near Tobyl town the construction of the Ybray wind power station is going on, the first stage of which is already in operation.

Since the area is dominated by agriculture, the use of biomass energy is obvious. Also, we should not forget about the use of solid household waste and wastewater for energy production, solving the problem of waste accumulation and energy production at the same time [9].

### **Materials and methods**

A characteristic feature of Kostanay region is a relatively low population density and developed agriculture. In this regard, it is important to use autonomous



power plants from renewable energy, which allow you to provide electricity and heat to stand-alone social facilities, residential buildings and production facilities [10].

This article is devoted to the use of alternative technologies for processing renewable energy in autonomous power plants to provide water supply, mechanical, thermal and electrical energy to consumers [11].

The tasks that make it possible to achieve this goal are:

- consider existing alternative technologies for generating energy from renewable sources, their advantages and disadvantages;
- improve the efficiency of autonomous systems.

To achieve this goal, various scientific methods were used, such as the analysis of the literature on the problem under study, generalization, comparison and systematization of theoretical and empirical data.

As it is known, the main disadvantage of renewable energy is the frequency of energy flows. Solar energy can be consumed in the daytime, while wind energy in nature exists regardless of the time of day. If we consider the potential energy flows by season, we can note the following, that the potential of solar energy prevails in the summer, and wind energy in the winter. Thus, the combination of different types of renewable energy in a single system eliminates the problem of instability of energy flows. Autonomous stations combine several different energy sources that complement each other and stabilize energy flows. Renewable energy extraction technologies are diverse and have a number of specific features [12].

It is known that in the process of extraction, production, transportation, storage, consumption of organic energy resources (fuels), at all the listed successive stages of the promotion of energy from primary sources and at all stages of energy use in material production and the service sector as a whole, about 90 % of energy is lost compared to the initial level [13,14].

In the structure of the cost price and electricity tariffs 27 % is generated by basic power plants. The rest of the components are related to transportation, distribution, and energy losses. Therefore, the power supply of remote settlements from centralized systems is not economically profitable, since it requires large capital investments for the construction of power transmission lines and transformer substations. At the same time, the share of electric energy costs associated with the processing and production of agricultural products is 34 %. Thus, the use of autonomous power plants is economically feasible [15].

One of the ways to solve the problem of consumption and production is to generate the necessary types of energy in remote areas through the use of renewable energy sources directly near the consumer.

In electronic publications, numerous systems and installations of renewable energy are widely presented under various names, each of them has its own advantages and disadvantages, depending on the geographical location of the

energy consumer, the operating mode, and the temporary needs for certain types of energy. In addition to traditional methods of energy utilization of renewable resources, alternative technologies for using the heat of solar radiation are being developed [16–19].

Taking into account the specifics of agriculture, watering and irrigation during the growing season of crops, water for livestock, it should be noted that almost 80 % of the cost of water supply is electric energy. Russian scientists have proposed the use of solar water jets for these purposes. To solve the problem of reliable and inexpensive water supply, solar energy can be used; after all, for irrigation, for example, fields need an average of about 0.5 kW of installed capacity per 1 ha (0.05 MW/km<sup>2</sup>) [13].

The solar water jet is powered by a solar concentrator and solar heat stored by a salt pond. The heat from the pond is fed through a heat pipe (thermosiphon) to the water jet, which is a Stirling engine with a water pump, where it is converted into the energy of the water flow (liquid) in the thermodynamic cycle. The heat not used in the thermodynamic cycle of the water jet is diverted through the heat pipe: either through the cooled part of it into the pit filled with ice, causing it to melt, or it is dispersed into the environment through its air-cooled part. Thermosyphons are vacuum tubes in which heat is transferred by boiling the working fluid (for example, water) in one place (lower) and condensing in another – upper (Figure 1).

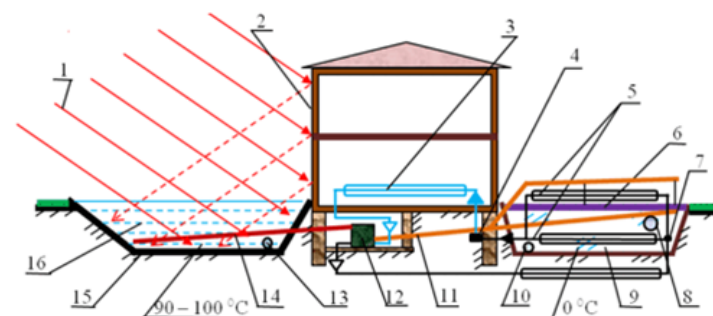


Figure 1 – Design of the solar water jet

- 1 – solar radiation; 2 – solar radiation concentrator; 3 – thermal insulation coating; 4 – pit filled with ice; 5, 8 – thermal gravity pipe (thermosiphon); 6 – air duct; 7 – water jet (Stirling engine with water pump); 9 – solar salt pond; 10 – water supply; 11 – ground; 12 – cooled part of the thermal gravity pipe 5, placed in the air – the perimeter fence of pit 4; 13 – cooled part of the heat pipe 5, located in the ice/water of pit 4

The disadvantage of such a device is the large area and volume of the pond and the pit with ice, the presence of a large solar energy concentrator. For efficient operation of the solar water jet, an automatic process control system and the use of excess heat energy are preferred.

The idea of using the energy of an artificial tornado-like flow excited by the wind, running into a tower with blinds that opened from different sides in relation to the direction of the wind flow, was developed in the works of D. Yen. In one of the modifications of the models of the greenhouse power plant of the Canadian meteorologist Michaud, the possibility of forming an artificial wind by fire tornado-like vortices of the «dust devils» type was envisaged. It was proposed to enclose the tornado - vortex created by heating the underlying surface of the collector in a low tower, in which periodic impacts on the lower part of the swirling flow are organized. According to the author, to obtain large values of electrical power with the help of a tornado, there is no need to create a high pipe [20].

### Results and discussion

In this regard, we can consider the process of converting thermal energy in solar wind generators, which create air flows initiated by solar heating of the air environment in semi-closed «greenhouse» systems. Designs of power plants have been developed that allow concentrating the energy of direct and scattered solar radiation, converting it into the energy of air flows with subsequent generation of electrical energy. Such constructions are based on the proposed I. Cabanes model of a greenhouse power plant, which he called a solar engine, (Figure 2) actually used the principle of operation of a chimney.

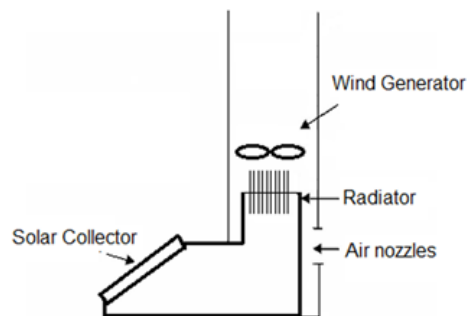


Figure 2 – Model of a greenhouse generator

The main disadvantages of this model are the low efficiency and large dimensions. Calculations of the efficiency of the model performed in the approximation of the ideal Carnot cycle and therefore led to relatively low values

of the efficiency coefficient. Meanwhile, it is necessary to pay attention to a number of fundamental design features of the solar engine model, which were lost later in the development of technologies for the aeromechanical method of converting solar energy and allowing us to clarify the real thermodynamic cycle. These are the unsymmetrical configuration of the solar collector, its tightness along the circular periphery, and the flow of air into the chamber through a limited-sized and flow-controlled inlet, similar to a furnace air-charging device that increases the draft in the chimney. An analysis of the design features of the solar water jet and the greenhouse generator suggests that by combining these devices into one system, it is possible to partially eliminate the shortcomings of each separately and increase the efficiency of solar energy conversion.

The hybrid model is based on a greenhouse generator, in which the energy of the sun is converted into thermal energy by means of a solar collector. The thermal energy is converted into mechanical energy with the help of the Stirling engine and drives the water pump in action. A wind generator is installed in the upper part of the pipe, which converts the energy of the wind flow into electrical energy (Figure 3).

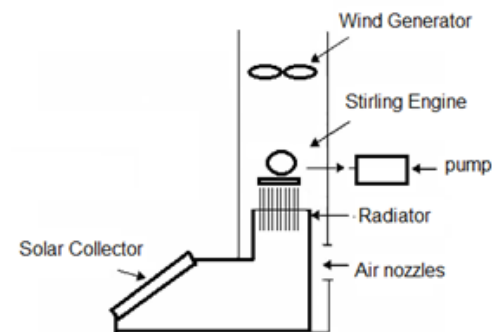


Figure 3 – Model of an upgraded greenhouse generator

Thus, the joint model allows both generating mechanical energy for agricultural water supply and generating electrical energy. If necessary, it is possible to use this installation for heat supply and hot water supply of buildings in rural areas. It is established that the intensity of the conversion of radiant energy into mechanical energy can vary due to the optimization of the peripheral angular momentum along the height of the vortex near the underlying surface. Using the swirling air flow, you can increase the efficiency of the greenhouse generator.

The proposed model does not contain a salt pond and an ice pit. The concentrators have been replaced with solar collectors, which do not require

automatic control when the position of the sun changes. Their design is simpler and more reliable in operation.

Another very important advantage is the versatility of using such an installation. It can generate mechanical, electrical, and thermal energy simultaneously with the priority of some type of energy. An integrated approach to generating various types of energy allows us to solve the problem of autonomous provision of detached buildings and structures.

### Conclusion

Based on the results of the study, the following conclusions can be drawn:

1 Environmental policy is a priority direction of the state's development, meets modern global trends in the field of energy conservation and the development of green energy. The geographical location and economic specifics of the region assume the development of autonomous systems based on renewable energy for electricity, heat and water supply;

2 Agricultural industries are developing in Kostanay region, mainly small peasant farms that require small energy capacities while generating electric and thermal energy at the same time;

3 For autonomous power supply, it is proposed to use a greenhouse power plant, which can be improved to generate electrical, mechanical and thermal energy for agricultural needs and household consumption;

4 It is possible to develop both stationary and mobile designs of autonomous energy systems based on a greenhouse generator.

### References

1 **Тургель, И., Божко, Л., Бисеров, Э., Найзабеков, А.** Приоритеты государственной экологической политики России и Казахстана: глобальная повестка и региональная проекция [Текст] // Экологические и климатические технологии. – 2020. – № 24(1). – С. 638–652.

2 **Адилбеков, Э. К., Султанов, Т. Т.** Обзор возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан [Текст] // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. – 2018. – № 1(122). – С. 8–14.

3 **Safaraliev, M. K., Odinaev, I. N., Ahyoev, J. S., et al.** Energy Potential Estimation of the Region's Solar Radiation Using a Solar Tracker [Text] // Applied Solar Energy. – 2020. – №4(56). – P. 270–275.

4 **Sadullayev, N. N., Safarov, A. B., Nematov, S. N., et al.** Opportunities and Prospects for the Using Renewable Energy Sources in Bukhara Region, [Text]. Applied Solar Energy. – 2020. – № 4(56). – P. 291–300.

5 **Тургель, И.** и др. Воздействие зон с особым статусом на окружающую среду (опыт России и Казахстана) [Текст] // Экологические и климатические технологии. – 2019. – №2(23). – С.102–113.

6 **Тургель, И., Панзабекова, А., Сатпаева, З.** Сравнительный анализ подходов к созданию института осени регулирующего воздействия в России, Казахстане и Кыргызстане [Текст]. Экологические и климатические технологии. – 2019. – № 2(23). – С. 102–113.

7 **Исмуратов, С. Б., Бедыч, Т. В., Глущенко, Т. И., Исмуратов, Д. С., Кухар, В. С.** Модель прогнозирования мощности автономной электростанции [Текст] // Международный журнал машиностроения и технологий. – 2019. – №10. – С. 613–619.

8 **Гребенева, О. В., Алешина, А. И., Смагулов, Н. К.** Современная оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Караганды [Текст] // Медицина и экология. – 2018. – № 3(88). – С. 26–32.

9 **Prashant, V. Baredar, S. T., Chetan, S. S.** Advances in Energy Technology Select Proceedings of EMSME 2020 : Select Proceedings of EMSME 2020 [Text]. – Singapore : Springer. – 2022. – P. 783.

10 **Rezaei, M. M., Saboohi, Y.** Optimal design of renewable integrated heat and electricity supply systems with genetic algorithm: household application in Iran [Text] // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2019. – № 17. – P. 2185–2196.

11 **Kozyaruk, A. E., Khitrov, A. A., Khitrov, A. I.** An energy-efficient autonomous energy supply system based on an external combustion engine [Text] // Russian Electrical Engineering. – 2016. – № 3(87). – P. 119–124.

12 **Korhonen, J.** Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology [Text] // Journal of Cleaner Production. – 2004. – № 12. – P. 809–823.

13 **Осадчий, Г. Б.** Возобновляемые источники энергии Южного Урала [Текст]. – Омск : ИПК Макшеева Е. А 2010. – С. 572.

14 **Miezis, M., Zvaigznitis, K., Stancioff, N., Soeftestad, L.** Climate Change and Buildings Energy Efficiency – the Key Role of Residents [Text] // Environmental and Climate Technologies. – 2016. – № 17(1) – P. 30–35.

15 **Daly, H. E.** Toward some operational principles of sustainable development [Text] // Ecological economics. – 1990. – № 2(1). – P. 1–6.

16 **Zhou, X. P., Yang, J. K., Ochieng, R. M.** A review of solar chimney power technology [Text] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – № 14(8), – P. 2315–2338.

17 **Hao, Zh., Zhi, M. L., Tong, W., Ming, J. Y., Run, Sh. T.** Performance of a Solar Drying System Driven by a Hybrid Power System [Text] // Advanced Materials Research. – 2012. – №455-456. – P. 139–146.

18 **Zhai, X. Q., Wang, X. L., Pei, H. T., Yang, Y., Wang, R. Z.** Experimental investigation and optimization of a ground source heat pump system under different indoor set temperatures [Text] // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2012. – № 19(48). – P. 105–116.

19 **Xing, L., Li, X., Akhatov, J. S.** Feasibility and Performance Study of Solar Combined Heat and Power System with Absorption Heat Pump in Uzbekistan. [Text] // *Applied Solar Energy*. – 2020. – № 6(56). – P. 498–507.

20 **Solovyev, A. A., Bodronosov, A. V.** Effect of a surface temperature on development of a convective vortex [Text] // *Proceedings Acad. Sci. USSR, Physics of atmosphere and ocean*. – 1982. – № 18(3). – P. 331–340.

## References

1 **Turgel, I., Bozhko, L., Biserov, E., Naizabekov, A.** Priority of gosudarstvennoi ekologicheskoi politiki Rosii i Kazakhstana : globalnaia povestka i regionalnaia proektsia [Priorities of the State Environmental Policy of Russia and Kazakhstan: Global Agenda and Regional Projection] [Text] // *Environmental and Climate Technologies*. – 2020. – № 24(1). – P. 638–652.

2 **Adilbekov, E. K., Sultanov, T. T.** Obzor vozobnovläemykh istochnikov energii v Respublike Kazahstan [Review of renewable energy sources in the Republic of Kazakhstan] [Text] // *Bulletin of the L. N. Gumilyov Eurasian National University. Series : Technical Science and Technology*. – 2018. – № 1(122). – P. 8–14.

3 **Safaraliev, M. K., Odinaev, I. N., Ahyoev, J. S.,** Energy Potential Estimation of the Region's Solar Radiation Using a Solar Tracker [Text] // *Applied Solar Energy*. – 2020. – № 4(56). – P. 270–275.

4 **Sadullayev, N. N., Safarov, A. B., Nematov, S. N., et al.** Opportunities and Prospects for the Using Renewable Energy Sources in Bukhara Region [Text] // *Applied Solar Energy*. – 2020. – № 4(56). – P. 291–300.

5 **Turgel, I., et al.** Vozdeistvie zon s osobym statusom na okrujaiushiu sredu (opyt Rosii i Kazakhstana) [Impact of Zones with Special Status on the Environment (Experience of Russia and Kazakhstan)] [Text] // *Environmental and Climate Technologies*. – 2019. – № 2(23). – P. 102–113.

6 **Turgel, I., Panzabekova, A., Satpayeva, Z.** Sravnitelnyi analiz podhodov k sozdaniu instituta osenki reguliruiushogo vozdeistvia v Rosii, Kazahstane i Kyrgyzstane [Comparative analysis of approaches to designing of regulatory impact assessment institute in Russia, Kazakhstan, and Kyrgyzstan] [Text] // *Environmental and Climate Technologies*. – 2019. – № 2 (23). – P. 102–113.

7 **Ismuratov, S. B., Bedych, T. V., Glushchenko, T. I., Ismuratov, D. S., Kukhar, V. S.** Forecasting model for capacity of autonomous power station [Text] // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. – 2019. – №10. – P. 613–619

8 **Grebeneva, O. V., Yu, N., Aleshina, A. I., Smagulov, N. K.** Sovremennaia osenka zagräznenia vozduha v Karagande [Modern assessment of air pollution in Karaganda]. [Text] // *Medicine and Ecology*. – 2018. – №3(88). – P. 26–32.

9 **Prashant, V. B., Srinivas, T., Chetan, S. S.** Advances in Energy Technology Select Proceedings of EMSME 2020 : Select Proceedings of EMSME 2020 [Text]. – Singapore : Springer, 2022. – P. 783.

10 **Rezaei, M. M., Saboohi, Y.** Optimal design of renewable integrated heat and electricity supply systems with genetic algorithm : household application in Iran [Text] // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2019. – № 17. – P. 2185–2196.

11 **Kozyaruk, A. E., Khitrov, A. A., Khitrov, A. I.** An energy-efficient autonomous energy supply system based on an external combustion engine [Text] // *Russian Electrical Engineering*. – 2016. – № 3(87). – P. 119–124.

12 **Korhonen, J.** Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology [Text] // *Journal of Cleaner Production*. – 2004. – № 12. – P. 809–823.

13 **Osadchiy, G. B.** Vozobnovläemye istochniki energii İujnogo Urala [Solar energy, its derivatives and technologies for their use] [Text]. – Omsk : IPK Maksheeva E.A., 2010. – P. 572.

14 **Miezis, M., Zvaigznitis, K., Stancioff, N., Soeftestad, L.** Climate Change and Buildings Energy Efficiency – the Key Role of Residents [Text] // *Environmental and Climate Technologies*. – 2016. – № 17(1) – P. 30–35.

15 **Daly, H. E.** Toward some operational principles of sustainable development [Text] // *Ecological economics*. – 1990. – № 2 (1). – P. 1–6.

16 **Zhou, X. P., Yang, J. K., Ochieng, R. M.** A review of solar chimney power technology [Text] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2010. – № 14(8). – P. 2315–2338.

17 **Hao, Zh., Zhi, M. L., Tong, W., Ming, J. Y., Run, Sh. T.** Performance of a Solar Drying System Driven by a Hybrid Power System [Text] // *Advanced Materials Research*. – 2012. – №455–456. – P. 139–146.

18 **Zhai, X. Q., Wang, X. L., Pei, H. T., Yang, Y., Wang, R. Z.** Experimental investigation and optimization of a ground source heat pump system under different indoor set temperatures [Text] // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2012. – № 19(48). – P. 105–116.

19 **Xing, L., Li, X., Akhatov, J. S.** Feasibility and Performance Study of Solar Combined Heat and Power System with Absorption Heat Pump in Uzbekistan. [Text] // *Applied Solar Energy*. – 2020. – № 6(56). – P. 498–507

20 **Solovyev, A. A., Bodronosov, A. V.** Effect of a surface temperature on development of a convective vortex [Text] // *Proceedings Acad. Sci. USSR, Physics of atmosphere and ocean*. – 1982. – № 18 (3). – P. 331–340.

Material received on 20.06.23.

\*Т. И. Глуценко<sup>1</sup>, Т. В. Бедыч<sup>2</sup>, М. Л. Фёдорова<sup>3</sup>,

Б. Б. Исабекова<sup>4</sup>, Н. У. Бижанов<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup>А. Байтұрсынова атындағы Қостанай өңірлік университеті,

Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

<sup>2</sup>М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

<sup>4</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 20.06.23 баспаға түсті.

### АВТОНОМДЫ ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН БАЛАМА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Мақалада Қостанай облысында ауыл шаруашылығы саласында қолдану үшін жаңартылатын энергия көздерінен жұмыс істейтін дербес энергия жүйелерін пайдаланудың өзектілігі қарастырылған. Халықтың тығыздығы төмен және дамыған ауыл шаруашылығы кезінде оларды құрудың ұтымдылығы тұрғысынан энергиямен қамтамасыз ету жүйелерінің негізгі ерекшеліктері қаралды.. Электр энергиясын өндіруге байланысты электр энергиясының өзіндік құны мен тарифтері құрылымындағы құраушының үлесі келтірілген. Ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіруде электр энергиясына жұмсалатын шығындардың үлесі айқындалды және оларды төмендету жолдары белгіленді. Ауыл шаруашылығын сумен жабдықтау үшін гибриді автономды энергия қондырғыларын пайдалану мүмкіндігі қаралды. Гелиомет пен парниктік генератордың көмегімен жылу, механикалық және электр энергиясын өндірудің балама технологияларының құрылымы, жұмыс принципі ұсынылған. Қарастырылған балама технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жүргізілді, соның негізінде қолданыстағы конструкцияларға құрылымдық өзгерістер мен толықтырулар ұсынылды. Стирлинг қозғалтқышын парниктік генератормен бірге механикалық энергия алу үшін пайдалану ұсынылады, бұл жел генераторы арқылы электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Жаңартылатын энергияны пайдалануға мүмкіндік беретін түпнұсқалармен салыстырғанда гибриді құрылымның негізгі артықшылықтары мен әмбебаптығы атап өтілді.

Кілтті сөздер: күн энергиясы; жел энергиясы; гелиомет; парниктік генератор; энергиямен жабдықтау жүйелері.

\*Т. И. Глуценко<sup>1</sup>, Т. В. Бедыч<sup>2</sup>, М. Л. Фёдорова<sup>3</sup>,

Б. Б. Исабекова<sup>4</sup>, Н. У. Бижанов<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup>Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынова,

Республика Казахстан, г. Костанай;

<sup>2</sup>Костанайский инженерно-экономический университет

имени М. Дулатова, Республика Казахстан, г. Костанай;

<sup>4</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 20.06.23.

### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

*В статье рассмотрена актуальность использования автономных энергосистем, работающих от возобновляемых источников энергии, для применения в сельскохозяйственной отрасли в условиях Костанайской области. Рассмотрены основные особенности систем энергообеспечения с точки зрения рациональности их построения при низкой плотности населения и развитом сельском хозяйстве. Приведена доля составляющей в структуре себестоимости и тарифов на электроэнергию, связанная с генерированием электрической энергии. Определена доля затрат на электрическую энергию в производстве сельскохозяйственной продукции и намечены пути их снижения. Рассмотрена возможность использования гибридных автономных энергоустановок для водоснабжения для сельскохозяйственных нужд. Представлены устройство, принцип действия альтернативных технологий получения тепловой, механической и электрической энергии с помощью гелиоводомета и парникового генератора. Проведен сравнительный анализ достоинств и недостатков рассмотренных альтернативных технологий, на основе которых предложены конструктивные изменения и доработки в существующие конструкции. Предложено использование двигателя Стирлинга для получения механической энергии в совокупности с парниковым генератором, позволяющих посредством ветрогенератора вырабатывать электрическую энергию. Отмечены основные преимущества и универсальность гибридной конструкции, в сравнении с исходными, позволяющей использовать возобновляемую энергию.*

*Ключевые слова: энергия солнца; энергия ветра; гелиоводомёт; парниковый генератор; системы энергообеспечения.*

*changes in the technological parameters of gas pressure and temperature in MG in order to optimize them.*

*Keywords: main gas pipeline, compressor station, gas pumping unit, electric drive, frequency converter, asynchronous motor, technological monitoring.*

МРНТИ 50.47.31

<https://doi.org/10.48081/QFSQ2222>

**\*М. В. Ярославцев<sup>1</sup>, О. М. Талипов<sup>1</sup>, Ж. Б. Исабеков<sup>1</sup>,  
А. Г. Калтаев<sup>4</sup>, А. Е. Анарбаев<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

\*e-mail: [myaroslav54@gmail.com](mailto:myaroslav54@gmail.com)

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ПАЛЛЕТИЗАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО РЕДАКТОРА СХЕМ УКЛАДКИ**

*Повышение экономической эффективности применения промышленных роботов требует концентрации максимального объема работы на каждой роботизированной ячейке. Одной из типичных задач, эффективно решаемых в настоящее время при помощи промышленных роботов, является укладка на паллеты (паллетизация) упакованных товаров, поступающих по конвейерной линии. Преимуществами промышленных роботов являются высокое быстродействие, надежность, гибкость переналадки, возможность одновременной работы с разными по массе и габаритам товарами.*

*Выполнено технико-экономическое сравнение, подтверждающее целесообразность приобретения одного робота-паллетайзера большего типоразмера по сравнению с несколькими, обладающими меньшей грузоподъемностью и радиусом действия. Это может потребовать концентрации на входе в ячейку робота нескольких конвейерных линий. Для обеспечения производительности комплекса необходима предварительная группировка товара, формирование рядов либо слоев.*

*В таких условиях возникает необходимость быстрой смены схем укладки товаров на паллеты, что сложно реализовать в случае применения жестких программ. Предложено создать графический редактор схем укладки и реализовать программу для робота-манипулятора, выполняющую укладку деталей на паллеты по заданной схеме. Разработана программа – редактор схем укладки, и реализована модель комплекса по паллетизации в среде Fatuc Roboguide.*

*Ключевые слова: автоматизированное производство, промышленный робот, паллетизация, производительность, графический редактор.*

### **Введение**

Увеличение производительности предприятий, рост стоимости труда, повышение требований к качеству выпускаемой продукции и её упаковки, глобализация экономики и широкое внедрение информационных технологий, а также повышение доступности грузового транспорта создают предпосылки для повышения уровня автоматизации производств и перехода к «промышленности 4.0». Повышение производительности транспорта и складов требует объединения грузов, что достигается сегодня укладкой на паллеты. В странах СНГ нашли широкое применение стандартные паллеты по ГОСТ 33757-2016 [1].

Укладка товаров на паллеты при высокой производительности линии является сложной задачей, поскольку требует перемещения груза с 4 степенями свободы, включая поворот вокруг горизонтальной оси. Схемы укладки зависят от геометрических размеров и массы товара, обеспечения читаемости этикетки, возможности и необходимости в одновременной укладке нескольких упаковок.

Существует большое количество технических решений, применяемых для автоматизации укладки товара на паллеты [2–4]. Для решения этой задачи могут применяться как порталные и консольные укладчики, так и специализированные промышленные роботы. Кроме того, в ряде случаев повышение производительности комплекса по паллетизации требует предварительного подбора упаковок в ряд или даже формирование слоя целиком.

Наиболее сложной и не нашедшей до настоящего времени единственного решения проблемой является построение гибкой линии, способной обеспечивать укладку упаковок различного размера с минимальными затратами времени на переналадку.

### **Материалы и методы**

Наибольшую гибкость при реализации различных схем можно получить в случае применения промышленных роботов, что позволяет получить свободу в выборе траектории перемещения груза. Обеспечение возможности простой смены схем укладки требует отказа от жесткого программирования траекторий. Для этого требуется выделить редактирование схем укладки в специализированное приложение, а также реализовать автоматический расчет промежуточных координат траекторий при укладке предметов. Рядом производителей роботов предложены собственные решения по

редактированию схем укладки [5], однако они не учитывают возможность изменения схемы размещения груза на захвате робота.

Эффективным способом повышения производительности робототехнических комплексов по паллетизации товаров является предварительная группировка упаковок либо формирование слоя, что позволяет сократить количество циклов перемещения предметов. Поскольку стоимость робота в 3–5 раз превосходит стоимость формирователей слоя, а стоимость роботов-паллетайзеров различной грузоподъемности в пределах общего модельного ряда отличается, как правило, не более чем в 1,5 раза, в ряде случаев оказывается оправданным создание единичных комплексов паллетизации большой сложности. В таких комплексах робот, обладающий высокой грузоподъемностью и большим радиусом досягаемости, обслуживает одновременно несколько линий по производству товара и ведет одновременную укладку груза на несколько паллет.

По мере усложнения роботизированных систем возрастает важность проблемы оптимизации траекторий перемещения грузов при укладке для сокращения времени рабочего цикла робота и повышения общей производительности комплекса по паллетизации, либо оптимизации траекторий по критерию минимума затрат энергии на перемещение. При переносе деталей на паллет невозможно использовать одну оптимальную траекторию, поскольку каждая упаковка укладывается в различные точки пространства. Кроме того, траектория должна учитывать изменение свободного пространства для перемещения захвата робота по мере увеличения высоты уложенного на паллете груза. Простейшим подходом является изменение промежуточной точки траектории, расположенной над центром паллеты, однако в ряде работ предложены более сложные, но и более эффективные подходы по оптимизации траекторий.

В [6–10] обсуждаются проблемы поиска оптимальных схем укладки, а также оптимизации траекторий движения робота по критериям минимизации времени и затрат энергии на перемещение. Обе задачи требуют решения проблемы поиска кратчайшего пути с учетом текущей конфигурации препятствий.

### **Результаты и обсуждение**

В качестве решения авторами разработана программа – редактор схем укладки грузов на паллет. Программа предполагает применение на работе многосекционного пневматического захвата с независимо управляемыми присосами. Предложенное решение отличается возможностью реализовать одновременное взятие партии грузов и укладку их на паллет несколькими частями, отключая часть присосов на захвате. Это решение повышает

гибкость системы и позволяет выполнять укладку грузов большим количеством различных схем.

Редактор предлагает пользователю последовательно задать:

- схему расположения присосов на захвате;
- массовые и габаритные характеристики грузов;
- схемы размещения грузов на захвате;
- схемы укладки паллет (рисунок 1);
- расположение точек подачи грузов и паллет для их укладки относительно робота (рисунок 2).

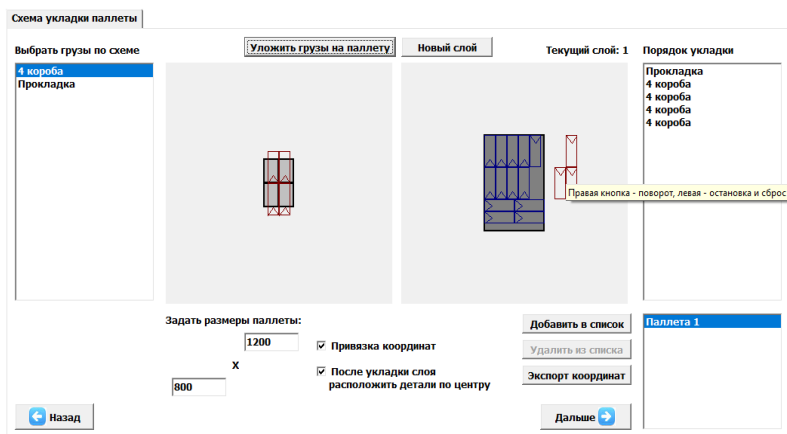


Рисунок 1 – Редактирование схемы укладки грузов на паллету

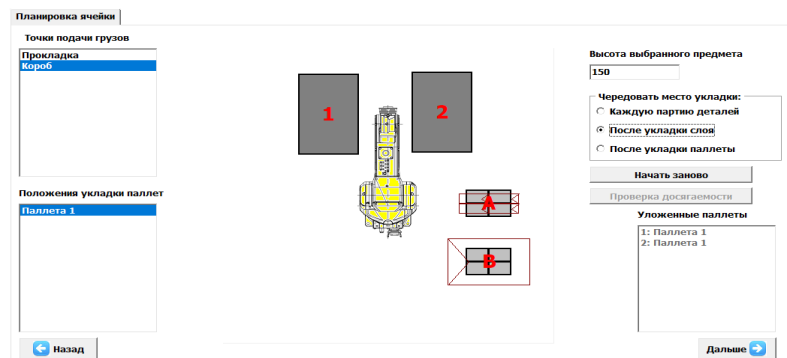


Рисунок 2 – Редактирование плана роботизированной ячейки

При укладке грузов предусмотрена возможность выбора режима укладки. При возможности взятия разных грузов робот может завершить укладку текущего паллета целиком, укладку очередного слоя либо производить переход к укладке груза на следующий паллет после каждого цикла перемещения предметов.

Разработанные программы укладки сохраняются в файлы данных предложенного формата, описывающего последовательность действий робота. Для роботов Fanuc реализована программа на языке Karel, выполняющая чтение данных из файла и поочередно выдающая координаты точек взятия и укладки предметов в основную программу движения.

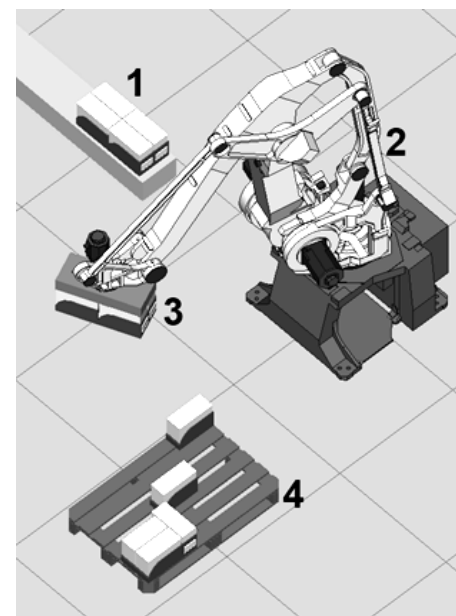


Рисунок 3 – симуляция процесса укладки паллет средствами САПР Fanuc Roboguide: 1 – формирователь рядов коробов, 2 – промышленный робот, 3 – пневматический захват с рядом коробов, 4 – паллета в процессе укладки коробов

Проверка результатов выполнена симуляция процесса укладки паллет в САПР Fanuc Roboguide (Рисунок 3). Подтверждена возможность реализации гибкой системы управления роботизированным комплексом по паллетизации, обеспечивающей возможность смены схем укладки в течение 30 минут для грузов различных массы и габаритов. В то же время, не нашли



окончательного решения проблемы оптимизации траекторий робота по времени на передвижение и затратам энергии, что представляет предмет дальнейших исследований.

### Выводы

На основании выполненного обзора показано, что задача укладки роботизированной грузов на паллету представляет сложность в отношении быстрого изменения алгоритма действий робота, а также оптимизации траекторий по критериям минимума времени на перемещение и минимума затрат энергии.

Предложено создать графический редактор схем укладки и реализовать программу для робота-манипулятора, выполняющую укладку деталей на паллеты по заданной схеме. Разработана программа – редактор схем укладки, и реализована модель комплекса по паллетизации в среде Fanuc Roboguide.

Разработанная авторами система обладает повышенной гибкостью за счет обеспечения возможности переноса нескольких деталей и поочередной их укладки в различных положениях захвата. В то же время, предложенное решение является зависимым от человека, не обеспечивая проверки траекторий переноса деталей на оптимальность по критериям быстродействия и затрат энергии на перемещение. Дальнейшей задачей работы является разработка методики оценки затрат энергии на перенос деталей.

### Список использованных источников

1 ГОСТ 33757-2016 Поддоны плоские деревянные : технические условия // М. : Стандартинформ, 2019. – 22 с.

2 **Dan, Luo.** Design and Implementation of Control System of Three Axis Palletizing Machine Based on PLC // Academic Journal of Science and Technology. – 2022. – Vol. 3. – P. 188–190. – <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i2.2170>.

3 **Yuan, Yang, Lei, Zhang, Ligang, Qiang, Jinbing, Wang, Yong, Zhang, Xudong, Yang.** Research on Palletizing Robot System of Multi - axis Synchronous Control Technology // MATEC Web of Conferences. – 2022. – Article ID: 363(2):01006. – <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236301006>.

4 Виды паллетайзеров [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tmipal.com/ru/palletizery-dlya-meshkov-kratkoe-rukovodstvo> (Дата обращения: 14.04.2023).

5 Perfect your palletizing with PalletPRO [Электронный ресурс]. – URL: <https://motioncontrolsrobotics.com/perfect-palletizing-palletpro/> (Дата обращения: 14.04.2023).

6 **Chen, Xiaokang, Zhou, Yin, Yang, Bin, Miao, Xinghua, Li, Yanlin, Zhang, Miaorong.** Designing Control System of Palletizing Robot Based on

RobotStudio // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2402. – Article ID 012039. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2402/1/012039>.

7 **Rui Gao, Wei Zhang, Guofu Wang, Xiaohuan Wang.** Experimental Research on Motion Analysis Model and Trajectory Planning of GLT Palletizing Robot // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – P. 966. – <https://doi.org/10.3390/buildings13040966>.

8 **Ke, Liu, Xue-Feng, Lv.** Research on Palletizing and Packing Based on Heuristic Algorithm // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – P. 2449. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2449/1/012040>.

9 **Peeva, I., Kostadinov, C.** Study of the performance of palletizing equipment // Proc. of University of Ruse, Bulgaria. – 2021. – Vol. 60.

10 **Jianqiang, Wang, Yanmin, Zhang, Xintong, Liu.** Control system of 4-DOF palletizing robot based on improved R control multi-objective trajectory planning // Advances in Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 13. – Article ID 168781402110027. – <https://doi.org/10.1177/16878140211002705>.

### References

1 GOST 33757-2016 Poddony` ploskie derevyanny`e : texnicheskie usloviya [Flat wooden pallets : technical requirements] [Text]. – Moscow: Standartinform, 2019. – 22 p.

2 **Dan, Luo.** Design and Implementation of Control System of Three Axis Palletizing Machine Based on PLC // Academic Journal of Science and Technology. – 2022. – Vol. 3. – P. 188–190. – <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i2.2170>.

3 **Yuan, Yang, Lei, Zhang, Ligang, Qiang, Jinbing, Wang, Yong, Zhang, Xudong, Yang.** Research on Palletizing Robot System of Multi-axis Synchronous Control Technology // MATEC Web of Conferences. – 2022. – Article ID: 363(2):01006. – <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236301006>.

4 Vidy` palletajzerov [Palletizer types] [Electronic resource]. – URL: <https://www.tmipal.com/ru/palletizery-dlya-meshkov-kratkoe-rukovodstvo> (Access date 14.04.2023).

5 Perfect your palletizing with PalletPRO [Electronic resource]. – URL: <https://motioncontrolsrobotics.com/perfect-palletizing-palletpro/> (Access date 14.04.2023).

6 **Chen, Xiaokang, Zhou, Yin, Yang, Bin, Miao, Xinghua, Li, Yanlin, Zhang, Miaorong.** Designing Control System of Palletizing Robot Based on RobotStudio // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2402. – Article ID 012039. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2402/1/012039>.

7 **Rui Gao, Wei Zhang, Guofu Wang, Xiaohuan Wang.** Experimental Research on Motion Analysis Model and Trajectory Planning of GLT Palletizing Robot // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – P. 966. – <https://doi.org/10.3390/buildings13040966>.

8 **Ke, Liu, Xue-Feng, Lv.** Research on Palletizing and Packing Based on Heuristic Algorithm // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – P. 2449. – <https://doi.org/012040.10.1088/1742-6596/2449/1/012040>.

9 **Peeva, I., Kostadinov, C.** Study of the performance of palletizing equipment // Proc. of University of Ruse, Bulgaria. – 2021. – Vol. 60.

10 **Jianqiang, Wang, Yanmin, Zhang, Xintong, Liu.** Control system of 4-DOF palletizing robot based on improved R control multi-objective trajectory planning // Advances in Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 13. – Article ID 168781402110027. – <https://doi.org/10.1177/16878140211002705>.

Материал поступил в редакцию 20.06.23.

*М. В. Ярославцев<sup>1</sup>, О. М. Талипов<sup>2</sup>, Ж. Б. Исабеков<sup>3</sup>,  
А. Г. Калтаев<sup>4</sup>, А. Е. Анарбаев<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,4,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал 20.06.23 баспаға түсті.

#### **АРНАЛАНДЫРЫЛҒАН СТЕКТЕРДІҢ РЕДАКТОРЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ПАЛЛЕТТЕУ ТАПСЫРМАЛАРЫНА РОБОТ- МАНИПУЛЯТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

*Өнеркәсіптік роботтарды пайдаланудың экономикалық тиімділігін арттыру әрбір роботты ұяшыққа максималды жұмыс көлемін шоғырландыруды талап етеді. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік роботтардың көмегімен тиімді шешілетін типтік міндеттердің бірі конвейер желісі бойынша келетін оралған тауарларды паллеттеу болып табылады. Өнеркәсіптік роботтардың артықшылығы – жоғары жылдамдық, сенімділік, қайта реттеу икемділігі, әртүрлі салмақ пен өлшемдегі тауарлармен бір уақытта жұмыс істеу мүмкіндігі.*

*Жүк сыйымдылығы мен әрекет ету радиусы төмен бірнеше роботтармен салыстырғанда үлкенірек стандартты өлшемдегі бір робот паллетизаторды сатып алудың орындылығын растайтын техникалық-экономикалық негіздеме жүргізілді. Бұл робот ұяшығына кіре берісте бірнеше конвейер желілерінің шоғырлануын талап етуі мүмкін. Кешеннің өнімділігін қамтамасыз ету үшін тауарларды алдын ала топтастыру, қатарларды немесе қабаттарды қалыптастыру қажет.*

*Мұндай жағдайларда тауарларды паллеттерге қою схемаларын жылдам өзгерту қажет болады, бұл қатаң бағдарламалар жағдайында жүзеге асыру қиын. Схемаларды жинақтау үшін*

*графикалық редакторды құру және берілген схема бойынша бөлшектерді паллеттерге жинақтайтын роботтық қолдың бағдарламасын жүзеге асыру ұсынылады. Бағдарлама әзірленді – схемаларды жинақтау үшін редактор және Fanuc Roboguide ортасында паллеттеу кешенінің үлгісі жүзеге асырылды.*

*Кілтті сөздер: автоматтандырылған өндіріс, өнеркәсіптік робот, паллетизация, өнімділік, графикалық редактор*

*М. V. Yaroslavtsev<sup>1</sup>, O. M. Talipov<sup>2</sup>, Z. B. Isabekov<sup>3</sup>,*

*A. G. Kaltayev<sup>4</sup>, A. E. Anarbayev<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,4,5</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 20.06.23.

#### **INCREASING THE EFFICIENCY OF PALLETIZING ROBOTS WITH SPETIALIZED LAYING SCHEMES EDITOR**

*Increasing the efficiency of industrial robot application requires to concentrate maximum available amount of work at each robot workcell. One of the typical tasks effectively solved today by industrial robots is palletizing different packed goods supplied by conveyors. Application of robots for that task provides such benefits as high performance, reliability, changeover flexibility and ability to lay simultaneously packages of different size and weight.*

*In the article the expediency of application one large robot compared with two ones having less dimensions is shown. It requires one robot to serve two or more supplying lines at the same time. To ensure the required performance a preliminary grouping of packages or forming the pallet layers may be needed.*

*In this conditions fast changing the package laying schemes may become difficult if fixed programs are being used. A special graphic editor of laying schemes enable to save laying schemes to files is proposed in the article. The editor is implemented with a reader program for robot. The proposed solution is tested using a simulation model in Fanuc Roboguide CAD system.*

*Keywords: automated manufacturing, industrial robot, palletizing, performance, graphic editor.*