

УДК 004.045

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-3>

Людмила ДОБРОВОЛЬСЬКА

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій Приазовського державного технічного університету, вул. Гоголя, 22, Дніпро, Україна, ludmila_dobrovolska@ukr.net

Дмитро ДОЩАНСЬКИЙ

студент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій Приазовського державного технічного університету, вул. Гоголя, 22, Дніпро, Україна.

Бібліографічний опис статті: Добровольська, Л., Дощанський Д. (2023). Розробка програмного комплексу для оцінки вироблення енергії. *Information Technology: Computer Sciens, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 13–21, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-3>

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОЦІНКИ ВИРОБЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ

У статті розглядається концепція гібридного електропостачання котеджного селища щодо сонячної генерації енергії. Оскільки електроенергія дорога, то інноваційні гібридні системи стали виходом із ситуації, бо вони дозволяють повністю відмовитися від послуг ЖКГ як приватним особам, так й підприємствам. Вони повністю забезпечують будови та виробничі потужності всіма ресурсами, необхідними для щоденного повноцінного функціонування. Як альтернативні джерела можуть бути взяті: сонячна енергія, енергія вітру, морські хвилі, відливи й припливи, річки тощо. Для побудови гібридної системи використовують кілька різнопланових установок, які працюють задля забезпечення електроенергією одного об'єкта. У зв'язку з цим використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) як економічно ефективних і надійних джерел енергії, а також застосування гібридних систем енергопостачання (ГСЕ), що поєднують у собі ВДЕ та викопні джерела енергії, стає актуальним і важливим завданням світової енергетичної політики. Аналіз літературних джерел показав сприятливе розташування території України та Донецької області для використання відновлюваних джерел енергії з метою електропостачання об'єктів. Місто Маріуполь та його передмістя також є придатними для використання ВДЕ. Використовуючи дані сонячної інсоляції з бази даних НАСА розраховано технічний та валовий потенціал енергії сонця для умов нашого регіону, а також обрано варіант сонячної електростанції певної потужності для енергопостачання котеджного селища, що включає кількість споживаної електроенергії до та після впровадження сонячної станції. Розроблене програмне забезпечення дає оцінку вироблення електроенергії сонячними батареями та оцінку гібридної системи загалом. Для написання програми було використано Microsoft Visual Studi, серію продуктів Майкрософт, які включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низку інших інструментальних засобів. Розроблена програма, орієнтована на оцінку вироблення електричної енергії сонячними батареями, а також на оцінку можливості існування гібридної системи (електроенергія/газ), а також дозволяє визначити кількість закупівлі електроенергії, що бракує, у держави.

Ключові слова: автоматичне регулювання, гібридна система електропостачання, сонячно/газова генерація енергії, сонячна інсоляція, сонячні батареї, відновлювані джерела енергії, програмне забезпечення, Microsoft Visual Studi.

Lyudmila DOBROVOLSKA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automation and Computer Technologies, Priazovskyi State Technical University, st. Gogol, 22, Dnipro, Ukraine, ludmila_dobrovolska@ukr.net

Dmytro DOSHCHANCKIY

Student at the Department of Automation and Computer Technologies Priazovskyi State Technical University, st. Gogol, 22, Dnipro, Ukraine

To cite this article: Dobrovolska L., Doshchanckiy D. (2023). Rozrobka prohramnoho kompleksu dlia otsinky vyroblennia enerhii [Development of a software complex for estimating energy production]. *Information Technology: Computer Sciences, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 13–21, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-3>

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR ESTIMATING ENERGY PRODUCTION

The article discusses the concept of hybrid power supply of a cottage settlement with respect to solar-gas energy generation. Because electricity is expensive, then innovative hybrid systems have become a way out of this situation,

because. they make it possible to completely abandon housing and communal services not only for individuals, but also for enterprises. They fully provide buildings and production facilities with all the resources necessary for their daily full functioning. As alternative sources, solar energy, wind energy, sea waves, ebb and flow, rivers, etc. can be taken. To build a hybrid system, several diverse installations are used that work to provide electricity to one object. In this regard, the use of renewable energy sources (RES) as cost-effective and reliable energy sources, as well as the use of hybrid energy supply systems (HPS), combining RES and fossil energy sources, is becoming an urgent and important task of world energy policy. The analysis of literary sources showed a favorable location of the territory of Ukraine and the Donetsk region for the use of renewable energy sources for the purpose of power supply of objects. The city of Mariupol and its suburbs are also suitable for the use of RES. Using solar insolation data from the NASA database, the technical and gross potential of solar energy for the conditions of our region was calculated, and the option of a solar power plant of a certain capacity was selected to supply the cottage village, including the amount of electricity consumed before and after the introduction of the solar station. The developed software gives an estimate of the generation of electricity by solar panels and an estimate of the hybrid system as a whole. To write the program, Microsoft Visual Studio, a series of Microsoft products that include an integrated software development environment and a number of other tools, was used. The developed program is focused on assessing the generation of electrical energy by solar panels, as well as assessing the possibility of the existence of a hybrid system (electricity / gas), and also allows you to determine the amount of purchase of the missing electricity from the state.

Key words: automatic regulation, hybrid power supply system, solar-gas energy generation, solar insolation, solar batteries, renewable energy sources, software, Microsoft Visual Studi.

Постановка проблеми. В даний час майже вісімдесят відсотків світової енергії отримують з джерел викопного палива, таких як вугілля, природний газ тощо. Але енергетичні ресурси викопних джерел енергії Землі є обмеженими, і, в результаті зростання населення, необхідність збільшення енергії, і, відповідно, ціни зростають для викопного палива. Існує також проблема, пов'язана з глобальною зміною клімату через велику кількість викидів двоокису вуглецю та сірки в результаті спалювання викопного палива.

У зв'язку з цим використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) як економічно ефективних і надійних джерел енергії, а також застосування гібридних систем електропостачання (ГСЕ), що поєднують у собі ВДЕ та викопні джерела енергії, стає актуальним і важливим завданням світової енергетичної політики (Шевцов, 2008).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В даний час наукові дослідження в галузі відновлюваної енергетики ведуть багато наукових організацій та науковців України та закордоном.

Найбільші комплекси ВДЕ застосовуються у таких країнах: США, Китай, Німеччина (вітроферми, сонячні фотоелектростанції), Франція (приливна електростанція «Раїс»), Японія, Ю. Корея (сонячні ФЕС), геотермальні (США, Італія, Ісландія). Їх характеристики представлені у літературі та електронних засобах інформації.

Переважає більшість установок знаходиться в Китаї (104,5 ГВт), Європі (32,9 ГВт), США та Канаді (15,6 ГВт), що становить 87 % від загальної встановленої потужності. Іншу річ ділять між собою Австралія і Н. Зеландія (5,4 ГВт), Південна Америка (4,9 ГВт), азійські країни та деякі країни Африки.

Є численні приклади застосування гібридних систем. Так, у Канаді широко застосовують вітродизельні та вітроводородні схеми. Вітрові схеми застосовуються в проєкті Prince Edward Island Wind – Hydrogen Village в Рамеа. Потужність генератора водню залишає 250 кВт. Щорічно він дозволяє заощаджувати 120 тис. л палива, тим самим запобігає викидам в атмосферу: CO₂ – 320 т; NO_x – 6,8 т; SO₂ – 0,6 т.

В інституті TAFE Tasmania (Австралія) діє комплекс, що складається з двох вітроустановок, електролізера та дизельної установки, що пристосована для роботи з воднем, що забезпечує великий економічний ефект.

Розробками в області гібридних систем приділяють велику увагу і великі корпорації, що працюють в області відновлюваної енергетики. Так, корпорація Enertray AG (Німеччина), що ефективно працює в галузі вітроенергетики, пропонує технології по спільному використанню енергії вітру, біогазу та водню для вирішення проблеми появи надлишкової електроенергії, що виробляється великими вітропарками. Для акумулювання електроенергії фірмою реалізований проєкт її використання для електролітичного розкладання води на водень і кисень з наступним закачуванням водню в сховищі. Надалі, зі збільшенням споживання електроенергії, водень разом із біогазом може знову перетворитися на блокових електростанціях на електроенергію. Також водень може використовуватися як паливо у нових водневих двигунах чи паливних осередках.

Ефективне використання водню у складі гібридної сонячної енергосистеми у житлових приміщеннях запропоновано у розробках вчених університету ім. Дюка (Північна Кароліна, США). Пропонується гібридна система, в якій

сонячне світло нагріває суміш біометанолу та води у спеціальних батареях зі скляних трубок, розташованих на даху. Внаслідок двох каталітичних реакцій у цих батареях ефективно утворюється водень. Конструкція установки дозволяє використовувати до 95% енергії поглинаючого сонячного світла з малими втратами в навколишнє середовище, що забезпечує до кінця трубної системи колектора температуру до 200°C.

Математична теорія для оптимізації процесів та систем ВДЕ часто будується на основі кластерного аналізу закладеного Нобелівськими лауреатами Г. Марковіцем та У. Шаріом, та продовжена Дж. Тобінім. Дану теорію можна застосовувати і для гібридних систем, оскільки основною особливістю гібридних систем є одночасне використання відразу кількох видів ВДЕ, а це і є кластери ВДЕ.

Мета статті – на основі існуючих теоретичних і практичних матеріалів розглянути концепцію гібридного електропостачання котеджного селища стосовно сонячної і газової генерації енергії, що дозволить зменшити витрати, пов'язані зі споживанням електричної енергії та природного газу з мережі, а розроблене програмне забезпечення дасть оцінку вироблення електроенергії сонячними батареями та оцінку роботи гібридної системи загалом.

Виклад основного матеріалу. Гібридна система складається з декількох джерел альтернативної енергії, тому що для безперервного та повного функціонування станції слід отримати достатню кількість природних ресурсів. Неможливо обмежити себе до однієї установки, тому що це не буде повністю виконувати всі свої функції. Додаткове страхування забезпечується у разі зміни погодних умов або поломки однієї з частин системи.

Використання кількох джерел альтернативної енергії, інтегрованих в одну систему, є економічно вигідним. Тому що це дозволяє повністю відмовитися від централізованого джерела живлення, тобто не доведеться платити за комунальні послуги. Спільна робота декількох станцій поширює термін служби усієї системи в цілому. Ремонт та витрати на технічне обслуговування зменшуються. Цей спосіб отримання електроенергії швидко сплачується.

Гібридна станція має такі переваги: можливість продажу електроенергії у мережу; можливість економії електрики; можливість резервування внутрішніх навантажень будинку; можливість розширення системи без заміни існуючих блоків; можливість об'єднання всіх блоків системи на єдиний.

Аналіз літературних джерел показав сприятливе розташування території України та Донецької області для використання відновлюваних джерел енергії з метою електропостачання об'єктів. Місто Маріуполь та його передмістя також є придатними для використання ВДЕ (Шаповал, 2014).

У зв'язку з цим використання відновлюваних джерел енергії як економічно ефективних і надійних джерел енергії, а також застосування гібридних систем енергопостачання (ГСЕ), що поєднують у собі ВДЕ та викопні джерела енергії, стає актуальним та важливим завданням світової енергетичної політики.

У даній роботі розглядається побудова гібридної системи електропостачання котеджного селища, яка включає сонячно-вітро-газову генерацію. У рамках статті розглянуто лише сонячну генерацію енергії (Шведа, 2009).

Використовуючи дані сонячної інсоляції з бази даних NASA, було розраховано технічний та валовий потенціал енергії сонця для умов нашого регіону, а також обраний варіант сонячної електростанції певної потужності для енергопостачання котеджного селища, що включає кількість споживаної електроенергії до та після впровадження сонячної станції (Матвеев, 2003). Для розрахунку кількості енергії без урахування роботи сонячної електростанції використовувались наступні базові формули:

$$W_{\text{Б.К.}} = P_{\text{н}}$$

де P – використовувана потужність, kW-год/день;
 T – період роботи споживача, днів $T=30$;
 n – кількість місяців, $n=12$.

Кількість енергії, яка була вироблена сонячною електростанцією за рік складає

$$W_{\text{СЕС}} = P_{\text{вир.}} \cdot E \cdot n$$

Кількість енергії для котеджного селища з урахуванням роботи сонячної електростанції

$$W_{\text{к.}} = (W_{\text{Б.К.}} \cdot 8) - W_{\text{СЕС}}$$

Вхідні та вихідні дані для розрахунку гібридної системи енергопостачання, та їх структура з вибором споживачів електроенергії та природного газу, на прикладі одного будинку представлені на рис. 1 та в табл. 1.

Для написання програми було використано Microsoft Visual Studi, серія продуктів фірми Майкрософт, які включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та ряд інших інструментальних засобів. Ці продукти дозволяють розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайтів, веб-застосунків, веб-служб

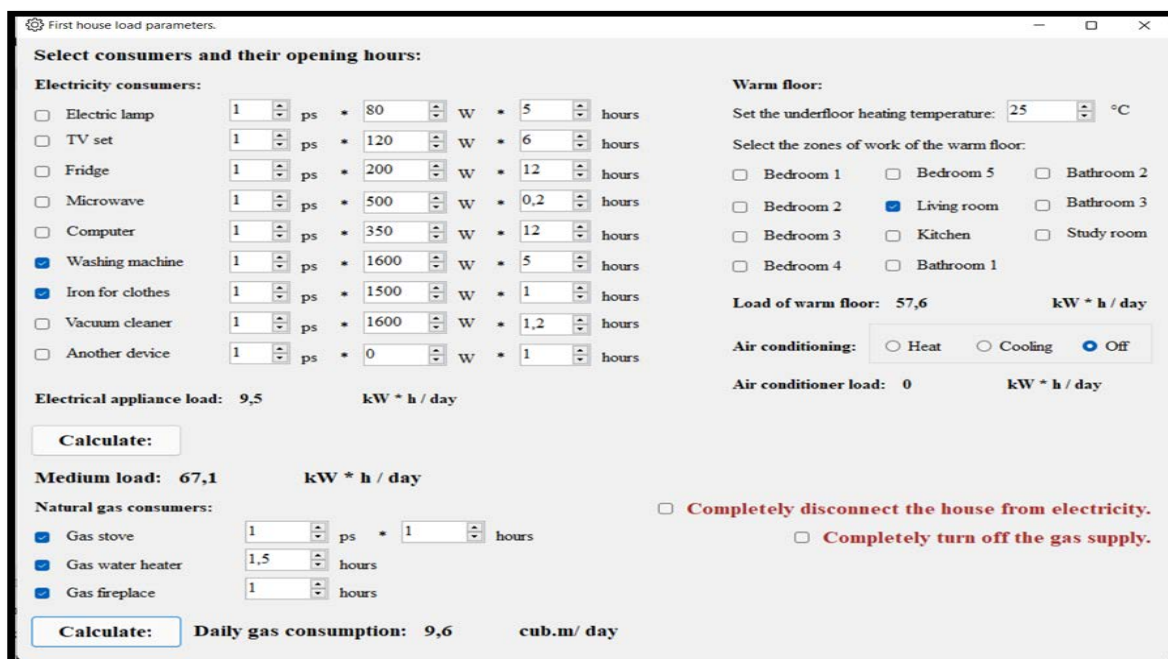


Рис. 1. Параметри навантаження одного будинку

Таблиця 1

Опис основних вихідних даних

№№	Назва змінної	Параметр	Тип даних
11	Average electricity generation per day	Середнє вироблення електроенергії за добу	double
22	Total electricity production for the year	Загальний обсяг виробництва електроенергії за рік	double
33	Residential complex gas consumption	Споживання газу житловим комплексом	double
44	Residential complex electricity consumption	Споживання електроенергії житловим комплексом	double
55	Required amount of solar panels	Необхідна кількість сонячних панелей	double
66	Number of sold kW hour	Кількість проданих кВт*час	double
77	The amount of money earned from the sold kW/h	Сумма зароблених грошей з проданих кВт*час	double
88	Amount spent on the purchase of the missing kW/h	Сумма потрачена на покупку недостатніх кВт*час	double

як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, що підтримуються Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows Phone, Windows CE, NET Framework, NET Compact Framework та Microsoft Silverlight (Круглинські, 2003).

Розроблена програма, орієнтована на оцінку вироблення електричної енергії сонячними батареями, а також на оцінку можливості існування гібридної системи (електроенергія / газ), та засобам розрахунку необхідності закупівлі електроенергії, що бракує, у державі.

Під час запуску програми відкривається головне вікно програми "Management of the residence complex" (управління житловим комплексом), рис. 2.

Для роботи програми використовуємо наступні дані.

Нульові вхідні параметри: потужність соняч-

ної панелі; кількість, шт.; навантаження, kW*h.

Натиснувши кнопку "Calculate (розрахувати)", форма буде графік вироблення електроенергії сонячною панеллю заданною потужністю, по місяцях.

Для цього використовуємо дані щодо інсоляції з точністю 0,1 градуса за широтою та довготою. Дані знаходяться у відкритому доступі на сервісі NASA, де історія вимірювань ведеться з 1984 року. Для того, щоб дізнатися середню кількість вироблення kW*h на день, потрібно коефіцієнт інсоляції помножити на потужність сонячної панелі в kW і помножити на кількість сонячних панелей.

У рядку "Average electricity generation per day (середнє виробництво електроенергії за добу)" маємо дані про середню кількість виробленої електроенергії за добу, а у рядку "Total electricity

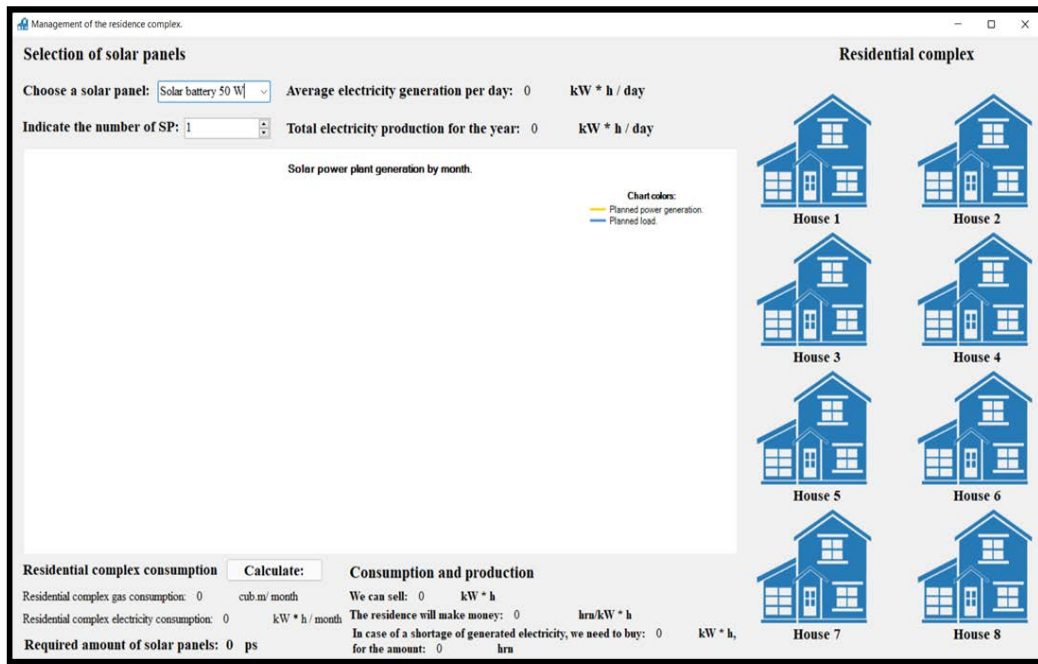


Рис. 2. Головне вікно програми. Управління житловим комплексом

production for the year (загальне виробництво електроенергії протягом року)” дані про середню кількість виробленої електроенергії протягом року, рис.3.

Так як навантаження немає, то всю вироблену електроенергію за рік сонячною панеллю, можливо продати державі, за ціною зеленого тарифу.

У рядку “We can sell (ми можемо продати)” кількість $\text{kW}\cdot\text{h}$, які можливо продати, а у рядку “The residence will make money (житловий комплекс заробить грошових коштів)”, інформація про те, скільки отримає житловий комплекс на рік (розглядається приклад стосовно 8 будинків).

Натиснувши 2 рази на будь-який з будинків, переходимо до підменю, у даному випадку, “First house load parameters (налаштування параметрів 1-го будинку)”.

Можна вибрати електроприлади, які будуть використовуватись, задати їх кількість і потужність у ваттах, а також приблизно час використання на добу. За умов споживання можливо отримати необхідну потужність для електроживлення електроприладів розташованих в будинку.

Мають місце 4 поля, де можна детальніше розглянути навантаження кожного з елементів обраного будинку. Наприклад:

– у полі “Electrical appliance load (навантаження на електроприлад)”, відображається навантаження, яке створюється вибраними електроприладами на день;

– у полі “Load of warm floor (навантаження на теплу підлогу)”, відображається навантаження, яке створюється теплою підлогою, при заданій температурі, у вибраних кімнатах, в день;

– у полі “Air conditioner load (навантаження на кондиціонер)” відображається навантаження, створюване кондиціонером, при вибраному режимі роботи, в день;

– у полі “Medium load (середнє навантаження)” відображається сумарне навантаження, від заданих елементів.

Для розглядаємого прикладу сумарне споживання електроприладів на добу відображає рис. 4.

Також у цьому вікні можна вибрати споживачів природного газу та задати їх кількість, та час роботи на добу.

В якості приклада включена газова плита на годину, газова колонка і газовий камін. У полі “Daily gas consumption (добова витрата газу)” відображається добове споживання газу вибраними споживачами. У правій нижній частині вікна є два окремі параметри налаштування будинку, а саме: повністю відключений будинок від електрики; completely turn off the gas supply (повністю відключена подача газу).

Вибравши один із параметрів, можна примусово знеструмити будинок, рис.5.

Вибравши споживачів і розрахувавши навантаження на день, можна зробити висновок, що одна сонячна панель заданної потуж-

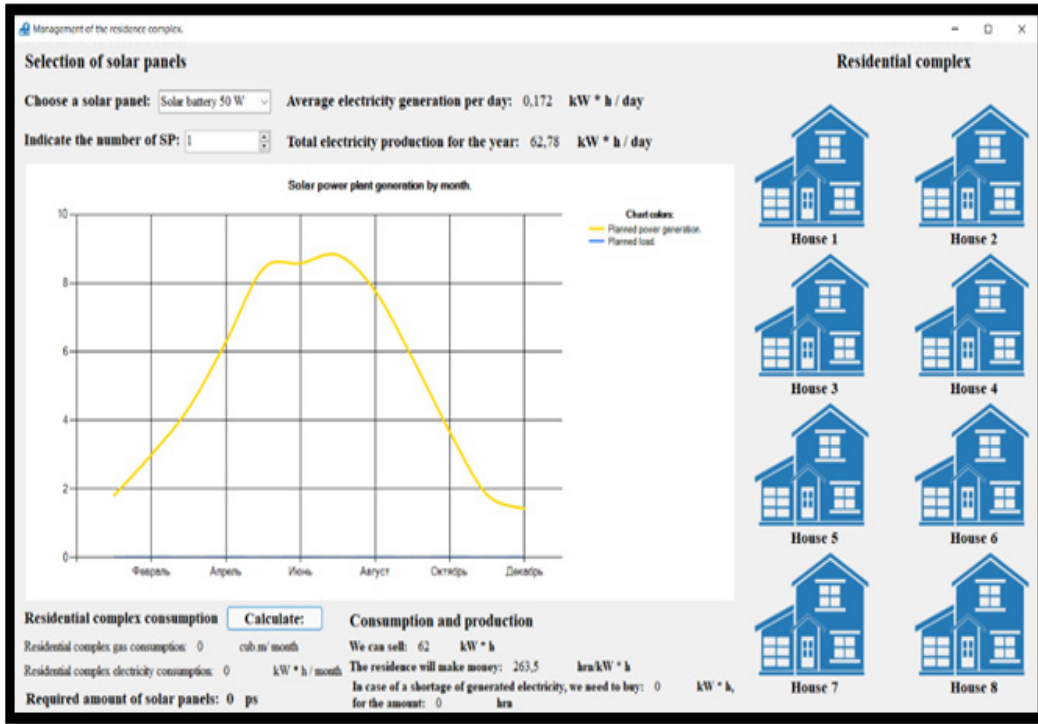


Рис. 3. Графік вироблення електроенергії сонячною панеллю заданною потужністю (наприклад, 50 W)

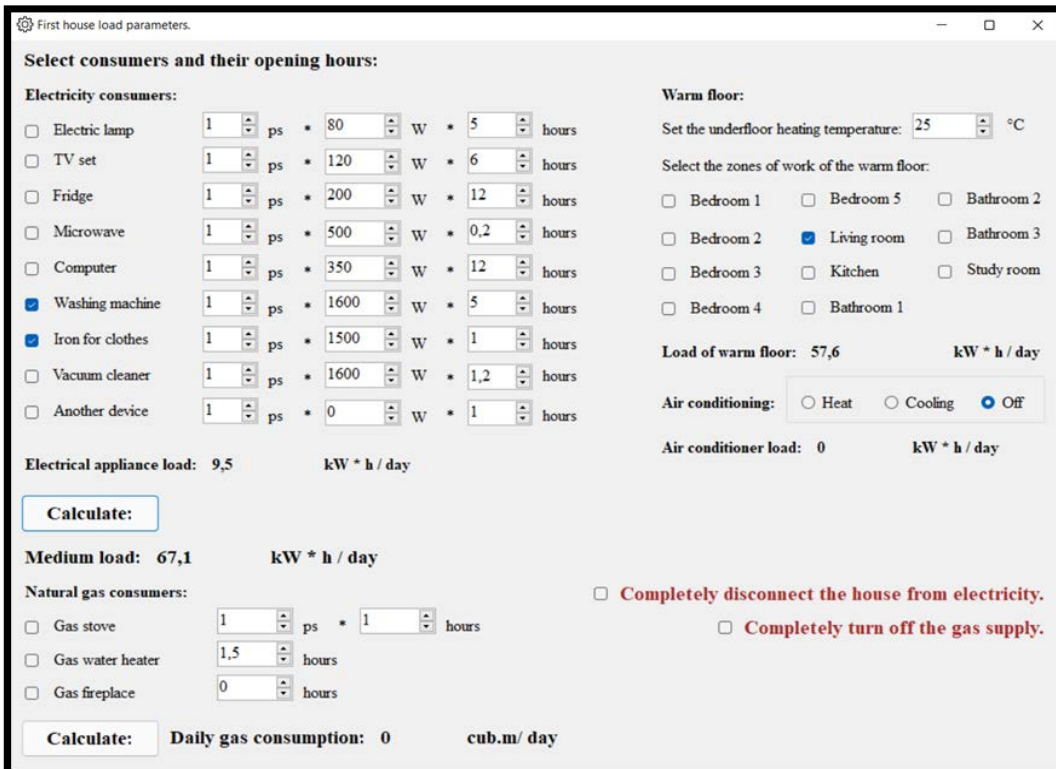


Рис. 4. Сумарне споживання електроприладів на добу

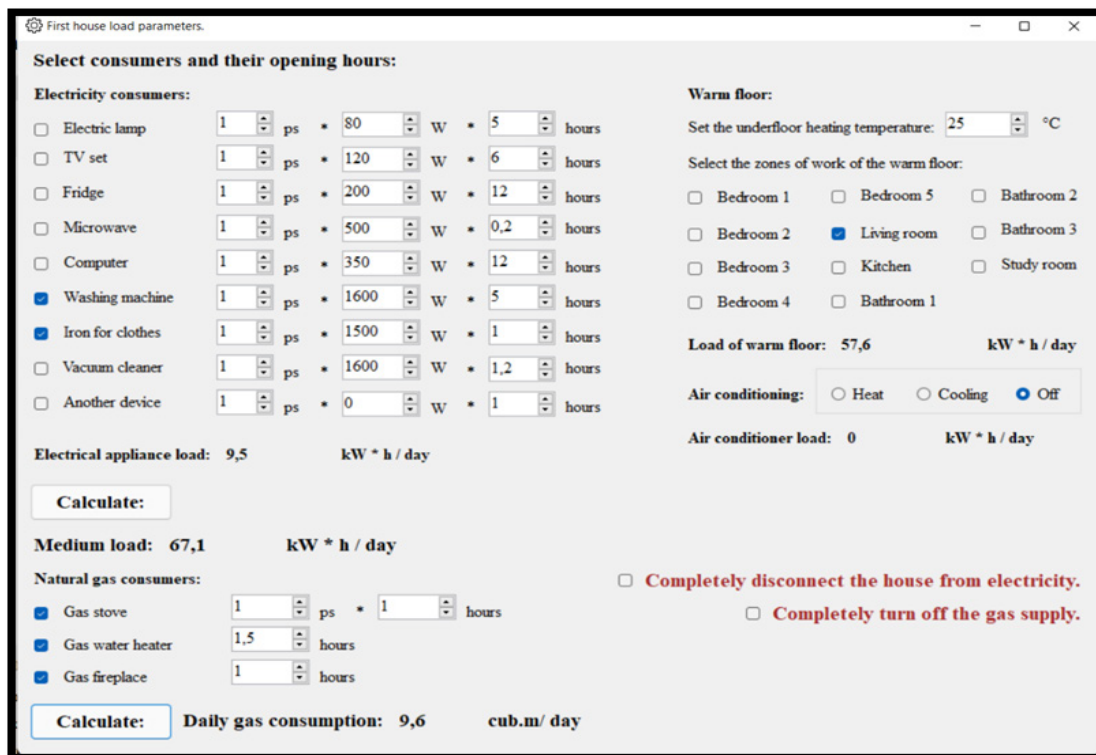


Рис. 5. Примусове знеструмлення будинка

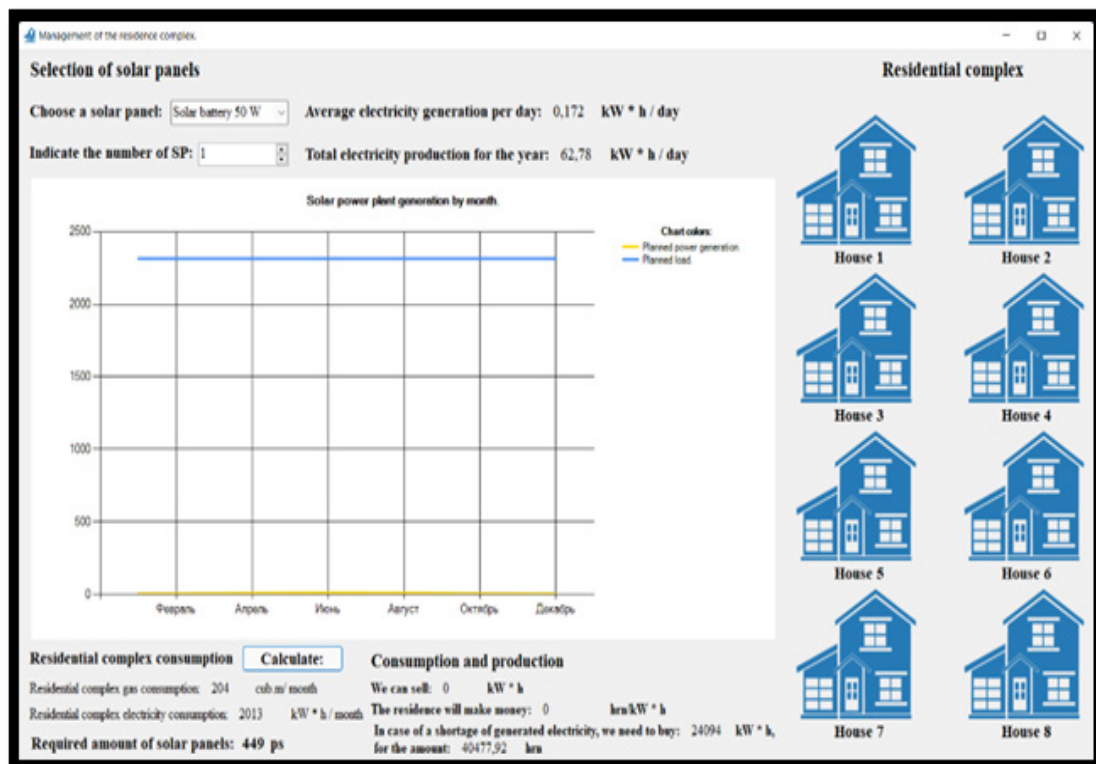


Рис. 6. Нестаток електроенергії

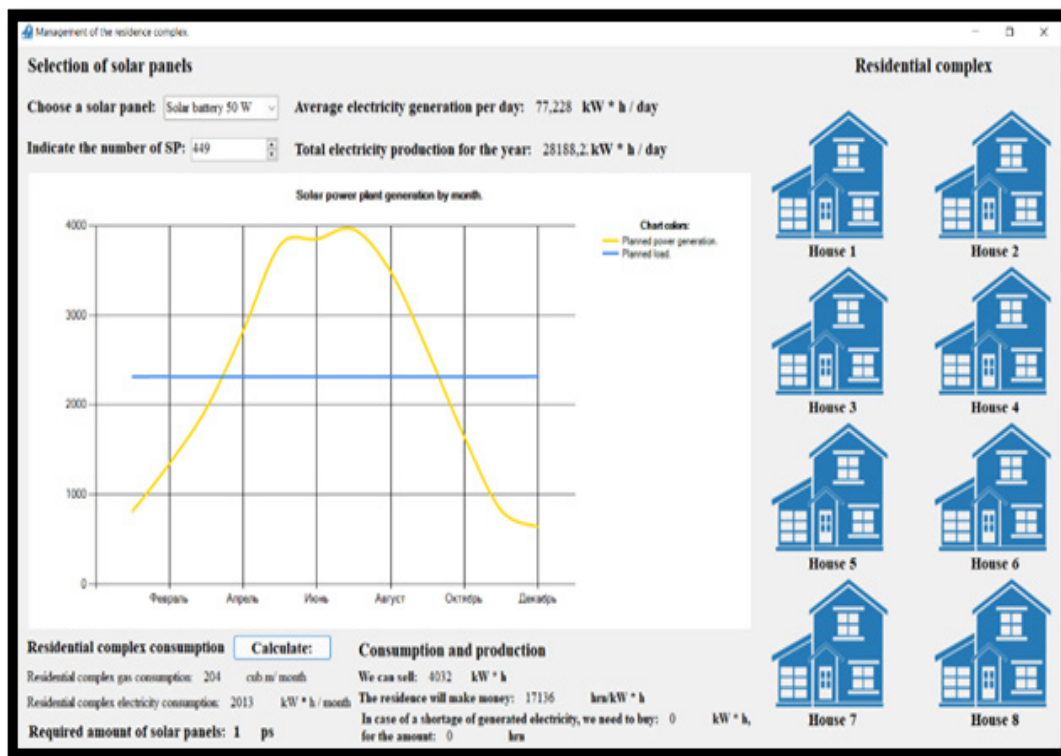


Рис. 7. Необхідна кількість сонячних панелей

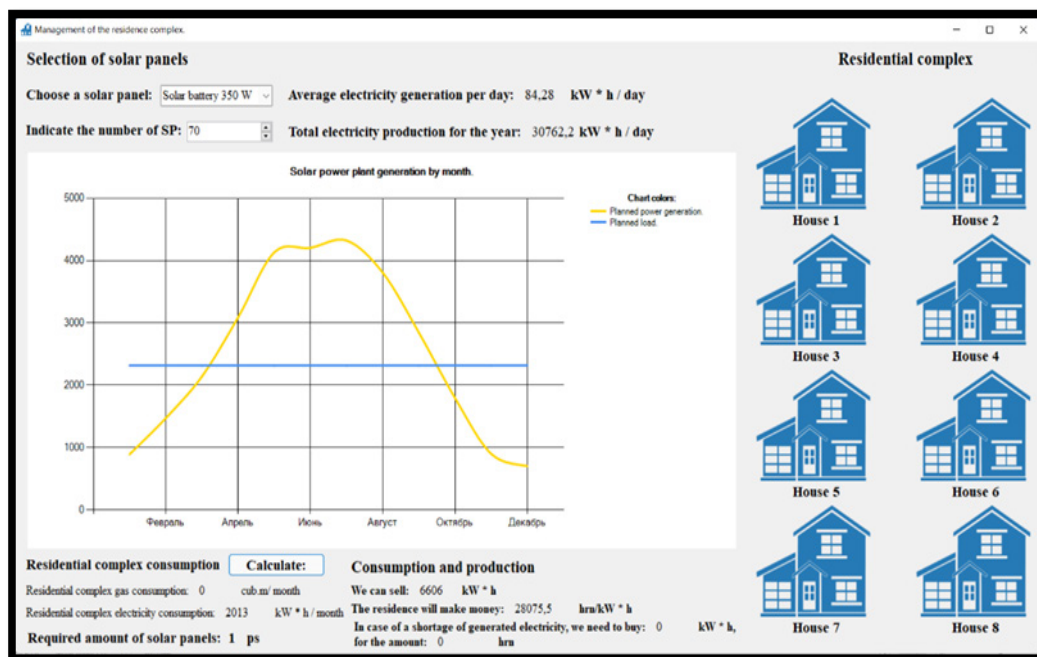


Рис. 8. Необхідна кількість сонячних панелей

ності не справляється з навантаженням. Тому необхідно купувати електроенергію у державі, рис. 6.

У полі "In case of a shortage of generated electricity, we need to buy (у разі нестачі виробленої електроенергії необхідно купити)", бачимо, скільки кВт*годин електроенергії треба закупувати у державі.

У полі "for the amount (на суму)", дізнаємось суму за закуплені кВт*години електроенергії.

Програма пропонує змінити кількість сонячних панелей заданої потужності, це відображається в полі "Required amount of solar panels (необхідна кількість сонячних панелей)", рис. 7.

Видно, що навантаження перевищено і є можливість продавати надлишки виробленої електроенергії.

У полі "Choose a solar panel (виберіть сонячну панель)" можна вибрати потужність сонячної

панелі, т.е. необхідну кількість сонячних панелей, рис.8.

Видно, що ця кількість сонячних панелей буде достатньою.

Висновки

У статті розглянуто концепцію гібридного електропостачання котеджного селища (стосовно тільки сонячної і газової генерації енергії), що дозволить зменшити витрати, пов'язані зі споживанням електричної енергії та природного газу з мережі.

Застосування такої системи, крім економії електричної енергії дозволить підвищити енергетичну незалежність споживача та згладжувати пікові та напівпікові навантаження.

Розроблене програмне забезпечення дає оцінку вироблення електроенергії сонячними батареями та оцінку гібридної системи загалом.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шевцов А. Земляний М., Раузова Т. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в Україні у світлі нових Європейських ініціатив. URL: <http://old.niss.gov.ua/movitor/november/2.htm>.
2. Шаповал С., Венгрин І. Перспективи використання сонячної енергії на території України. *Young Scientist*. 2014. №7. с. 21-24.
3. Шведа Є. Trading wind and sun. *Зелена енергетика*. 2009. №3. с. 5-6.
4. Матвеев Ю. Світова енергетика. Актуальний статистичний огляд. *Зелена енергетика*. 2003. №3. с. 4-6.
5. Круглінські Девід Дж., Уінгоу Скотт, Шеферд Джордж. Програмування на Microsoft Visual C++60. Питер Пресс. 2003. с. 564.

REFERENCES:

1. Shevtsov A. Non-traditional and innovative sources of energy in Ukraine at the light of new European initiatives. Access mode: <http://old.niss.gov.ua/movitor/november/2.htm>.
2. Shapoval S., Vengrin I. (2014). Prospects for the recovery of sony energy on the territory of Ukraine. *Young Scientist*. 2014. No. 7. p. 21-24. [in Ukrainian].
3. Shveda E. (2009). Trading wind and sun. *Zelena Energetika*. 2009. No. 3. p. 5-6. [in English].
4. Matveev Y. (2003). Svitova energy. Actual statistical review. *Green Energy*. 2003. No. 3. p. 4-6. [in Ukrainian].
5. Kruglinski David J., Wingow Scott, Shepherd George.(2003). *Microsoft Visual C++60 Programming*. Peter Press. 2003. p. 564. [in Russian].