

МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ПЕРЕШКОД НА ШЛЯХУ РУХУ РОБОТИЗОВАНОЇ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В. П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук
С. А. ШВОРОВ, доктор технічних наук
Д. С. КОМАРЧУК, кандидат технічних наук
Д. В. ЧИРЧЕНКО, аспірант*
e-mail: sosdok@i.ua

Анотація. Розглянуто підхід та методичні основи щодо побудови системи розпізнавання перешкод на шляху руху безпілотної роботизованої збиральної техніки (БРЗТ). За допомогою запропонованої системи вирішуються такі задачі: сприйняття образу (технічне вимірювання), попереднє опрацювання отриманого сигналу (фільтрація), виділення потрібних характеристик (індексація), класифікація образу (прийняття рішення) для розпізнавання перешкод на шляху руху БРЗТ.

Ключові слова: роботизовані комбайни, безпілотна збиральна техніка, розпізнавання образів, перешкоди руху, нейронні мережі

На сьогодні для підвищення ефективності польових робіт широко застосовуються новітні інформаційні технології та системи точного позиціонування техніки на полі. Однак на такій техніці працюють люди, які виконують функції від управління до спостереження за її роботою в автоматизованому режимі. Техніка, яка б могла самостійно без участі людини проводити польові роботи, знаходиться на етапі розробки та експериментальних випробувань. Нині ряд американських компаній працює над створенням роботизованої техніки, яка дасть змогу проводити обробку ґрунтів, засів поля та збирання врожаю без участі людини. У довгостроковій перспективі створення сільськогосподарської платформи безпілотної робототехніки значно підвищить ефективність польових робіт. Така техніка повинна мати можливість виявлення перешкод на шляху її руху та бути безпечною для оточуючих.

Результати проведеного аналізу наукових праць [1–4] свідчать, що на сьогодні існуючі системи технічного зору здатні розпізнавати задані об'єкти, проте, при погіршенні умов спостереження (інші кути обзору, розмиття, зміна освітлення), їх працездатність значно знижується. Тому актуальним завданням є вдосконалення методів та систем розпізнавання будь-яких видів перешкод на шляху руху роботизованої збиральної техніки, що забезпечить безаварійність її застосування.

Мета досліджень – удосконалення методу й технічних принципів побудови системи розпізнавання перешкод на шляху руху роботизованої збиральної техніки.

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор С. А. Шворов

© В. П. Лисенко, С. А. Шворов, Д. С. Комарчук, Д. В. Чирченко, 2016

Матеріали і методика досліджень. На етапі вирішення задачі побудови системи розпізнавання перешкод на шляху руху РЗТ постає необхідність у розробці портативного інтерфейсу та спеціального програмного забезпечення для персонального комп'ютера (ПК), який дасть змогу користувачеві забезпечити планування та контроль польових робіт, запускати техніку і відправляти її на виконання поставлених завдань в автоматичному режимі. Програмне забезпечення повинно відображувати запланований шлях пересування техніки на екрані ПК та спостерігати за процесом виконання завдань РЗТ, а також відображувати в реальному часі відео по периметру РЗТ. Користувачі матимуть можливість контролювати та змінювати ряд параметрів РЗТ, у тому числі швидкість руху та налаштування швидкості роботи систем збору врожаю. Однією з найважливіших переваг такого РЗТ є здатність забезпечити 24-годинні польові роботи під час ключових частин сезону збирання врожаю [7].

Концепція автономного автоматичного управління дає можливість відкрити абсолютно нові горизонти для майбутнього сільського господарства і, зокрема, для збору енергетичних культур та органічної сировини для виробництва біогазу [5, 6, 8].

Існуючим засобам розпізнавання перешкод на шляху руху РЗТ властиві і основні недоліки: низький рівень точності розпізнавання в умовах динамічної невизначеності, висока залежність від рівня освітлення об'єктів-перешкод у нічний час, значні капітальні та експлуатаційні витрати на створення та застосування обладнання [3]. Одним із напрямів усунення зазначених недоліків є широке застосування нейронних мереж (НМ). Однак, у зв'язку з великими обсягами початкових даних і відсутністю ефективних інженерних методик вирішення даної задачі постає необхідність у проведенні цілеспрямованих досліджень з цього напрямку.

Розпізнавання образів-перешкод включає в себе ряд кроків:

1. Сприйняття образу (технічне вимірювання).
2. Попереднє опрацювання отриманого сигналу (фільтрація).
3. Виділення потрібних характеристик (індексація).
4. Класифікація образу (прийняття рішення).

Для сприйняття образу, наприклад, можна використати сприймаючий елемент (рис. 1).



Рис. 1. Сприймаючий елемент Kinect

Він може працювати в трьох режимах: відрізнити шість кольорів, чи розподіляти сприйнятий колір на три кольори режиму RGB (червоний,

зелений, синій); фіксувати зовнішнє освітлення і видавати результат в умовних одиницях; фіксувати відбите світло, створене власним випромінювачем і видавати результат в умовних одиницях.

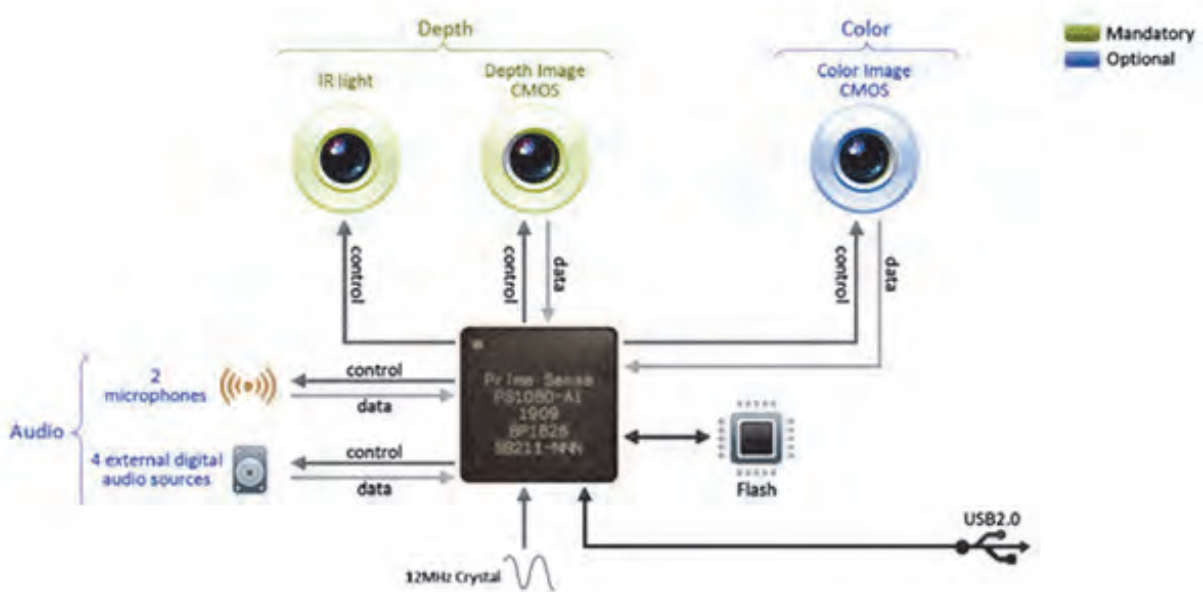


Рис. 2. Блок-схема роботи сприймаючого елемента Kinect

Kinect – безконтактний сенсорний контролер, що складається з двох сенсорів глибини, кольорової відеокамери та мікрофонної решітки, програмне забезпечення якого здійснює повне тривимірне розпізнавання предметів їх форми, напрям руху та відстані до них. Датчик глибини складається з інфрачервоного проєктора, об'єднаного з монохромною КМОН-матрицею, що дає змогу датчику Kinect отримувати тривимірне зображення при будь-якому природному освітленні.

Основою сенсора Kinect є 3D-технологія від PrimeSense, яка використовує структуроване світло, інфрачервоні камери і спеціалізований процесор для вимірювання відстані від камери до об'єктів (перешкод). Ці вимірювання проводяться по всьому куту зору сенсора Kinect. У результаті, формується масив точок, що складається з 307a200 вимірювань відстані між сенсором і об'єктом. При цьому, Kinect використовує інфрачервоний (ІЧ) лазер і спеціальний об'єктив, щоб проєктувати унікальний точковий малюнок. Точки проєктуються на заданих кутах від лазера. Лазерні точки відбиваються від об'єктів і фіксуються ІЧ-камерою.

Результати досліджень. Для кожного пікселя відстань від об'єкта до датчика може бути отримана у ІЧ спектрі та на основі вимірювання глибини від спектр-картини, як показано на рис. 3.

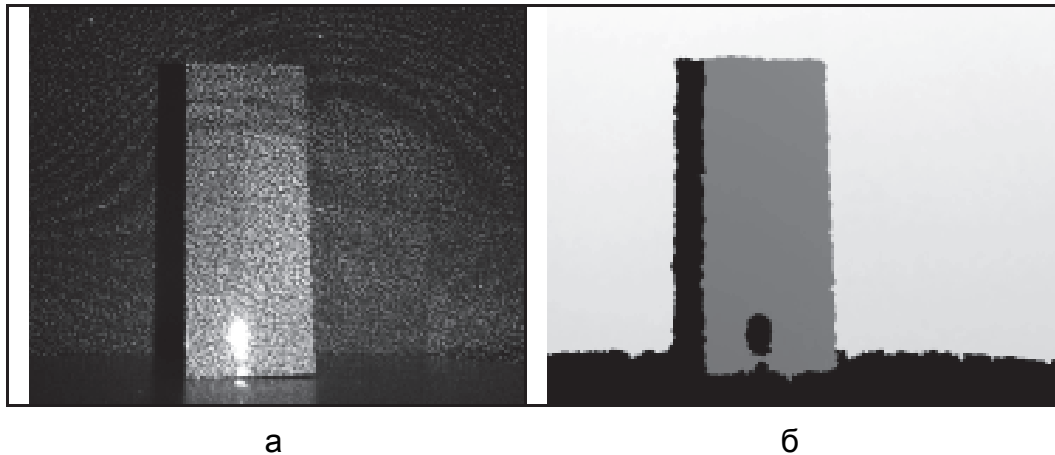


Рис. 3. Інфрачервоне зображення картини (а); просторове зображення (б)

Цей сенсор було взято за основу для розпізнавання польових об'єктів, активних (рухомих) та пасивних (нерухомих) перешкод на шляху роботизованої збиральної техніки (рис. 4).

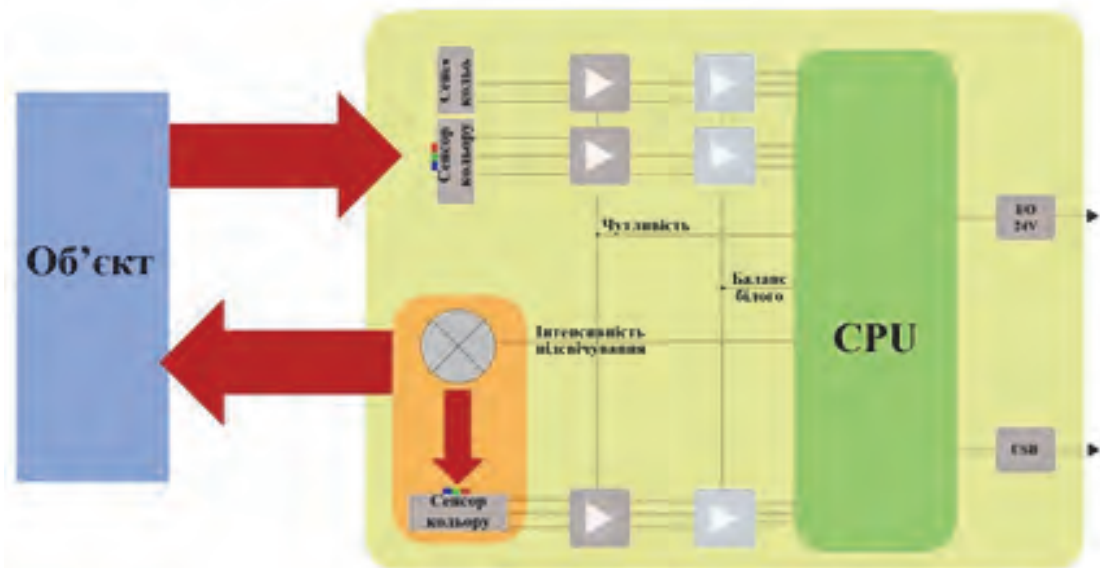


Рис. 4. Структурна схема сприймаючого елемента

Для попереднього опрацювання (фільтрації) вхідних образів доцільно застосовувати Вейвлет-аналіз, який базується на використанні вейвлетів, що являють собою математичні функції та дають змогу аналізувати різні частотні компоненти. У загальному випадку такий аналіз відбувається в площині: вейвлет-коефіцієнт – час – рівень. Самі вейвлет-коефіцієнти визначаються інтегральним перетворенням сигналу. Отримані вейвлет-спектрограми принципово відрізняються від рядів Фур'є тим, що дають чітку прив'язку спектра особливостей сигналу до часу. Третій та четвертий кроки розпізнавання образів, як правило, об'єднуються у системі розпізнавання образів (СРО), яка і є головним елементом такого інтелектуального комплексу. Алгоритм синтезу СРО включає такі етапи:

1. Отримання тренувальної вибірки.
2. Вибір способу подання даних та значущих характеристик.
3. Розробка класифікуючого критерію.
4. Навчання СРО.
5. Перевірка якості роботи з можливістю повернення до кроку 2 або 1.
6. Оптимізація СРО.

Для синтезу та дослідження відповідних НМ використовується демоверсія програмного пакета Statistica Neural Networks. Критерій навчання – мінімізація помилки НМ. У контексті даної задачі перевага такого пакету над аналогічними розробками полягає в реалізації функціонального блоку оптимізації архітектури нейромоделей, який використовує лінійні підходи та метод “відпалювання” на основі розподілу ймовірностей Гіббса:

$$P(\bar{x}^* \rightarrow \bar{x}_{i+1} | \bar{x}_i) = \begin{cases} 1, F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i) < 0 \\ \exp\left(-\frac{F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i)}{Q_i}\right), F(\bar{x}^*) - F(\bar{x}_i) \geq 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де $Q_i > 0$ – елементи довільно спадаючої до нуля послідовності.

Для реалізації алгоритму навчання нейронної мережі у вигляді багат шарового персептрона доцільно застосовувати спеціальний генетичний алгоритм (ГА).

Спочатку потрібно підібрати оптимальні вагові коефіцієнти НМ [3, 7], що мінімізують значення помилки розпізнавання перешкод, виконавши ряд кроків:

- а) підібрати подання оптимізаційних параметрів у вигляді певного формату даних: рядка, вектора, таблиці, масиву і т. д.;
- б) розробити або обрати з набору генетичних операторів такі, які найкращим чином враховують особливості пошукового простору;
- в) визначити розмір початкової популяції;
- г) розробити методику використання генетичних операторів;
- д) задати функцію пристосованості (цільову функцію, за якою проводиться відбір варіантів у популяцію);
- е) розробити методику відбору варіантів в нову популяцію;
- ж) задати критерій зупинки еволюційного процесу.

Було проведено синтез та дослідження нейронної мережі за допомогою пакету прикладних програм STATISTICA. На рис. 5 подано частину робочого поля програми із зображенням параметрів нейронної мережі та результатів її навчання й роботи.

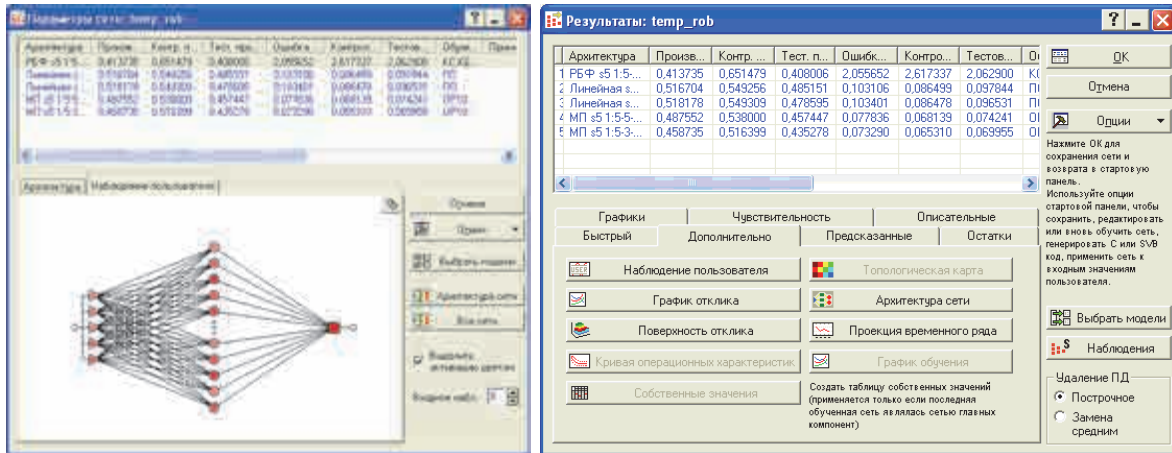


Рис. 5. Синтез та дослідження нейронної мережі за допомогою пакета прикладних програм STATISTICA

На рис. 6 та 7 наведено графіки помилки розпізнавання перешкод після кожного етапу навчання НМ до та після залучення до навчання генетичного алгоритму. Як бачимо, використання генетичного алгоритму значною мірою поліпшує точність розпізнавання перешкод на шляху РЗТ.



Рис. 6. Графік помилки розпізнавання перешкод після кожного етапу навчання НМ без ГА



Рис. 7. Графік помилки розпізнавання перешкод після кожного етапу навчання НМ за допомогою ГА

Висновки

На шляху руху безпілотної збиральної техніки можуть виникати різні види перешкод, які не можуть бути прогнозовані в процесі планування збирально-транспортних робіт. Для врахування даних факторів удосконалено метод розпізнавання перешкод на шляху руху збиральної техніки, який заснований на застосуванні апарата нейронних мереж розпізнавання образів та генетичного алгоритму для її навчання.

Список літератури

1. Anthony Stentz et al. (2012). "A System for Semi-Autonomous Tractor Operations". *Autonomous Robots. The Robotics Institute*, 13 (1): 87–103.
2. Bill Howard (2013). "Google: Self-driving cars in 3–5 years. Feds: Not so fast". *Extreme Tech*.
3. Гаврилов А. В. Гибридные интеллектуальные системы: [монография] / Гаврилов А. В. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 142 с.
4. David Hest (2012). New driverless tractor, grain cart systems coming this year // *Farm Industry News* [Electronic resource]. Available at: <http://farministrynews.com/>.
5. Інтелектуальна система підтримки та прийняття рішень щодо організації вирощування, збору та перетворення енергетичних культур у біометан / С. А. Шворов, Д. С. Комарчук, П. Г. Охрименко, Д. В. Чирченко // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК*. – 2015. – Вип. 209 (2). – С. 140–147. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/nv nau_tech_2015_209\(2\)_23.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/nv nau_tech_2015_209(2)_23.pdf).
6. Chirchenko, D. (2014). Intellectual systems of decision making support in the management of the collection and processing of organic raw materials / D. Chirchenko, S. Shvorov // *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture No 68 (Agricultural and Forest Engineering) (Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW, Agricult. 2014)*.
7. Theoretical issues construction and operation of agricultural mission robotic system / Shvorov, S., Reshетиuk, V., Bolbot, I., Shtepa, V., Chirchenko, D. // *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture No 60(Agricultural and Forest Engineering) 2012: (Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW, Agricult. 2012)*.
8. Shvorov, S. (2015). Methodical Framework of the Support and Decision-making System for the Collection and Disposal of Organic Raw Materials / Shvorov, S., Komarchuk, D., Oхrimenko, P., Chyrchenko, D. // *Energy Engineering and Control Systems*, 1, 1, 29–34.

References

1. Anthony Stentz; et al. (2012). "A System for Semi-Autonomous Tractor Operations". *Autonomous Robots. The Robotics Institute*. 13 (1): 87–103.
2. Bill Howard (2013). "Google: Self-driving cars in 3-5 years. Feds: Not so fast". *Extreme Tech*.
3. Havrylov, A. (2002). *Hybrydny intelektual'ny systemy [Hybrid intelligent systems]*. Novosybyrsk, NHTU, 142.
4. David Hest. (2012). New driverless tractor, grain cart systems coming this year. *Farm Industry News*. Available at: <http://farministrynews.com>.

5. Shvorov, S. A., Komarchuk, D. S., Okhrymenko, P. H., Chyrchenko, D. V. (2015). Intelktual'na systema pidtrymky ta pryynyattya rishen' shchodo orhanizatsiyi vyroshchuvannya, zboru ta peretvorennya enerhetychnykh kul'tur u biometan [Intelktualna system pidtrimki that of acceptance rishen' shchodo organizatsii viroschuvannya, Assembly that peretvorennya energetichnih cultures have biometan]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Tekhnika ta enerhetyka APK, 209 (2), 140–147.

6. Chirchenko, D., Shvorov, S. (2014). Intellectual systems of decision making support in the management of the collection and processing of organic raw materials. Annals of Warsaw University of Life Sciences, 68, 154.

7. Shvorov, S., Reshетиuk, V., Bolbot, I., Shtepa, V., Chirchenko, D. (2012). Theoretical issues construction and operation of agricultural mission robotic system. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, 60, 177.

8. Shvorov, S., Komarchuk, D., Ohrimenko, P., Chyrchenko, D. (2015) Methodical Framework of the Support and Decision-making System for the Collection and Disposal of Organic Raw Materials. Energy Engineering and Control Systems, 1 (1), 29–34.

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ НА ПУТИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

**В. Ф. Лысенко,
С. А. Шворов,
Д. С. Комарчук,
Д. В. Чирченко**

***Аннотация.** Рассмотрен подход и методические основы по построению системы распознавания препятствий на пути движения роботизированной уборочной техники (РУТ). С помощью предложенной системы решаются следующие задачи: восприятие образа (техническое измерение), предварительная обработка полученного сигнала (фильтрация), выделение нужных характеристик (индексация), классификация образа (принятия решения) для распознавания препятствий на пути движения РУТ.*

***Ключевые слова:** роботизированные комбайны, беспилотная уборочная техника, распознавание образов, препятствия движению, нейронные сети*

METHOD FOR RECOGNITION OF OBSTACLES TO MOVEMENT UNMANNED ROBOTIC CLEANING MACHINES

**V. Lisenko,
S. Shvorov,
D. Komarchuk,
D. Chirchenko**

***Abstract.** We consider the approach and methodological foundations for the construction of barriers to movement recognition system of robotic*

cleaning equipment (RCE). With the proposed system solves the following problems: the perception of the image (technical measurement), pre-processing of the received signal (filtering), the allocation of the required performance (indexing), image classification (decision) to detect obstacles RCE movement.

Keywords: robotic harvesters unmanned Cleaning machines, pattern recognition, obstacles, movement, neural networks

УДК 658.264

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В КОМУНАЛЬНОМУ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ

А. Ф. ГОЛОВЧУК, доктор технічних наук
e-mail: golovchuk1948@mail.ru

Анотація. *Вирішено актуальну проблему енергозбереження та ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, а також оптимізації системи теплопостачання на базі студмістечка.*

Ключові слова: *паливно-енергетичні ресурси, енергозбереження, децентралізація системи опалення, твердопаливні і газові котли, автоматизація, людський фактор, економічна ефективність*

У сучасних умовах зростання споживання енергоресурсів і безперервного збільшення вартості органічного палива постає необхідність щодо економії енергоносіїв, задачею якої є розробка й реалізація програми енергозбереження і перетворення ресурсозбереження у вирішальне джерело задоволення потреб промисловості та комунальної енергетики.

Енергозбереження для України має технічну, соціально-економічну, а сьогодні й політичну, проблему. Відомо, що в Україні на одиницю ВВП у 3–5 разів більше використовується енергоносіїв, аніж у європейських країнах.

Енергетична проблема, яка на сьогодні є актуальною для всіх країн світу, особливо гостро відчувається в Україні, яка на 35–40 % здатна задовольнити власними паливно-енергетичними ресурсами потреби таких енергоємних галузей промисловості, як хімічна, нафтопереробна, металургійна, машинобудівна та забезпечити теплоносіями житлово-комунальне господарство.

Україна значною мірою залежить від постачання з-за кордону органічного палива, яке становить близько 60% від загального обсягу споживання. У даних умовах залежності економіки держави від імпорту паливно-енергетичних ресурсів, постійного зростання їх вартості, актуальним є питання щодо зменшення витрат та втрат енергоносіїв, підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та зниження енергоємності виробництва.

© А. Ф. Головчук, 2016