

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 62-503.56:621.3:631.11

АВТОМАТИЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Лисенко В.П., д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044)527-82-22

Анотація - у статті приведено огляд наукових робіт, що проводяться на кафедрі автоматики і робототехнічних систем ім. академіка І.І.Мартиненка за останні 15 років.

Ключові слова: автоматизація, біотехнологічний об'єкт керування, нейромережа.

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. академіка І.І.Мартиненка була створена в 1974 р. видатним вченим **І.І.Мартиненком**. Її основним науковим напрямом діяльності було розробка систем електрифікації та автоматизації біотехнологічних об'єктів. Спочатку це були системи стабілізації із найпростішими, як правило, алгоритмами керування – позиційними, що пояснювалось значною інерційністю об'єктів сільськогосподарського призначення і надзвичайно дешевими енергоносіями та потребою отримати максимальну кількість продукції (максимальна продукція могла бути отриманою за умов стабілізації технологічних параметрів, котрі за результатами досліджень біологів, забезпечували максимальну продуктивність біологічної складової біотехнологічного об'єкта).

Проте наприкінці попереднього тисячоліття ситуація почала кардинально змінюватись. Енергоносії почали стрімко дорожчати і їх доля у структурі собівартості продукції почала зростати швидкими темпами. Приватні підприємства, а такими почали ставати промислові птахофабрики, тепличні комбінати, розпочали цікавитись енергозберігаючими технологіями і це миттєво відобразилось на змісті наукових досліджень, що проводились на кафедрі. Актуальними стали системи, що надавали можливість суттєво економити енергетичні ресурси. До таких у першу чергу належать оптимальні. Першим на кафедрі розпочав роботу щодо створення оптимальних систем керування **Б.Л.Головінський**, котрий проводив дослідження шахтної сушарки як об'єкта керування за умов, що збурення на неї носять стохастичний

характер. Ним були отримані результати, що в подальшому використовувались і для вивчення інших об'єктів.

Важливі наукові здобутки щодо розробки оптимальних систем керування окремими технологічними процесами були отримані **В.Л.Ботвіним** [1,2], котрий дослідив пташник як складний біотехнологічний об'єкт і запропонував спеціалізований алгоритм стиснення інформації, що надало суттєву економію оперативної пам'яті при реалізації оптимальних алгоритмів керування (для реалізації оптимального алгоритму керування використовувався метод аналітичного конструювання регуляторів). Ним же було запропоновано метод адаптації параметрів динамічної моделі до реальних властивостей технологічного процесу в умовах функціонування системи.

Тривале дослідження динамічних властивостей біотехнологічних об'єктів (на прикладі пташника) показало, що у процесі експлуатації такі об'єкти суттєво змінюють свої властивості. Оскільки динамічна модель виробництва промислових яєць для реалізації оптимального алгоритму керування відіграє надзвичайно важливу роль, поставила наукова задача постійної адаптації математичної моделі до реального об'єкта. Цю задачу було вирішено **І.М.Болботом** [3]. Спрощену структуру такої системи показано на рис.1. Система в процесі експлуатації пташника уточнює параметри математичної моделі виробництва яєць та забезпечує максимізацію прибутку за рахунок перерахунку технологічних параметрів і реалізації їх як нових уставок локальних регуляторів.

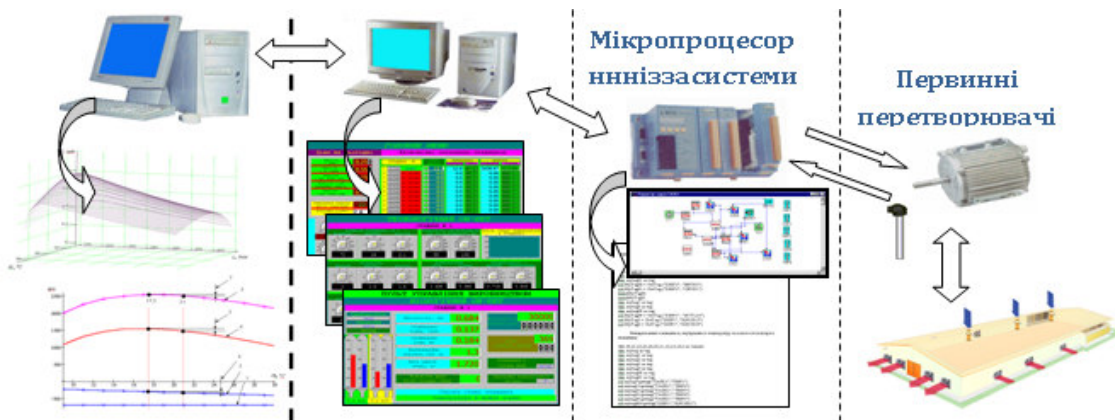


Рис. 1. Спрощена структура системи керування виробництвом продукції птахівництва.

Проте описана система мала і суттєві недоліки. Математична модель не враховувала значні технологічні обмеження, в умовах яких функціонувала сама система. Цей недолік був ліквідований **М.О. Русиняком** шляхом використання для досягнення максимального прибутку у виробництві яєць птиці у промисловому пташнику ме-

тоту нелінійного програмування [4] (невизначені множники Лагранжа). Реалізація такої системи показала її суттєву перевагу перед традиційними алгоритмами стабілізації навіть за умов використання сучасних технологій.

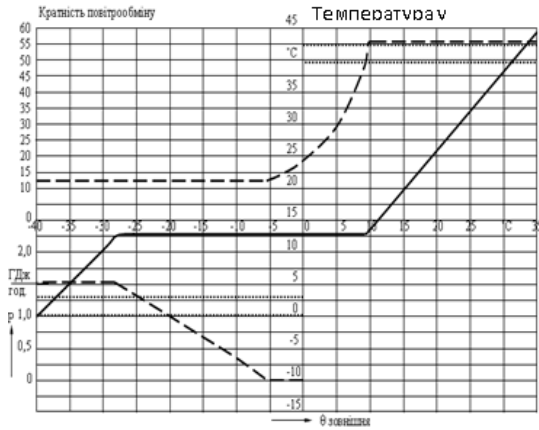


Рис. 2. Статична характеристика пташника.

Значене надало можливість використати нетрадиційні методи досліджень для пошуку алгоритмів, що максимізують прибуток виробництва. **Б.Л.Голуб, В.Л.Щербатюк** [5, 11] використали для цієї мети теорії випадкових процесів, ігор і статистичних рішень. Природні збурення у вигляді температурних змін були класифіковані у вигляді певних образів, які можливо було ідентифікувати та передбачати. Це дало можливість створити так звану платіжну матрицю (рис. 3) та аналізувати можливі стратегії керування і наслідки їх застосувань і, в кінцевому варіанті, вибирати за певними критеріями найкращий варіант із можливих. Вибір оптимальної стратегії керування здійснюється шляхом аналізу платіжної матриці за допомогою критерію Гурвіца.

Він забезпечує отримання середньозваженого прибутку з невеликими ризиками, виходячи з умови

$$Hu = \max_i (\chi \max_j a_{ij} + (1 - \chi) \min_j a_{ij}),$$

де χ – коефіцієнт оптимізму, який може набувати значень від 0 до 1.

A_i	Π_j			
	Π_1	Π_2	...	Π_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Рис. 3. Платіжна матриця.

Описані системи функціонують без врахування особливостей біологічної складової біотехнологічного об'єкта та природніх збурень у вигляді температури, вологості, тощо. Окрім того, дослідження статичних характеристик технологічних складових біотехнологічного об'єкта (наприклад, пташника) показало, що потужностей виконавчих механізмів часто не вистачає для забезпечення таких значень технологічних параметрів, котрі максимізують виробництво продукції (рис.2). Зазначене надало можливість використати нетрадиційні методи досліджень для пошуку алгоритмів, що максимізують прибуток виробництва.

Утилізація стоків тваринницьких промислових комплексів – важлива проблема для цілих регіонів України. Використовують з цією метою різноманітні технологічні комплекси. Заслужують на увагу електротехнічні, оскільки дозволяють інтенсифікувати процес очистки в потоці. Проблема полягає у створенні системи автоматичного керування таким процесом. Ця наукова задача була вирішена **В.М.Штеною** [6]. В основі розробленої ним системи була гібридна нейромережа, котра в умовах невизначеності показала здатність забезпечувати ефективну роботу системи.

Споруди закритого ґрунту – енергонасичені об'єкти. У структурі собівартості їх продукції енергетика становить до 70%. Окрім того, як і пташники, вони вміщують біологічну складову, яка реагує на температуру, вологість, газовий склад атмосфери, освітленість, тощо. Для таких об'єктів особливо важливо мінімізувати енергетичні витрати, оскільки їх доля в структурі собівартості значна. Для прогнозування природних збурень у вигляді змін температури використали нейромережу зі структурою – багатошаровий перцептрон. Результати прогнозу дали задовільний результат із точністю не менше 4%. Сонячну радіацію із достатньою для формування стратегій керування точністю (похибка не перевищує 5%) можна прогнозувати із допомогою нейромереж, використовуючи алгоритми фільтрації Гільберта-Хуанга та генетичний оптимізації структури самої мережі [7, 12] (**В.М.Штена, А.О. Дудник**).

Використання нейромережі Кохонена суттєво спростило формування платіжної матриці, котра є основою для прийняття оптимального рішення. Функціональна структура розробленої системи представлена на рис.3. Її випробування підтвердило вищу ефективність у порівнянні із традиційними системами стабілізації (затрати енергії зменшились на 18%).

Існуючі технології вирощування рослинної продукції в теплицях передбачають використання обмеженої інформації про стан атмосфери, фітостан самих рослин (особливо стосовно відповідності їх якості стандарту вирощування). Зважаючи на зазначене, запропоновано для детального аналізу стану атмосфери теплиці (температури, відносної вологості, загазованості), освітленості, якості рослинної продукції використовувати інтелектуальний роботизований електротехнічний комплекс (рис.4).

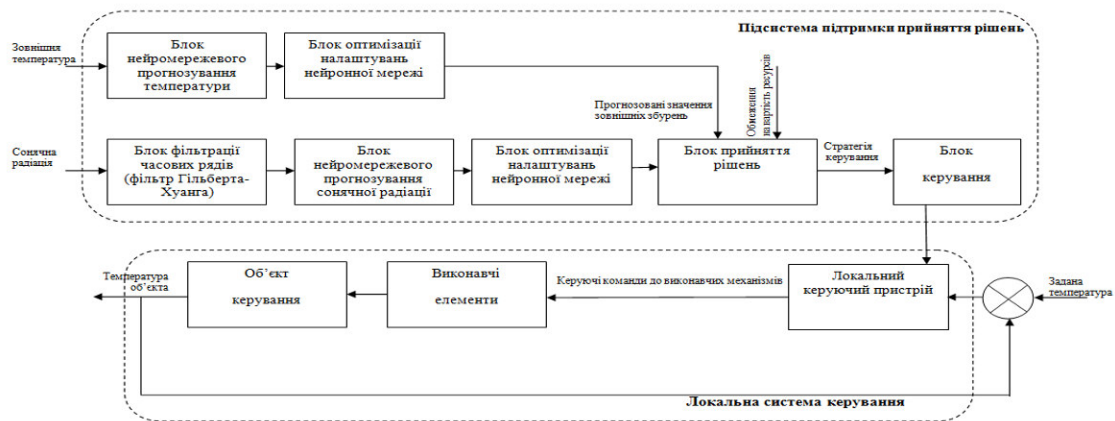


Рис. 3. Функціонально-структурна схема інтелектуальної системи керування процесом вирощування томатів у теплицях.

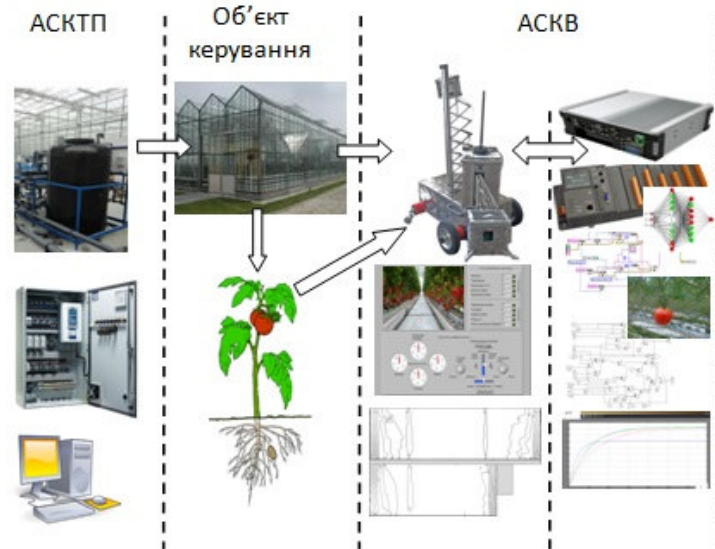


Рис. 4. Інтелектуальна система керування виробництвом у спорудах закритого ґрунту із використанням роботизованого комплексу.

Така система дозволяє на додаток до попередньої використовувати в якості зворотного зв'язку якість рослинної продукції. Цю інформацію, окрім стану атмосфери, фіто стану рослин, буде надавати роботизований комплекс, що рухається, використовуючи технологічні направляючі. Автоматизована система сформує стратегії керування електротехнічними комплексами теплиці, що дозволять максимізувати прибуток виробництва, враховуючи кон'юнктуру ринків продукції, енергетичних ресурсів та на основі результатів аналізу природніх збурень [8] (Т.І. Лендєл, І. І Чернов).

В умовах енергетичної кризи варіантом вирішення проблеми є використання біодизеля, коли в якості висхідного матеріалу викорис-

товується масло ріпаку. На кафедрі розроблена технологія інтенсивного видалення із ріпакового насіння олії шляхом його індукційного нагріву [9] (*Комарчук Д.С.*). Технологічні режими забезпечує система автоматичного керування, в основі якої – нейромережа. Система показала за результатами виробничих випробувань високу ефективність і надійність (рис.5).

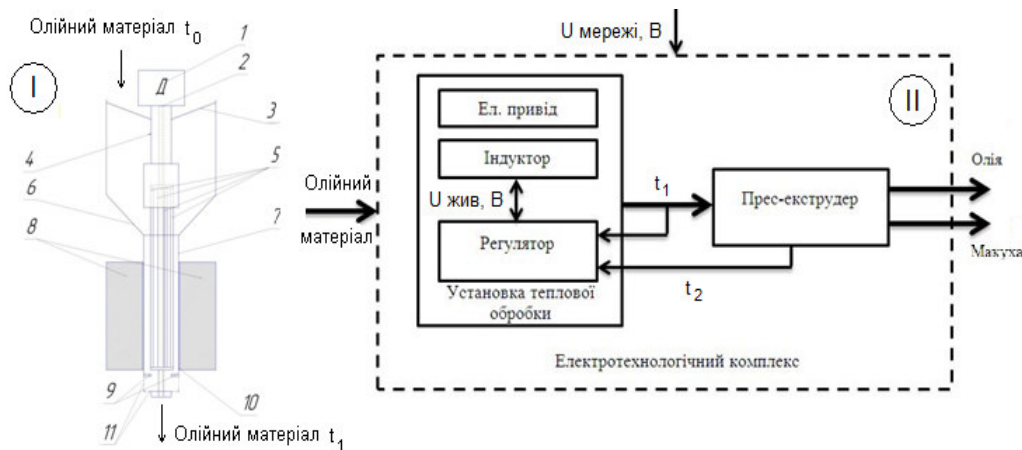


Рис. 5. Електротехнологічний комплекс з системою автоматичного керування для теплової обробки зерна ріпака при видаленні олії:

I – індукційна установка теплової обробки дисперсних матеріалів, де: 1 – двигун; 2 – вал; 3 – опори; 4 – захисний циліндр;

5 – феромагнітні стрижні; 6 – накопичувальний бункер; 7 – кожух; 8 – індуктор; 9 – датчики температури; 10 – теплоізоляційний матеріал; 11 – вивідний отвір.

II – функціональна схема електротехнологічного комплексу видалення олії з попередньою тепловою обробкою.

Обмежене видобування природного газу в Україні призводить до пошуку його альтернативних джерел. Такими джерелами, у першу чергу, можуть бути відходи промислового тваринництва. Окрім того, вирішується проблема їх утилізації. На кафедрі під керівництвом професора **С.А. Шворова** здійснюється розробка систем автоматизації таких технологій (рис.6) [10].

Групою науковців синтезуються моделі та алгоритми інтелектуальної системи управління процесом пошуку та збирання органічної сировини, що дозволить підвищити ефективність збирально-транспортних робіт та процесу переробки органічних відходів

$$S = C_u - M - B_i - R_i - P \rightarrow \max, \quad (2)$$

де: C_u – вартість отриманого біогазу та добрив; M – витрати на використання технологічних та транспортних машин, грн.; B_i – умовно-постійні витрати, що відносяться до збирального процесу (паливо, те-

хнічне обслуговування, тощо), грн.; R_i – витрати на переробку, грн.; P – витрати продукції, грн.



Рис. 6. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень при керуванні процесами пошуку збору та переробки органічної сировини: СК – система керування; СППР – система підтримки прийняття рішень; СБД – ситуативна база даних, СБЗ – спеціалізована база знань, БА – блок аналізу, БН – блок навчання, БК – блок коментарів, БСІ – блок синтезу інформаційної моделі.

Широкий клас електроприводів, що використовуються в механізмах сільськогосподарського призначення і є основними споживачами електричної енергії, мають стохастичні моменти навантаження. Підвищити ефективність їх роботи, тобто мінімізувати енергетичні втрати, можливо за рахунок створення замкнених систем із статистично оптимальними регуляторами. Доцентом кафедри **Шурубом Ю. В.** [13] на прикладі системи «перетворювач напруги – асинхронний двигун» розроблено методику синтезу таких регуляторів за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки регулювання параметру, що стабілізується. Моделювання роботи електроприводу прямої дробарки зерна при застосуванні статистично оптимального регулятора показало збільшення циклових показників енергоефективності електроприводу порівняно із електроприводами без регулятора, таких як цикловий ККД (на 8-12%) та коефіцієнт потужності (на 10-14%), та зменшення дисперсії вихідних параметрів електроприводу – електромагнітного моменту, струму, швидкості (на 60-70%), що свідчить про суттєву фільтрацію оптимальним регулятором високочастотних складових збудження (рис.7) та збільшує в цілому надійність запропонованої системи.

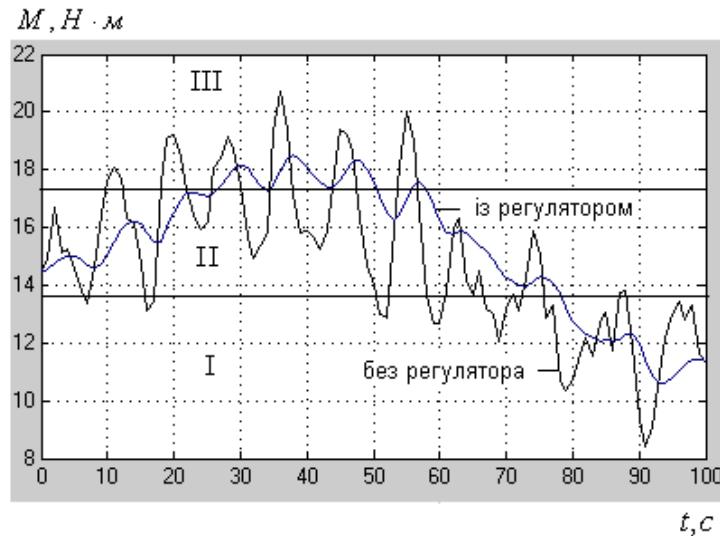


Рис. 7. Часові діаграми зміни електромагнітного моменту електроприводу.

Важливою для України проблемою є створення Єдиної національної синхронізаційної системи (ЄНСС), що дозволить забезпечити можливість високоефективної передачі національної шкали координованого часу споживачам з використанням сучасних і перспективних IP-мереж і створює умови для широкомасштабного, в межах кордонів країни, застосування єдиного обліково-звітного часу. Опікується вирішенням цієї проблеми на кафедрі, результати котрої є цікавими не лише для цивільного життя, а й для Збройних Сил України, професор **Коваль В.В.**[14] (рис. 8).

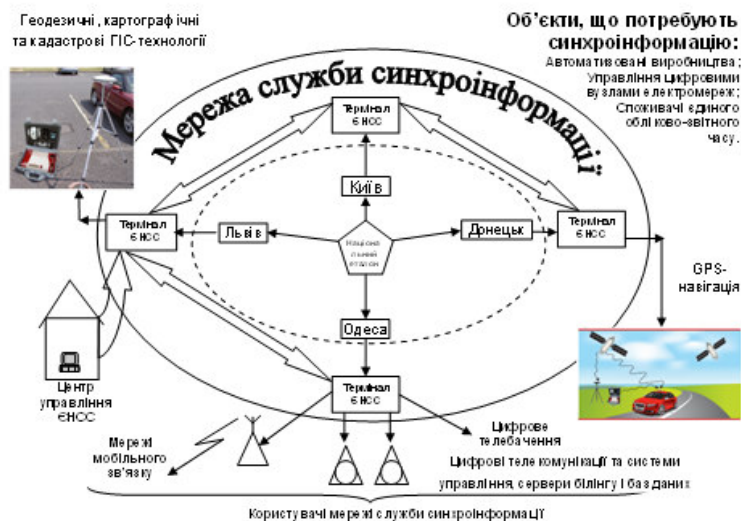


Рис. 8. Структура Єдиної національної синхронізаційної системи України.

Список використаних джерел

1. Лисенко В. П. Оптимальне управління об'єктами із значним часом чистого запізнення / В. П. Лисенко, В. Л. Ботвін // Збірник наукових праць Національного аграрного університету «Меха-

- нізація сільськогосподарського виробництва». – 1999. – Т. 6. – С. 314–320.
2. *Лисенко В. П.* Адаптивний алгоритм формування вибірки / *В. П. Лисенко, В. Л. Ботвін* // Аграрна наука і освіта. – 2000. – № 1. – С. 146–149.
 3. *Лисенко В.П.* Особливості пр. розрахунках оптимальної температури в пташнику з напільним утриманням птиці / *В. П. Лисенко, І. М. Болбот* // Аграрна наука і освіта / 2005, т.5. – №5/6. – с.96 - 99.
 4. *Лисенко В. П.* Використання методу Лагранжа для визначення оптимальних параметрів мікроклімату в промисловому пташнику / *В. П. Лисенко, М. О. Русиняк* // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – № 2(7). – С. 75–83.
 5. *Лисенко В. П.* Адаптивне енергоощадне управління умовами утримання біологічних об'єктів в агропромислових спорудах з використанням прогнозування збурень та методів теорії ігор. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». / *В. П. Лисенко, В. Л. Щербатюк.* – Луцьк, 2010. Випуск 27. –с.177-182.
 6. *Лисенко В. П.,* Синтез енергоефективної адаптивної системи керування електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу на основі гібридних нейронних мереж / *В. П. Лисенко, Штена В. М.* // Аграрна наука і освіта. – 2007.- №1(14). – с.37 – 40.
 7. *Лисенко В. П.* Нейромережеве прогнозування часових рядів температури навколишнього природного середовища / *В. П. Лисенко, Н. А. Заєць, В. М. Штена, А. О. Дудник* // Біоресурси і природокористування. – 2011. – Т. 3, № 3–4. – С. 102–107.
 8. *Лисенко В. П.* Робототехнічна система фітомоніторингу в тепличному господарстві / *В. П. Лисенко, В. В. Козирський, І. М. Болбот, О. М. Болбот, І. І. Чернов, Ю. О. Батанов* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 166, Ч. 3. – С.93–98.
 9. *Кондратенко І. П.* Обґрунтування еквівалентних геометричних параметрів для розрахунку циліндричних індукторів некругового перерізу / *І. П. Кондратенко, В. П. Лисенко, Д. С. Комарчук* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2013. – № 184, Ч. 2. – С. 128–135.
 10. *Шворов С. А.* Система керування процесом завантаження біомаси та спеціальних домішок в біореактор для отримання максимальних об'ємів біогазу та органічних добрив / *С. А. Шворов, П. Г. Охріменко, Д. В. Чирченко* // Енергетика і автоматика. - 2014. - № 3. - С. 155-161. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_3_28.pdf.

11. Лисенко В. П. Природні збурення біотехнічних об'єктів, їх моделювання та прогнозування / В. П. Лисенко, Б. Л. Головінський, В. М. Решетюк, В. М. Штепа, Н. А. Заєць, В. Л. Щербатюк, А. О. Дудник. – К. : НУБіП України, 2014. – 112 с.
12. Лисенко В. П. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм / В. П. Лисенко, В. М. Решетюк, В. М. Штепа, Н. А. Заєць, В. О. Мірошник, А. О. Дудник. – К. : НУБіП України, 2014. – 335 с.
13. Шуруб Ю. В. Статистична оптимізація регульованих за напруженою асинхронних електроприводів / Ю. В. Шуруб // Технічна електродинаміка. – 2014. – №5 – С.116-118.
14. Кривуца В. Г. Системи управління національною інформаційно-комунікаційною інфраструктурою: Монографія / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Кільчицький Є. В., Коваль В. В., Костік Б. Я., В. П. Лисенко, В. Ф. Олійник, В. В. Поповський, В. О. Слюсарь, О. М. Ходзінський // - Київ.: «ЦП «Компринт», 2013. – 310 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Лысенко В.П.

Аннотация - в статье приведен обзор научных работ, проводимых на кафедре автоматизации и робототехнических систем им. академика И.И.Мартиненка за последние 15 лет.

AUTOMATION BIOTECH FACILITIES

V. Lysenko

Summary

In the article the review of scientific work conducted at the Department of Automation and robotics systems to them. Academician I. I. Martynenka the last 15 years.