

amount of non-uniform inclusions on the grain surface leads to considerable increase in electric field intensity and the volume of the excited field.

Keywords: surface structure, bulk grain, electric field intensity

УДК 004.94:658.01

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ, ЗБОРУ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР У БІОМЕТАН

***С.А. Шворов, доктор технічних наук
Д.С. Комарчук, кандидат технічних наук
П.Г. Охріменко, Д.В. Чирченко, аспіранти*
e-mail: dmitruy@mail.ru***

Запропоновано структуру бази знань інтелектуальної системи підтримки та прийняття рішень щодо організації вирощування, збору та переробки біомаси у біометан. Розглянуто основні задачі щодо оптимального планування засіву, збору та перетворення у біогаз енергетичних культур та інших органічних відходів.

Ключові слова: інтелектуальна система підтримки та прийняття рішень, органічна сировина, біогаз, енергетичні культури, біометан

Як відомо, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) динамічно і послідовно зростають. Один із важливих секторів ВДЕ у світі – це виробництво та енергетичне використання біогазу [4]. Важливим загальнодержавним завданням для України є підвищення виробництва біометану та його введення до газотранспортної системи за «зеленим тарифом». Для подачі біометану в газопроводи у західних країнах вже використовують технологію, за допомогою якої забезпечується відокремлення CO₂ від біогазу та отримання біометану з вмістом до 95 – 98%. На вітчизняному ринку такі технології мають велику перспективу тому, що в будь-якій точці України є розподільні газові мережі, до яких можна підключитися. При цьому для отримання біометану планується використання не тільки різноманітних відходів із великих ферм, а й вирощування, збір та переробка у біогазових комплексах спеціальних енергетичних культур (ЕК) сільгоспугідь. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є широке застосування інформаційних технологій, за допомогою яких повинно здійснюватися проведення моніторингу існуючої та прогнозування перспективної бази органічної сировини (ОС) з метою її

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

© С.А. Шворов, Д.С. Комарчук,
П.Г. Охріменко, Д.В. Чирченко, 2015

переробки на біогазових комплексах (БГК) для отримання максимальних обсягів біометану.

Результати проведеного аналізу наукових праць [3, 2, 6, 9, 10] показують, що на цей час недостатньо повно розглянуто питання розробки та застосування інтелектуальних систем підтримки та прийняття рішень (СППР).

Мета досліджень – обґрунтування структури бази знань інтелектуальної СППР щодо організації планування вирощування, збору та переробки біомаси у біометан.

Матеріали та методика досліджень. Однією з найважливіших задач, яка вирішується за допомогою інтелектуальної СППР, є розміщення посівів різних енергетичних культур на спеціально визначеній місцевості з урахуванням геофізичних особливостей для кожної культури.

Кращий результат, з точки зору виходу біометану, дають субстрати з високою концентрацією енергії: свіжа трава, бадилля буряка, кукурудза, зернові рослини. Найменший вихід біогазу з органічного сухого субстрату має солома [12]. Видобуток біогазу з неї можна збільшити при застосуванні хімічних засобів, зокрема обробки соломи розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в поєднанні з екструзією [11].

На сьогоднішній день силосна кукурудза є найважливішою культурою для використання в біогазових установках. Техніка, яка необхідна для збору та перевезення цієї культури, як правило, завжди є в наявності на підприємствах. Кукурудза легко силосується і навіть при чистому використанні не викликає порушень у процесі роботи біогазових установок. Нині вже є спеціальні сорти кукурудзи для використання в біогазових установках. Оптимальним часом для збору врожаю є його готовність для силосування та отримання максимальних обсягів біометану. Як правило, кукурудза під час збору повинна мати вміст сухої речовини 28–35 % і перебувати у стані між молочною стиглістю і придатністю для борошна. У сприятливих для вирощування ЕК районах від різних сортів можна отримати з посівних площ більше ніж 8000 м³ метану з 1 га вирощеної біомаси [12]. Із цією метою необхідно за допомогою СППР здійснити: вибір сортів і послідовність їх вирощування протягом року з високим виходом від кожного сорту органічної сухої маси з 1 га; вибір найкращої сполучуваності поживних речовин при їх змішуванні; оптимізацію складових речовин, виходячи з максимального потенціалу утворення метану серед різних культур (наприклад, на основі підвищення вмісту жирів через інтеграцію масляних культур). Крім того, у СППР повинні враховуватися такі умови, як агрометеорологічні. Водночас у СППР забезпечується прогнозування щодо збирання ЕК з декількох полів різної площі. Для забезпечення збиральної компанії обов'язково враховуються матеріально-технічні та паливно-енергетичні витрати.

Процес планування змісту та часу виконання робіт поділяється на декілька етапів, а саме: сівба ранніх озимих культур та їх збирання; сівба наступних ЕК та їх збирання. Кожний із перерахованих етапів планування

має свої особливості, і для їх реалізації доцільно передбачити у СППР відповідну базу даних та знань.

Крім того, за допомогою СППР обґрунтовується рішення про доцільність залучення до збирання необхідної кількості збиральних комплексів і транспортних засобів. При цьому, за графіком календарної потреби в комбайнах для своєчасного збирання ЕК на всіх полях оцінюється можливість виконання збирального проекту власним комбайновим парком, а якщо необхідно, обґрунтовується доцільність і потреба залучення додаткових комбайнів інших підприємств.

Розроблений план виконання робіт на основі прогнозування термінів збору ЕК на окремих полях є першим етапом відпрацювання за допомогою СППР виробничої програми того чи іншого проекту збиральної компанії.

З початком безпосереднього виконання збиральних робіт можливі відхилення реальних обсягів збирання ЕК від планових. Ці відхилення зумовлені різними причинами, головними з яких є події агрометеорологічної складової проектного середовища – випадання роси та дощів. Окрім того, згадані відхилення також виникають із технічних причин – через відмови комбайнів і транспортних засобів, а також із соціальних причин. Внаслідок цього виконання робіт у проектах характеризується нестабільністю, яка вимагає обґрунтування за допомогою СППР та здійснення управлінських дій на збиральну компанію.

Результати досліджень. За допомогою СППР відпрацьовуються проекти збирання ЕК, обґрунтовуються рішення щодо розподілу технічних засобів (комбайнів та автомобілів) на полях. Залежно від наявності технічних засобів і прогнозованих умов $u^p \in U$ збиральної компанії генерується множина варіантів $\{V\}$ виконання збиральних робіт. Серед існуючої множини таких варіантів визначають раціональний $v^p \in V$, який забезпечує отримання максимального прибутку (P) від реалізації біометану:

$$P(v^p) = D - (B + Z) \rightarrow \max, \quad (1)$$

при $u^p \in U$,

де D , B , Z – відповідно прогнозований дохід від реалізації біометану, втрати v^p -го варіанта збирання, перевезення та переробки ЕК для отримання біометану, грн. [7, 8].

Іншими словами, для визначення очікуваного прибутку слід знати значення очікуваного доходу та затрат. Розрахувати їх можна лише за умови наявності початкових даних – обсягів зібраного і втраченого врожаю, затрат на перевезення і переробку ОС та ринкової вартості біометану за «зеленим тарифом». Очікуваний обсяг визначається як сума прогнозованих обсягів зібраного врожаю окремих ЕК.

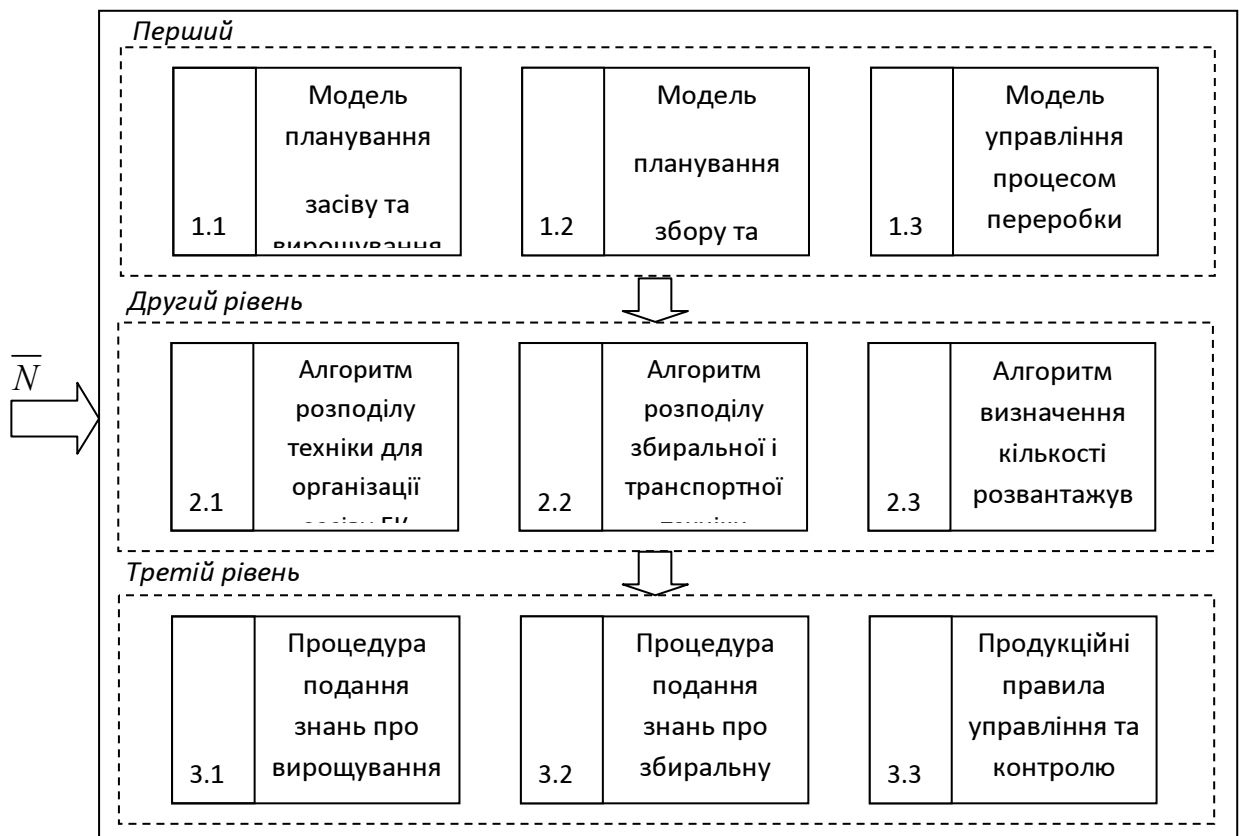
Серцевиною інтелектуальної СППР є її база знань, тому що всі алгоритми функціонування системи ґрунтуються на її знаннях. Згідно з

принципами побудови баз знань інтелектуальних систем синтезуємо структуру бази знань СППР і її знання, що в неї входять.

Призначенням бази знань СППР є зберігання сукупності одиниць знань, що являють собою формалізоване відображення об'єктів (технічних засобів), їх взаємозв'язків і дій над ними, а також знань про процес вирішення задач управління збиральною кампанією.

Для врахування характеру поставлених задач управління збиральною кампанією база знань СППР синтезується у вигляді сукупності трьох рівнів знань (див. рисунок). Перший рівень призначено для зберігання знань з моделювання процесів засіву і вирощування ЕК, збору і перевезення ОС, а також управління переробкою ЕК, що забезпечує вирішення задачі прогнозу показників (1). Крім того, на першому рівні здійснюється постійний моніторинг ділянок із додатковою ОС.

Другий рівень знань містить алгоритми розподілу збиральної та транспортної техніки по полях, а також алгоритми визначення кількості розвантажувальних механізмів на БГК. Таким чином, другий рівень відповідає за зберігання знань, необхідних для вирішення задач розподілу техніки для організації засіву, вирощування, збирання, транспортування та переробки ЕК. Третій рівень містить знання про процедури вирішення задач планування, контролю й оперативного управління посівною та збиральною кампанією, тобто керуючі знання системи, які необхідні для обґрунтування рішень, що приймаються, для отримання максимального прибутку (P).



Структура бази знань інтелектуальної СППР

До основних знань першого рівня бази знань належать: модель планування засіву та вирощування ЕК (блок 1.1), модель планування збору та перевезення ЕК (блок 1.2) і модель управління процесом переробки ЕК (блок 1.3). У склад другого рівня знань входять такі знання: алгоритм розподілу техніки для організації засіву ЕК (блок 2.1), алгоритм розподілу збиральної та транспортної техніки (блок 2.2), алгоритм визначення кількості розвантажувальних засобів на БГК (блок 2.3).

Отже, перший і другий рівень знань містить предметні знання системи. Третій рівень бази знань складається з таких керуючих процедур: вирішення задачі планування щодо засіву та вирощування ЕК (блок 3.1), вирішення задачі збиральної кампанії (блок 3.2) і процедури вирішення задачі оперативного управління та контролю (блок 3.3). На вхід бази знань потрапляють дані \bar{N} , на основі яких проводиться її навчання.

Охарактеризуємо кожний складовий блок бази знань.

Блок 1.1 містить логічну модель подання знань про планування засіву та вирощування ЕК на обґрунтовано визначених ділянках. Одночасно визначається тип, кількість та якість ЕК, потенційний обсяг біогазу (метану), який можна отримати, використовуючи дану ОС, а також необхідні витрати. На основі визначених ЕК за допомогою методу лінійного програмування [1] визначається оптимальний план щодо засіву ЕК на різних ділянках місцевості.

Блок 1.2, що містить динамічну модель планування збору та перевезення ЕК, використовується для прогнозування показників роботи технічних засобів у різних технологічних умовах. Зокрема на основі логічної моделі визначається порядок зміни станів різних технічних засобів, виконані ними певні дії, стан полів, на яких проводяться роботи. Також моделюється закріплення об'єктів між собою, зокрема закріплення певного комбайна за полем, закріплення певного транспортного засобу за комбайном і за розвантажувальним засобом при мінімальних витратах пального. Для вирішення цієї задачі застосовується еволюційний метод та метод гілок і границь.

Продукційні правила управління і контролю з блока 1.3 є основою для здійснення контролю та управління процесом збирально-транспортних робіт і переробкою ЕК. Ці правила дозволяють сформулювати рекомендації щодо перепланування робіт або здійснення донавчання системи.

Алгоритм розподілу збиральної техніки з блока 2.1 призначений для формування календарного плану робіт, що задає послідовність і термін засіву ЕК на закріплених полях.

До блока 2.2 входить алгоритм розподілу техніки, який призначено для визначення варіантів закріплення комбайнів та транспортних засобів за певними ділянками з метою мінімізації часу простою збиральної та транспортної техніки на полі. Крім того, у блоці 2.2 визначаються більш ефективні варіанти закріплення збиральних комбайнів за полями впродовж збиральної кампанії.

Зокрема мінімізацію простою транспортних засобів на пунктах зберігання ЕК в очікуванні розвантажування повинен забезпечувати алгоритм визначення кількості розвантажувальних засобів, що міститься у блоці 2.3. Цей алгоритм призначений як для розрахунку необхідної кількості розвантажувальних механізмів і естакад на пунктах зберігання ЕК, так і для визначення часу очікування розвантажування транспортними засобами у черзі при заданій кількості розвантажувальних засобів.

Процедури вирішення задач управління посівною і збиральною кампанією з блоків 3.1, 3.2, 3.3 ґрунтуються на знаннях, що містяться на першому та другому рівні бази знань, і призначені для підтримки прийняття управлінських рішень у режимі реального часу. На основі попереднього та наявного підрахунків доходу від реалізації біометану, затрат на засів, вирощування, збір та транспортування ЕК, а також вивезення на поля з БГК органічних добрив за формулою (1) визначається прибутковість підприємства.

Запропонована структура бази знань дозволяє зберігати у впорядкованому вигляді інформацію, яка необхідна для розв'язання задач управління посівною, збиральною кампанією та процесом переробки біомаси у біометан. Наведений склад бази знань дає можливість системі використовувати при підтримці прийняття рішень з управління процесом вирощування, збору та переробки ОС знання різних типів, а саме предметні та керуючі.

Таким чином, в умовах складного динамічного середовища, що характеризуються постійною невизначеністю та мінливістю багатьох факторів, основою успішного функціонування БГК є ухвалення оптимальних управлінських рішень за допомогою запропонованої СППР щодо організації вирощування, збору та переробки ОС для одержання максимальних обсягів біометану.

Висновки

На основі проведеного аналізу задач управлінської діяльності, що впливають на ефективність виробництва біометану, синтезована структура бази знань системи підтримки прийняття рішень, яка максимально пристосована до вирішення завдань щодо організації планування вирощування, збору та переробки органічної сировини в біометан для його подальшого постачання у розподілену газотранспортну систему за «зеленим тарифом».

Список літератури

1. Вітлінський В.В. Математичне програмування: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Терещенко Т.О. – К.: КНЕУ, 2001. – 248 с.
2. Гелетуха Г.Г. Брошура: «Развитие биогазовых технологий в Украине и Германии: нормативно-правовое поле, состояние и перспектива» / Г.Г. Гелетуха, П.Д. Кучерук, Ю.Б. Матвеев. – Киев-Гюльцов, 2013. – 71 с.

3. Гелету́ха Г.Г. Перспективи біогазу в Україні. – Економічна правда, 2013 [Електронний ресурс] / Г.Г. Гелету́ха. – Режим доступу: <http://www.epravda.com.ua/columns/2013/07/3/383399/>.
4. Гелету́ха Г.Г. Про майбутнє біометану [Електронний ресурс] / Г.Г. Гелету́ха. – Режим доступу: <http://forbes.ua/ua/opinions/1390912-pro-majbutne-biometanu>.
5. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, М.А. Левин, В.А. Корнейчук. – К.: МАКНС, 2007. – 335 с.
6. Кобець М.І. Використання сучасних інформаційних технологій в системах сільськогосподарського менеджменту [Електронний ресурс] / М.І. Кобець. – Режим доступу: http://undp.org.ua/agro/pub/ua/P2005_05_08_05.pdf.
7. Особливості ситуаційного управління змістом та часом виконання робіт у інтегрованих проектах аграрного виробництва / О.В. Сидорчук, А.М. Тригуба, Я.Й. Панюра, П.В. Шолудько // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 1/2 (43). – С. 46–48.
8. Панюра Я. Й. Ситуаційна програма централізованого збирання ранніх зернових культур / Я. Й. Панюра // Вісник Львів. держ. аграр. уні.: агроінженерні дослідження. – 2004. – № 8. – С. 57–61.
9. Россоха В.В. Технологічні трансформації в агропромисловому виробництві України: тенденції та результати [Електронний ресурс] / В.В. Россоха, Д.О. Соколов. – Режим доступу: <http://forbes.ua/ua/opinions/1390912-pro-majbutne-biometanu>.
10. Сидоров Ю. І. Сучасні біогазові технології / Biotechnologia acta, v. 6, no1, 2013 [Електронний ресурс] / Ю.І. Сидоров. – Режим доступу: http://biot_2013_6_1_6.pdf.
11. Фльонц І.В. Попередня обробка екструдованої соломи пшениці розчином Са(ОН)2 з метою підвищення виходу біогазу / І.В. Фльонц, С.М. Підховна, Н.М. Голяш // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194, ч. 1. – С. 236–242.
12. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие [Електронний ресурс] / Б. Эдер, Х. Шульц. – Режим доступу: <http://www.zorg-biogas.com>.
13. CLAAS – експерт біогаза. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.claas.ua/blueprint/servlet/blob/76286/24194e1a7b4ba98391b583db7173bc37/biomass-brochure-biogas-expertise-data.pdf>.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВЫРАЩИВАНИЯ, СБОРА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР В БИОМЕТАН

С.А. Шворов, Д.С. Комарчук, П.Г. Охрименко, Д.В. Чирченко

Предложена структура базы знаний интеллектуальной системы поддержки и принятия решений по организации выращивания, сбора и переработки биомассы в биометан. Рассмотрены основные задачи по оптимальному планированию засева, сбора и преобразования в биогаз энергетических культур и других органических отходов.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки и принятия решений, органическое сырье, биогаз, энергетические культуры, биометан

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ORGANIZATION GROWING, GATHERING AND TRANSFORMATION OF ENERGY CROPS IN BIOMETHANE

S. Shvorov, D. Komarchuk, P. Ohrimenko, D. Chyrchenko

The proposed structure of the knowledge base of intellectual support systems and decision-making on the organization of cultivation, harvesting and processing of biomass into biomethane, the basic task of optimal planning of sowing, harvesting and conversion into biogas energy crops and other organic waste.

Keywords: *intelligent system of support and decision-making, organic materials, biogas, energy crops, biomethane*

УДК 621.316.1

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ПРИ ВИРІШЕННІ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Г.Б. Іноземцев, доктор технічних наук

О.В. Гай, кандидат технічних наук

С.О. Діденко, студент

e-mail: gaalx@ukr.net

Проведено обґрунтування доцільності застосування теорії графів для вирішення питання енергозбереження в системі електропостачання. Наведено приклади та поставлено завдання подальших досліджень.

Ключові слова: *енергозбереження, система електропостачання, теорія графів*

Актуальність впровадження енергозберігаючих технологій в Україні обумовлена, у першу чергу, істотною залежністю економіки від імпорту паливно-енергетичних ресурсів. Це суттєво гальмує процес становлення України як економічно незалежної держави.

Нині більшість промислового обладнання й технологій, використовуваних в Україні, є застарілими і споживають більшу кількість енергії в порівнянні із сучасними аналогами. Це призводить до неефективного використання енергоресурсів. Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного видобутку приблизно на 45 %. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або навіть нижчий. При цьому Україна – одна із країн світу, де рівень енерговитрат надзвичайно високий. Її частка