

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ**

***М. П. Волоха, кандидат технічних наук  
Національний авіаційний університет  
e-mail: volmp@i.ua***

**Анотація.** Проведено аналіз можливості комплексного дослідження технології виробництва буряків цукрових шляхом розробки та застосування імітаційних моделей. Дослідження параметрів технологічних процесів виробництва буряків цукрових пропонується проводити за методом агентного імітаційного моделювання, що дозволяє моделювати технологічний процес на різних рівнях агрегації показників на основі єдиного методологічного підходу. Статистики моделювання у вигляді множини значень параметрів і їх подальше оброблення статистичними методами дозволяють провести аналіз зв'язків між величинами параметрів. У кінцевому підсумку результати моделювання використовуються для прийняття рішення про вибір оптимального варіанта з множини допустимих з урахуванням критерію, який виражає ефективність ТП.

Метою моделювання технологічних процесів виробництва буряків цукрових є підвищення їх продуктивності за рахунок визначення та обґрунтування оптимальних параметрів. Дослідження технологічних процесів на основі імітаційного, зокрема агентного моделювання, як одного із його видів, дозволяє взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази галузі буряківництва.

**Ключові слова:** моделювання, буряки цукрові, технологічний процес, технічний засіб, робочий орган

**Постановка проблеми.** Особливості технологічних процесів (ТП) виробництва буряків цукрових (БЦ), їх складна ймовірнісно-статистична природа, дозволяють застосувати метод статистичних випробувань в якості одного з основних методів дослідження, коли враховується сукупність випадкових і не випадкових факторів, які складно дослідити аналітичними методами.

Метод статистичних випробувань відрізняється тим, що експериментальне вирішення завдання в польових або лабораторних умовах замінюється серією послідовно паралельних дій над випадковими числами за певною схемою, що забезпечує

адекватність моделі та при необхідності може замінити методи моделювання «чорного ящика». При цьому відпадає потреба в описі комплексу характеристик вихідних ознак. Заміна аналітичних виразів деяким моделюючим алгоритмом дозволяє враховувати велике число взаємодіючих і важко контрольованих випадкових за характером змінних впливів, що визначають хід протікання ТП.

Таким чином, в певному середовищі здійснюється моделювання експерименту. При цьому є можливим:

а) уникати труднощів, пов'язаних з організацією та проведенням багатофакторного натурального експерименту, скоротивши час на проведення досліджень;

б) використовувати схему активного експерименту, а також багаторазово, протягом невеликого часу, відтворювати досліди, зберігаючи постійними або варіюючи параметрами змінюваних факторів при реалізації схеми і моделі відповідно до цілей експериментального дослідження.

Отже, розробка загальних принципів моделювання ТП вирощування і збирання БЦ з урахуванням ймовірнісної природи умов функціонування робочих органів (РО), є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень.** Технологічні операції виробництва БЦ слід розглядати як складні системи, які характеризуються наступними ознаками [1, 2]:

- велика кількість взаємопов'язаних між собою підсистем та елементів;

- наявність достатньої кількості різноманітних зв'язків та відношень;

- різноманіття цілей та вимог окремих ланок ТП;

- інваріантність структури;

- неоднорідність фізичної природи, гетерогенність.

Загальний підхід до оцінювання продуктивності виробництва БЦ передбачає виділення критеріїв оцінювання та змінних, які впливають на остаточне значення оцінки. Складність виробничих процесів унеможлиблює оцінку виробництва лише за допомогою одного критерію, тому використовується багатокритеріальний підхід [3]. Наведені показники відображають різні аспекти ТП і, у загальному вигляді, залежать від певного набору технологічних змінних. Технологічні змінні потребують постійного контролю, регулювання та впливають на визначення показників ефективності. Попри це прийняття рішень з технології повністю ґрунтується на попередньому досвіді та експертних оцінках [4, 5], а ТП розглядаються відокремлено, параметри РО досліджуються експериментально в умовах жорстких обмежень [6, 7], моделювання здійснюється, як правило, при великій кількості припущень і

спрямоване на опис фізичних процесів окремих операцій, що складають ТП [8, 9].

**Метою досліджень** є підвищення ефективності та якості технологічних процесів виробництва буряків цукрових на основі використання методів агентного імітаційного моделювання.

**Результати досліджень.** Метод імітаційного моделювання полягає в тому, що досліджувана система замінюється сконструйованою моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему, та з якою проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему. Складові частини імітаційної моделі – це структура системи, тобто сукупність описів елементів і зв'язків між ними; засоби відтворення поведінки системи; властивості середовища, в якому функціонує досліджувана система. Зазначена інформація в цілому носить логіко-математичний характер і представляється у формі сукупності алгоритмів, що описують динаміку функціонування системи.

В основі імітаційного моделювання лежить методологія системного аналізу. Вона дозволяє здійснити дослідження проекрованої або аналізованої системи за схемою операційного дослідження, яка включає наступні взаємопов'язані етапи: змістовна постановка задачі; розробка концептуальної моделі; розробка та програмна реалізація імітаційної моделі; перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання; планування експериментів; прийняття рішень. Зважаючи на це, імітаційне моделювання можна використовувати як універсальний підхід для прийняття рішень в умовах невизначеності та для врахування в моделях факторів, які складно формалізуються, а також застосовувати на практиці основні принципи системного підходу при вирішенні багатьох прикладних задач.

Особливим видом імітаційного моделювання є агентне моделювання. Агент являє собою активний інформаційний об'єкт, яким може позначатись суб'єкт господарської діяльності, технологічний пристрій, організація, населений пункт і т.д. Залежно від того, який об'єкт являє собою агент, модель може відповідати високому рівню абстракції, середньому, низькому або поєднувати кілька рівнів. Таким чином, ця парадигма моделювання є найбільш універсальною.

Основною відмінністю агентного підходу є побудова моделі за принципом знизу вгору. Залежності між агрегованими величинами не задаються виходячи з експертних знань про реальний світ, а виходять з процесу моделювання індивідуальної поведінки багатьох агентів, їх взаємодії один з одним і з об'єктами, які моделюють навколишнє середовище. Наприклад, дослідження виробництва

буде відбуватися не в поняттях готової продукції, а в моделі будуть закладені можливі реакції окремого виробничого процесу і окремого виконавця на зміну умов і завдань виробництва. У агентів є можливість обмінюватися інформацією, впливаючи на поведінку один одного саме цим. Модель може враховувати просторові характеристики, взаємне розташування агентів по відношенню один до одного та об'єктів навколишнього середовища. До переваг агентного підходу відноситься [10]:

- відсутність зумовленості в поведінці системи на глобальному рівні, що може призвести до появи нових гіпотез про її функціонування в ході симуляції моделі;

- реалізм і гнучкість в описі системи, можливість моделювати найскладніші нелінійні зворотні зв'язки, використовувати будь-який необхідний рівень деталізації і абстракції.

У агентному підході можливе використання гетерогенних елементів моделі; з'являється можливість моделювання обміну інформацією.

До перешкод для побудови агентної моделі слід віднести, по-перше, відсутність адекватних даних. Як правило, зібрати експертну інформацію за характеристиками індивідуальних об'єктів складніше, ніж за агрегованими показниками. По-друге, необхідність визначення логіки поведінки окремого агента в термінах, придатних для машинної обробки. У процесі імітаційного моделювання можуть виникнути потреби у значних обчислювальних ресурсах для виконання програмної симуляції.

Для представлення можливих дій агента та його взаємодії із зовнішнім середовищем необхідно мати інструмент, який дозволяє у формальному вигляді описувати поведінку агента. Формальна архітектура агента задається через опис середовища, в якому функціонує агент, сприйняття агентом цього середовища та його діями [11]. Позначимо зовнішнє середовище агента за допомогою множини станів  $S$ . Можливі дії агента описуються за допомогою множини дій  $A$ . Абстрактно агент може представлятися як функція:

$$g_s : S \rightarrow A,$$

тобто вибір конкретної дії із множини можливих дій агент здійснює на основі поточного стану зовнішнього середовища  $s_i \in S$ . При цьому дії агента можуть впливати на середовище, але не контролювати його повністю.

Для представлення агента зручно використовувати модель сприйняття зовнішнього середовища. Для цього вводиться множина можливих сприйняття  $P$  та функція  $f : S \rightarrow P$ , яка описує, у який спосіб певні стани середовища сприймаються агентом. Тоді агент представляється за допомогою функції:

$$g_p : P \rightarrow A,$$

тобто дія агента визначається у загальному випадку поточним сприйняттям стану зовнішнього середовища  $p_j \in P$ .

Модель агента із сприйняттям еквівалентна базовій. Проте вона дозволяє ввести наступну додаткову властивість агента: різні стани середовища можуть однаково сприйматися і навпаки – один стан може по-різному сприйматися агентом. Іншим варіантом рішення задачі включення попередніх дій при виборі поточної дії є введення поняття стану агента. При цьому вважається, що агент має певні внутрішні структури даних, які він модифікує в залежності від сприйняття поточного стану зовнішнього середовища, та на основі отриманих результатів обирає дію. Для формалізації цього процесу вводиться множина  $I$  внутрішніх станів агента та функція оновлення внутрішнього стану, яка відповідає за оновлення внутрішнього стану у відповідності до поточного сприйняття середовища:

$$h : I \times P \rightarrow I .$$

Тоді агент описується за допомогою функції:

$$g_i : I \rightarrow A ,$$

тобто дія обирається на основі поточного стану агента. Для коректного опису поведінки агента із станом необхідно визначити початковий стан  $i_0$ .

Агент, який обирає дію на основі поточного сприйняття, ігноруючи всю історію попередніх сприйнятів, є простим рефлексним агентом. Такий тип агентів є достатньо простим. У багатьох випадках для успішного функціонування агента можуть знадобитися знання двох видів. З одного боку, це інформація про те, як середовище змінюється незалежно від агента. З іншого боку, це знання про те, як власні дії агента впливають на середовище. Агент, який використовує такі знання про існування зовнішнього середовища, є рефлексним агентом, заснованим на моделі. Для реалізації запропонованого підходу розроблено два типи агентів: «агрегат» та «ґрунт», а зовнішнє середовище описується як сукупність некерованих агрокліматичних факторів. Агрегат реалізується як послідовно взаємодіюча низка машин та робочих органів, кожний з яких реалізується окремим агентом.

У процесі розроблення імітаційної моделі виділяються наступні взаємопов'язані етапи:

- визначення цілей моделювання;
- розробка концептуальної моделі;
- розробка програмної реалізації імітаційної моделі;
- перевірка здійсненності вимог до моделі;
- планування і проведення експериментів;
- аналіз результатів моделювання.

Цілі моделювання визначаються цілями дослідження, які полягають в модернізації функціонуючої технологічної системи з урахуванням її ефективності. Показником ефективності є перевищення корисності пропонованого варіанта системи над вартістю створення й експлуатації цього варіанта. Проте визначити ефект у повному обсязі, як правило, не вдається, оскільки він проявляється не тільки безпосередньо, як результат функціонування пропонованого варіанта системи, а й опосередковано, як результат функціонування інших систем, з якими пов'язана досліджувана система. Більш простим є поняття техніко-економічної ефективності, яке включає витрати і вимірювані характеристики системи: продуктивність, надійність і т.д. Таким чином, цілі моделювання полягають, по-перше, у визначенні працездатного варіанта комплексу технічних засобів ТП виробництва буряків цукрових, у якому вихідні параметри задовольняють заданим обмеженням і, по-друге, у визначенні оптимального варіанта системи з точки зору заданого критерію ефективності.

Для досягнення будь-якої з зазначених цілей необхідно визначити внутрішні параметри, зміна значень яких забезпечує необхідні значення вихідних параметрів. Технологічний процес при цьому подається одним з видів алгоритму, що визначає, які операції, в якій послідовності і за допомогою яких ресурсів необхідно виконати для досягнення системою заданого цільового стану. Сукупність алгоритмів, що відображають реалізацію всіх виділених у системі технологічних процесів, є по суті імітаційної моделлю досліджуваної системи. Планування та проведення експериментів реалізується з метою отримання статистик моделювання, обробка яких дозволяє визначити шукані параметри. Основне завдання планування експериментів з імітатором полягає в отриманні всієї необхідної інформації про об'єкт моделювання при мінімальних або обмежених витратах ресурсів комп'ютера на реалізацію процесу моделювання.

Метою експерименту є вивчення впливу змінної  $x$  (фактору) на змінну  $y$  (реакцію). Кожному фіксованому набору рівнів факторів відповідає певна точка в багатовимірному факторному просторі. Положення точки у факторному просторі визначається набором рівнів факторів  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$  і значенням реакції  $y$ , яка зв'язується з набором рівнів за допомогою функції реакції  $\Psi$ :

$$y = \Psi(x_1, x_2, \dots, x_k).$$

Функція  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_k)$  часто одається у вигляді полінома ступеня  $d$  від  $k$  факторів:

$$y = \hat{b}_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \hat{b}_i x_i + \sum_{1 \leq i, j \leq k} \hat{b}_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{1 \leq i_1, i_2, \dots, i_k \leq k} b_{i_1, i_2, \dots, i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k},$$

де:  $\sum_{1 \leq j \leq k} i_j = d$ .

Цей поліном має  $C_{d+k}^d = \frac{(d+k)!}{d!k!}$  коефіцієнтів, які необхідно

визначити на основі результатів експериментів.

Слід зауважити, що фактори мають різні одиниці виміру і діапазон зміни. Для утворення поєднань таких факторів необхідно попередньо провести операцію масштабування, для чого використовується перетворення:

$$\hat{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} \quad (i \in \overline{1, k}),$$

де:  $\hat{x}_i$  – масштабований рівень  $i$ -го фактора;  $x_i$  – натуральний рівень  $i$ -го фактора; а  $\Delta x_i$  визначається виразом:

$$\Delta x_i = \frac{x_{i \max} - x_{i \min}}{2}.$$

Після складання плану експериментів з моделлю системи, для реалізації цього плану необхідно зібрати результати експериментів у вигляді певних статистик моделювання і організувати їх оброблення відповідно до мети моделювання. Оброблені результати подаються в заданому вигляді досліднику або особі, що приймає рішення.

Вибір методів оброблення здійснюється з обов'язковим урахуванням наступних особливостей експериментів з моделями систем. По-перше, експерименти з імітаційною моделлю дозволяють отримувати вибірки досить великого обсягу для кількісної оцінки характеристик технологічного процесу. По-друге, складність технологічного процесу передпосівного обробітку та сівби не дозволяє апріорі висловити досить обґрунтоване судження про закон розподілу вихідних характеристик системи. По-третє, агентна архітектура моделі ТП зумовлює можливість роздільного дослідження окремих частин.

На основі аналізу результатів моделювання уточнюються параметри моделі, що призводить до корекції концептуальної моделі. До аналізу результатів моделювання належить завдання аналізу чутливості моделі до варіацій її параметрів. Зокрема, перевіряється стійкість вихідних параметрів до можливих змін параметрів системи і зовнішнього середовища.

Адекватність моделі можна виявити на підставі оцінки її відповідності поставленій задачі. Це означає, що поняття адекватності моделі як абстрактної категорії, не пов'язаної з поставленим завданням, позбавлене сенсу.

Статистики моделювання у вигляді множини значень параметрів і їх подальше оброблення статистичними методами дозволяють провести аналіз зв'язків між величинами параметрів. У кінцевому підсумку результати моделювання використовуються для

прийняття рішення про вибір оптимального варіанта з множини допустимих з урахуванням критерію, який виражає ефективність ТП.

**Висновок.** Метою моделювання технологічних процесів виробництва буряків цукрових є підвищення їх продуктивності за рахунок визначення та обґрунтування оптимальних параметрів. Дослідження технологічних процесів на основі імітаційного, зокрема агентного моделювання, як одного із його видів, дозволяє визначити технологічні змінні, їх взаємовідносини та взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази галузі буряківництва.

### Список літератури

1. Волоха М. П. Моделювання технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до сівби цукрових буряків / М. П. Волоха // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. 1. – С. 246–252.
2. Ладанюк А. П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координація [Електронний ресурс] / А. П. Ладанюк, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць. – Режим доступу: [http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist\\_anTK.pdf](http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf).
3. Volokha M. Simulation technology of sugar beet / M. Volokha, L. Boldyrieva // Вісник Національного авіаційного університету. – К. : НАУ, 2014. Т. 61. – № 4. – Режим доступу: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/visnik/article/view/7604/8730>.
4. Роїк М. В. Ефективність механізованих технологій вирощування та збирання цукрових буряків / М. В. Роїк, М. П. Волоха, П. О. Войтюк, А. В. Фурса // Вісник аграрної науки. – К., 2000. – № 4. – С. 43–46.
5. Сінченко В. М. Управління формуванням продуктивності цукрових буряків : монографія / В. М. Сінченко. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 582 с.
6. Башкирев А. П. Сравнительная оценка экспериментального и серийного выкапывающих рабочих органов / А. П. Башкирев, В. А. Семькин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 1. – 2007. – С. 40–41.
7. Кушнарєв А. Использование методов математического (имитационного) моделирования при разработке конструктивных и технологических параметров высевающего аппарата / А. Кушнарєв, Е. Сербий, С. Кушнарєв, В. Шейченко // Техніка АПК. – № 3–4. – 2008. – С. 11–15.
8. Бублик Н. И. Качество уборки в зависимости от условий и типа свеклоуборочных машин / Н. И. Бублик, Н. М. Зуев // Сахарная свекла. – № 9. – 1985. – С. 5–7.
9. Нанаєнко А. К. Приемы математического описания технологий в растениеводстве / А. К. Нанаєнко // Техника в сельском хозяйстве. 2002. – № 1. – С. 11–14.
10. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. С-Петербург: БХВ-Петербург, 2006.
11. Wooldridge M. J. Intelligent Agents // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79.

### References

1. Volokha, M. P. (2013). Modelyuvannya tekhnolohichnykh protsesiv pidhotovky ґрунту і nasinnya do sivby tsukrovykh buryakiv [Modeling of technological processes



- of preparation of soil and seeds for planting sugar beet]. Design, production and operation of agricultural machinery. Kirovohrad: KNTU, Vyp. 43, ch. 1, 246–252.
2. *Ladanyuk, A. P., Vlasenko, L. O., Zayets', N. A.* (2016). Systemnyy analiz skladnoho ob'yekta v zadachakh diahnostyky ta koordynatsiya [Elektronnyy resurs] [System analysis of a complex object in the diagnostics and coordination]. Rezhym dostupu: [http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist\\_anTK.pdf](http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf).
  3. *Volokha, M., Boldyrieva, L.* (2014). Simulation technology of sugar beet. Visnyk Natsional'noho aviatsiynoho universytetu. K. : NAU, T. 61, 4. Rezhym dostupu: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/visnik/article/view/7604/8730>.
  4. *Royik, M. V., Volokha, M. P., Voytyuk, P. O., Fursa, A. V.* (2000). Efektyvnist' mekhanizovanykh tekhnolohiy vyroshchuvannya ta zbyrannya tsukrovykh buryakiv [The efficiency of the mechanized technology of cultivation and harvesting of sugar beet]. Bulletin of agricultural science. K., 4, 43–46.
  5. *Sinchenko, V. M.* (2012). Upravlinnya formuvannyam produktyvnosti tsukrovykh buryakiv : monohrafiya [Manage the productivity formation of sugar beet : monograph]. K.: TOV «Nilan-LTD», 582.
  6. *Bashkyrev, A. P., Semykyn, V. A.* (2007). Sravnytel'naya otsenka eksperymental'noho y seryynoho vykapyvayushchykh rabochykh orhanov [Comparative evaluation of experimental and commercial workers digging up bodies]. Tractors and agricultural machines, 1, 40–41.
  7. *Kushnarev, A., Serbyy, E. S. Kushnarev, Sheychenko, V.* (2008). Ispol'zovanye metodov matematycheskoho (ymytatsyonnoho) modelyrovannya pry razrabotke konstruktivnykh y tekhnolohycheskykh parametrov vysevayushcheho aparata [The use of methods of mathematical (simulation) modeling in the development of constructive and technological parameters of the sowing unit]. Technique AIC, 3–4, 11–15.
  8. *Bublyk, N. Y., Zuev, N. M.* (1985). Kachestvo uborky v zavysymosti ot uslovyy y tyra sveklouborochnykh mashyn [The quality of cleaning depending on conditions and the type of beet harvesting machines]. Sugar beet, 9, 5–7.
  9. *Nanaenko, A. K.* (2002). Pryemy matematycheskoho opysannya tekhnolohyy v rastenyevodstve [Methods of mathematical descriptions of the technologies in crop production]. Equipment in agriculture, 1, 11–14.
  10. *Karpov, Yu. H.* (2006). Imytatsyonnoe modelyrovanye system. Vvedeniye v modelyrovanye s AnyLogic 5 [Simulation systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5]. S-Peterburh: BKhV-Peterburh, 20.
  11. *Wooldridge, M. J.* (2001). Intelligent Agents // Multiagent Systems, 27–79.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

***М. П. Волоха***

***Аннотация.*** Проведен анализ возможности комплексного исследования технологии производства сахарной свеклы путем разработки и применения имитационных моделей. Исследование параметров технологических процессов производства сахарной свеклы предлагается проводить методом агентного имитационного моделирования, что позволяет моделировать технологический процесс на разных уровнях агрегации показателей на основе единого методологического подхода. Статистики моделирования в виде множества значений

параметров и их последующей обработки статистическими методами позволяют провести анализ связей между величинами параметров. В конечном итоге результаты моделирования используются для принятия решения о выборе оптимального варианта из множества допустимых с учетом критерия, который выражает эффективность ТП. Целью моделирования технологических процессов производства сахарной свеклы является повышение их производительности за счет определения и обоснования оптимальных параметров. Исследования технологических процессов на основе имитационного, в частности агентного моделирования, как одного из его видов, позволяет определить технологические переменные, их взаимоотношения и взаимосвязи, выделить технико-экономические показатели, оценить влияние на доходность, определить направления развития и пути совершенствования технико-технологической базы отрасли свекловодства.

**Ключевые слова:** моделирование, сахарная свекла, технологический процесс, техническое средство, рабочий орган

## **SIMULATION MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SUGAR BEET PRODUCTION**

**M. P. Voloha**

**Abstract.** *The analysis of the ability of a comprehensive study of the technology of sugar beet production through the development and application of simulation models. Study of parameters of technological processes of production of sugar beet is proposed to carry out the method of agent-based simulation that allows to simulate the technological process at different levels of aggregation of the indicators based on a common methodological approach. Statistics simulation a set of parameter values and their subsequent processing by statistical methods allow to analyze relations between the values of the parameters. In the end, the simulation results are used for decision-making about the choice of the optimal variant from the set of the admissible taking into account the criterion that expresses the efficiency of TP. The purpose of simulation of technological processes of production of sugar beet is to increase their productivity through the definition and justification of optimum parameters. Research of technological processes based on simulation, in particular agent-based modeling as one of its types, allows you to define process variables, their relationships and interactions, to highlight the technical and economic indicators, to assess the impact on profitability, to determine directions of*

*development and ways of improvement of technical and technological base of the industry sugar beet.*

**Key words:** *modeling, sugar beet, technological process, technical means, working body*

УДК 613.153

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ В РОСЛИННИЦТВІ**

***А. В. Войтік, кандидат технічних наук***

***Р. В. Вихватнюк, магістр***

***Уманський національний університет садівництва***

***e-mail: ptoarv@udau.edu.ua***

**Анотація.** *У роботі розглядаються сучасні інструменти для автоматизації проектування технологій вирощування сільськогосподарських культур в Україні та світі, обґрунтовується перелік ключових можливостей таких систем, необхідних для успішного їх функціонування в умовах розвитку сучасних інформаційних технологій.*

*Показано результати розробки системи автоматизованого проектування технологічних карт з розширеним функціоналом на базі сайту кафедри процесів, машин та обладнання АПВ Уманського національного університету садівництва.*

*Зроблено висновок, що продовження розробки систем автоматизованого проектування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур для спрощення обміну технологіями між користувачами, донесення сучасних інноваційних рішень до кожного сільськогосподарського виробника України є високоперспективним.*

**Ключові слова:** *технологічна карта, система автоматизованого проектування, сільськогосподарська культура, веб-ресурс*

**Постановка проблеми.** *Агропромисловий комплекс України являє собою велике об'єднання різних галузей, які пов'язані між собою процесом виробництва, основною задачею якого є забезпечення продовольчої безпеки держави, створення експортного потенціалу сировини і продовольства.*

© А. В. Войтік, Р. В. Вихватнюк, 2016