

УДК 633.63:631.35

М.П. Волоха, доц., канд. техн. наук, докторант*
Національний авіаційний університет, м.Київ

Моделювання технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до сівби цукрових буряків

У даній статті розглянуто особливості моделювання технологічних процесів виробництва цукрових буряків, зокрема передпосівного обробітку ґрунту та сівби. Запропоновано основні принципи моделювання технологічних процесів вирощування цукрових буряків на основі використання моделі сполучення, що дозволяє дослідити взаємозв'язок окремих складових технології в цілому.
моделювання, цукровий буряк, технологічний процес, модель сполучення

Н.П. Волоха

Национальный авиационный университет, г. Киев

Моделирование технологических процессов подготовки почвы и семян к посеву сахарной свеклы

В данной статье рассматриваются особенности моделирования технологических процессов производства сахарной свеклы, в частности предпосевной обработки почвы и посева. Предложены основные принципы моделирования технологических процессов выращивания сахарной свеклы на основе использования модели сопряжения, что позволяет исследовать взаимосвязь отдельных составляющих технологии в целом.
моделирование, сахарная свекла, технологический процесс, модель сопряжения

Постановка проблеми. При проведенні однієї з найважливіших операцій вітчизняної індустріальної технології виробництва цукрових буряків (ЦБ) – сівби, відповідно до агротехнічних вимог (АТВ) насіння з високим рівнем одноростковості та лабораторної схожості має розміститись у заздалегідь підготовленому ґрунті певної структури, вологості і твердості, на заданій глибині посіву і з рівномірним (у межах заданого допуску) кроком вздовж рядка. Зазначене має позитивний вплив на рівень польової схожості насіння та одночасність (дружність) сходів, що загалом підвищує стартовий розвиток рослин і, як наслідок, урожайність культури.

Висока продуктивність та якість передпосівного обробітку ґрунту досягається при використанні відповідних робочих органів (РО) сільськогосподарської техніки та машин. Отже, розробка і дослідження таких моделей, які розкривають взаємодію показників технологічних процесів та операцій підготовки ґрунту, сівби та збирання врожаю цукрових буряків залежно від параметрів і режимів роботи технічних засобів є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У системі технологічних операцій інтенсивної технології вирощування та збирання цукрових буряків виділяють наступні основні технологічні етапи: підготовка ґрунту, підготовка насіння, сівба, вирощування та збирання. Для виконання цих робіт успішно застосовуються різноманітні агрегати та РО.

Нормативами АТВ передбачено, що середня глибина передпосівного обробітку ґрунту має складати 3-5 см з відхиленням $\pm 1,0$ см при кількості грудочок діаметром до 50 мм не менше 92% [1]. Узагальнюючим критерієм оцінки технологічного процесу

© М.П. Волоха, 2013

* Науковий консультант: Дорошенко Ю.О., проф., д-р техн. наук

сівби ЦБ є рівномірність розміщення схожих насінин вздовж рядка, визначена за коефіцієнтом варіації ($V, \%$) інтервалів, на тлі високої польової схожості насіння. Високі показники польової схожості насінин (82-87%) та рівномірності їх розміщення ($V = 35-40\%$) забезпечуються якісною підготовкою ґрунту і насіння перед сівбою та якістю сівби.

Поверхні РО відомих ротаційних знарядь для розпушування поверхневого шару ґрунту як західноєвропейського (фірми LEMKEN, ROPA – Німеччина; WADERSTAG – Швейцарія та ін.) так і українського виробництва виконані у формі загострених зубців голчастого чи долотоподібного типу, що закріплені на маточинах змонтованих у батареї дисків. Широко розповсюдженими лишаються донині також пасивні клиноподібні лапи різних марок культиваторів (УСМК.– 5,4Б, КОЗР – 8,1 та ін.) для рихлення ґрунту. На основі проведених досліджень був розроблений новий РО ґрунтообробного знаряддя (диск), який відрізняється тим, що поперечний переріз кожного з зубців диска виконаний у вигляді рівнобічної трапеції, а радіальний – прямокутного трикутника, довший катет якого розташований перпендикулярно до осі маточини і перетинається під прямим кутом з довшою основою трапеції [2]. Зуб запропонованої конструкції, перекочуючись у ґрунті, розтягує оброблювану скибу у повздовжньому напрямку і одночасно стискає у поперечному, створюючи при цьому такий напружено-деформований стан ґрунту, при якому відповідно до теорії Кулона-Мора про баланс стискаючих і розтягуючих деформацій забезпечується підвищення технологічних показників кришіння ґрунтового моноліту і зниження енерговитрат, особливо при роботі на твердих чи мерзлих ґрунтах.

Експериментальні порівняльні польові дослідження зразків культиватора з новими РО і серійного культиватора для передпосівного обробітку ґрунту УСМК-5,4Б, проведені весною 2013р. в дослідному господарстві «Шевченківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН показали, що розроблені РО не поступаються серійним, а за щільності ґрунту $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$ та вологості 16–18,5% і глибини обробітку 3,0-3,5см суттєво їх переважають (у середньому на 4-6% – за кількістю грудочок діаметром до 50 мм у розпушеному шарі ґрунту).

Процес підготовки до сівби насіння (сировини) є складним. На насінневих заводах воно очищується від механічних домішок, шліфується, проходить калібрування на тріерах і розподіляється на 3 – 4 фракції по діаметру та обробляється розчином захисних речовин. Вочевидь, маса таких насінин в межах однієї фракції не буде однаковою [3], внаслідок чого траєкторія їх польоту при висіві, наприклад, висівним апаратом вітчизняної пневмосівалки УПС-12 (ВАТ "Червона зірка", м. Кіровоград) теж буде різною, як показано у [4].

На УкрНДПВТ проведені польові дослідження, в результаті яких доведено, що зі збільшенням швидкості руху сівалки і норми висіву рівномірність розміщення насіння у ґрунті по довжині рядка погіршується. На основі статистичної обробки отриманих даних встановлено залежності коефіцієнту варіації розміщення насіння від швидкості руху сівалки та норми висіву [5].

Таким чином, якість технологічних процесів підготовки ґрунту та сівби загалом визначається агрокліматичними умовами, якістю насіння, вибором РО культиватора та сіялки з урахуванням показників АТВ. Отже, технологічні процеси вирощування ЦБ обумовлюються керованими (параметри РО, насіння) та некерованими (природні умови) факторами.

Разом з тим, першочерговою задачею сучасного аграрного виробництва є впровадження ресурсозберігаючих, екологічно безпечних технологій обробітку сільськогосподарських культур. Це обумовлює необхідність досліджень, у тому числі комплексу технологічних операцій передпосівного обробітку ґрунту та сівби щодо обґрунтування раціонального поєднання існуючих прийомів та засобів, РО

грунтообробних і посівних машин для забезпечення стійкості показників АТВ та технологічного процесу.

Метою даної роботи є розробка математичної схеми для моделювання та дослідження взаємовпливу процесів передпосівного обробку ґрунту та сівби і технічних засобів для їх виконання на показники польової схожості насіння та точності розміщення сходів, а також ефективності "стартового" розвитку рослин, що є запорукою доброго подальшого розвитку рослин і отримання високої врожайності.

Моделювання технологічного процесу. Серед багатьох форм зв'язків між явищами важливу роль грає причинна, сутність якої складається в породженні одного явища іншим. Кожний результативний показник залежить від численних і різноманітних факторів. Звідси важливим методологічним питанням в аналізі господарської діяльності є вивчення й вимір впливу факторів на величину досліджуваних показників.

Статистичне моделювання широко застосовується для вивчення стохастичних об'єктів. Факторний аналіз є одним з розділів багатомірного статистичного аналізу. У загальному вигляді схему проведення факторного аналізу можна представити у вигляді, наведеному на рисунку 1. Основними задачами факторного аналізу є наступні:

- відбір факторів, що визначають досліджувані результативні показники;
- класифікація й систематизація факторів з метою забезпечення комплексного й системного підходу до дослідження їхнього впливу на результати господарської діяльності;
- визначення форми залежності між факторами й результативним показником;
- моделювання взаємозв'язків між результативним і факторним показниками;
- розрахунок впливу факторів і оцінка ролі кожного з них у зміні величини результативного показника;
- робота з факторною моделлю (практичне її використання).

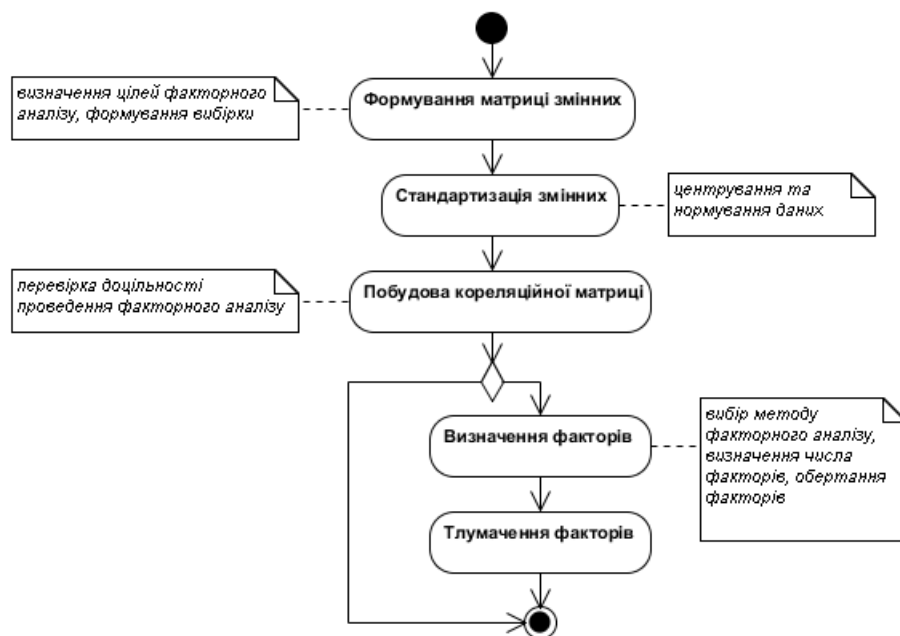


Рисунок 1 – Загальна схема проведення факторного аналізу

Однією з принципових проблем моделювання складних систем є проблема одночасного моделювання різних видів процесів. Проблема полягає в тому, що математичні схеми для моделювання різних видів процесів не сполучаються одна з одною, що не дозволяє отримати узагальнену модель складної системи. Це також

відноситься до технологічного процесу підготовки ґрунту та сівби ЦБ, який є гетерогенним та стохастичним.

Будь-яка складна система, як правило, передбачає наявність великої кількості елементів, між якими встановлюються різноманітні зв'язки. По зв'язках у вигляді деяких сигналів передається інформація, яка використовується для функціонування як окремих елементів, так і для системи в цілому. Зв'язки забезпечують «міцність» системи і тому є важливим «будівельним матеріалом» для системи, який обов'язково повинен враховуватися при побудові моделі системи. Наявність зв'язків якраз і враховується в моделях сполучення. При побудові моделей сполучення використовуються наступні передумови і припущення [6].

Щоб зосередитися на зв'язках між елементами, самі елементи подаються у вигляді моделі «чорний ящик» – на вхід елемента подається вхідний сигнал $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, де кожна характеристика вхідного сигналу $x_i (i \in \overline{1, n})$ має свою область визначення X_i , тобто $x_i \in X_i$, а на виході елемента виникає вихідний сигнал $y = (y_1, y_2, \dots, y_r)$, де $y_l \in Y_l (l \in \overline{1, r})$, тобто кожна характеристика вихідного сигналу також має свою область визначення.

Для прийому вхідного сигналу $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ елемент системи $e_j (j \in \overline{1, N})$ має набір вхідних контактів $[X_i^j]_1^{n_j}$, де контакт X_i^j призначений для прийому i -ї характеристики вихідного сигналу, тобто для прийому x_i , а n_j – число вхідних контактів, яке у кожного елемента може бути індивідуальним.

Для видачі вихідного сигналу $y = (y_1, y_2, \dots, y_r)$ елемент системи $e_j (j \in \overline{1, N})$ має набір вихідних контактів $[Y_l^j]_1^{r_j}$, де контакт Y_l^j призначається для видачі l -ї характеристики вихідного сигналу, тобто для видачі $y_l (l \in \overline{1, r})$, а r_j – число вихідних контактів, яке у кожного елемента може бути індивідуальним.

Таким чином, елемент системи подається схемою на рис. 2.

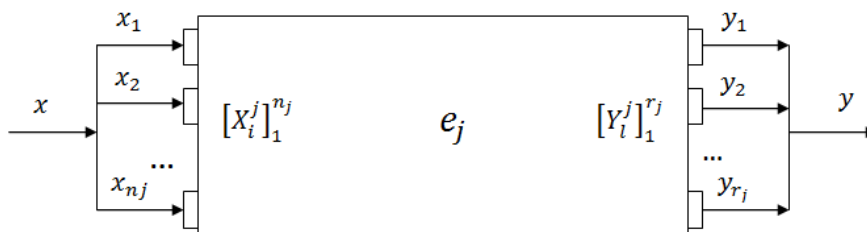


Рисунок 2 – Графічне подання елемента системи в моделях сполучення

Припускається далі, що сигнали передаються по зв'язках у вигляді елементарних каналів незалежно один від одного. При цьому до кожного вхідного контакту підключається не більше одного каналу, а з вихідного контакту виходить будь-яке число каналів за умови, що вони направляються до різних елементів системи. Зроблене припущення дозволяє уникнути накладення сигналів, що надходять від різних джерел, один на одний.

Зовнішнє середовище для розглянутої системи у вигляді сукупності елементів $S = \{e_j | j \in \overline{1, N}\}$ може бути подане двома основними способами. Відповідно до першого способу зовнішнє середовище уявляється одним окремо обраним елементом. Зазвичай для цього елемента $j = 0$, тобто зовнішнє середовище визначене елементом e_0 , який, як

і елементи системи, характеризується наборами вхідних і вихідних контактів – $[X_i^o]_1^{n_0}$, $[Y_i^0]_1^{n_0}$.

Якщо зовнішнє середовище має вигляд окремо обраного елемента, то вся множина вхідних контактів і множина вихідних контактів усіх елементів системи і зовнішнього середовища визначаються як

$$[X_i^j]_N = \bigcup_{j \in \overline{0, N}} [X_i^j]_1^{n_j}; \quad [Y_i^j]_N = \bigcup_{j \in \overline{0, N}} [Y_i^j]_1^{r_j}.$$

Відповідно до другого способу зовнішнє середовище подається множиною елементів, що називаються джерелами сигналів, і множиною елементів, що називаються споживачами (приймачами) сигналів. Кожне джерело сигналів $\{\hat{e}_{0k} \mid k \in \overline{1, k^*}\}$ характеризується набором вихідних контактів $[Y_i^{Ok}]_1^k$ ($k \in \overline{1, k^*}$), а кожен споживач сигналів $\{\hat{e}_{oj} \mid j \in \overline{1, j^*}\}$ характеризується набором вхідних контактів $[X_i^{oj}]_1^{n_j}$ ($j \in \overline{1, j^*}$).

Якщо зовнішнє середовище подається множинами джерел і споживачів, то в цьому випадку множини вхідних і вихідних контактів усіх елементів системи і зовнішнього середовища визначаються як

$$[X_i^j]_N = \left\{ \bigcup_{j \in \overline{1, N}} [X_i^j]_1^{n_j} \right\} \cup \left\{ \bigcup_{j \in \overline{1, j^*}} [X_i^{oj}]_1^{n_j} \right\};$$

$$[Y_i^j]_N = \left\{ \bigcup_{j \in \overline{1, N}} [Y_i^j]_1^{r_j} \right\} \cup \left\{ \bigcup_{k \in \overline{1, k^*}} [Y_i^{ok}]_1^{r_k} \right\}.$$

На основі множин $[X_i^j]_N$ та $[Y_i^j]_N$ вводиться оператор R , що реалізує відображення $R: [X_i^j]_N \rightarrow [Y_i^j]_N$, ($Y_i^k = R(X_i^j)$). Оператор R кожному вхідному контакту X_i^j ставить у відповідність вихідний контакт Y_i^k . Фізично це означає, що контакти X_i^j, Y_i^k зв'язуються елементарним каналом.

Найбільш часто використовується завдання оператора сполучення R у формі таблиці, рядки якої відповідають номерам вхідних контактів (i), а стовпці відповідають номерам елементів системи і зовнішнього середовища з вхідними контактами (j). На перетині рядка з індексом i та стовпця з індексом j , що відповідає вхідному контакту X_i^j , записується пара індексів (k, l) , де k вказує на номер елемента системи або зовнішнього середовища, а l – на номер вихідного контакту Y_l^k , з яким контакт X_i^j зв'язується елементарним каналом.

Таким чином, моделювання взаємозв'язків між операціями технологічних процесів передпосівного обробку ґрунту та сівби пропонується провести на основі наведеної моделі сполучення. Як елементи моделі будемо розглядати окремі технологічні операції, які можна моделювати як «чорний ящик». Вхідні контакти відображають фактори, які за даними емпіричних досліджень суттєво впливають на результативні показники. Залежність між факторами та результативними показниками (вихідні контакти) визначається відповідно до обраного РО та технології.

Враховуючі результати проведених досліджень [2-5], у якості основних факторів впливу на ефективність стартового розвитку рослин ЦБ можна виділити: щільність та вологість ґрунту, рівномірність глибини розпушеного поверхневого шару ґрунту при проведенні передпосівного обробітку і задана фракційність грудочок, точність висіву і заробки насіння у ґрунті як по глибині, так і по довжині рядка. Це фактори, які визначають «входи» моделі сполучення та відображають інформацію, яка поступає із зовнішнього середовища, бо обумовлюється АТВ та природними умовами.

З іншого боку, ефективність досліджуваної технології залежить від параметрів РО використовуваних машин, що визначається такими параметрами як: глибина обробітку, ширина захвату знаряддя, швидкість руху культиватора – для передпосівного обробку, та швидкість руху сівалки і глибина заробки та норма висіву насіння – для сівби. Найбільш значимими критеріями оцінювання технологічного процесу можна визначити: рівень польової схожості та рівномірність розміщення рослин вздовж рядка.

Отже, для дослідження взаємодії окремих технологічних операцій передпосівного обробітку та сівби необхідно визначити усі технологічні етапи та формалізувати зв'язки між ними, тобто провести декомпозицію технологічного процесу, що є предметом подальших досліджень. У якості елементів моделі сполучення пропонується використовувати вже отримані автором моделі залежності між параметрами та показниками технологічних процесів передпосівного обробітку ґрунту та сівби.

Висновки. Дослідження технологічних процесів вирощування ЦБ, зокрема передпосівного обробітку ґрунту та сівби, показало необхідність у комплексному моделюванні технологій з метою визначення та обґрунтування ресурсозберігаючої та екологічної технології вирощування ЦБ з використанням новітніх досягнень у розвитку сільськогосподарської техніки. У якості математичної схеми для моделювання взаємовпливу окремих операцій технології вирощування та збирання ЦБ пропонується математична модель сполучення, яка дозволяє на основі декомпозиції складного стохастичного гетерогенного технологічного процесу зосередитися на зв'язках між окремими технологічними операціями (елементами), які моделюються за кібернетичним принципом (чорний ящик). Результати експериментальних випробувань, оброблені на основі багатофакторної моделі, дозволяють побудувати залежності «чорних ящиків». Комплексна оцінка технологічного процесу можлива за умов проведення стохастичного моделювання, що є предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження / [За ред. В. Ф. Зубенка] - К.: НВП ТОВ Альфа-стевія ЛТД, 2007. – 486 с.
2. Пат. 47743 Україна, В08В 9/00. Робочий орган ґрунтообробного знаряддя (диск) / Юрчук В.П., Волоха М.П., Болдирева Л.В.; Національний авіаційний університет; опубл. 25.02.2010, Бюл. №4.
3. Пат. 55133 Україна, 7А01С1/00. Пристрій для підготовки насіння до сівби / Роїк М.В., Войтюк П.О., Волоха М.П.; Інститут цукрових буряків УААН; опубл. 17.03.2003р., Бюл.№3.
4. Дорошенко Ю.О. Моделювання тракторії польоту насінини при сівбі висівним апаратом пневматичного типу / Ю.О. Дорошенко, М.П. Волоха // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. - Вип.4, т. 55. - С. 81-86.
5. Волоха М.П. Швидкість руху сівалки, норма висіву і точність розміщення насіння / М.П. Волоха, П.О. Войтюк // Цурові буряки. – К.: ЩБ УААН, 1999.- №3,- С.12.
6. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

Mykola Volokha

National aviation university, Kiev

Modeling Technological Processes of Soil and Seeds Preparation for Sowing Sugar Beetroots

The objective of the work is elaboration of mathematic scheme for modeling and research of mutual influence of pre-sowing treatment of soil, sowing and technical means for carrying it out on indicators of germination in the field and accuracy of seedling placement including the efficiency of “start” development of plants. This assures further good growth of plants and high productivity.

On the basis of the analysis of experimental data and analytical dependence we suggested basic principles for modeling technological process for growing sugar beetroots using connectivity model which allows researching the interrelation of separate components of the technology.

The research of technological processes of growing sugar beetroots especially pre-sowing treatment of soil and seeds, showed the necessity in complex modeling of technologies in order to define and ground resource saving and ecological technology of sugar beetroot growing using modern achievements in the development of technical devices. As mathematic scheme for modeling interrelation of separate stages of technology for growing and harvesting sugar beetroots we suggest mathematic model of connectivity which allows concentrating on the relations of separate technological operations (elements) that are modeled according to cybernetic principle (black box). This is done on the basis of decomposition of complex stochastic heterogenic technological process.

The results of experimental testing which were processed on the basis of multifactor model allow forming dependences of "black boxes". Complex assessment of technological process is possible in case of carrying out stochastic modeling which is the subject for further research.

modeling, sugar beet, technological process, conjugacy model

Одержано 27.10.13

УДК 631.354.2

С.М. Герук, доц., канд. техн. наук

ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААНУ

С. В. Пустовіт, асист.

Житомирський національний агроекологічний університет

Визначення циркуляції вороху у молотарці зернозбирального комбайна

Викладено методику визначення закономірності циркуляції колосового вороху в молотарці комбайна, яка проводилась на експериментальній установці. Описано спосіб забарвлення насіння для визначення циркуляційних процесів.

циркуляція, експериментальна установка, травмування

С.Н. Герук

ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААНУ

С.В. Пустовіт

Житомирський національний агроекологічний університет

Определения циркуляции вороха в зерноуборочном комбайне

Изложено методику изучения закономерности циркуляции колосового вороха в молотилке комбайна, которая проводилась на экспериментально-лабораторной установке. Описан способ окраски семян для изучения циркуляционных процессов.

циркуляция, экспериментальная установка, травмирование

Постановка проблеми

Головною задачею агропромислового комплексу України являється збільшення валового збору зерна, а основними шляхами її вирішення є підвищення урожайності і зменшення втрат.

Аналіз стану механізації збирання зернових культур показав, щонайближчим часом домінуючими залишаться комбайнові способи збирання зернових культур. Тому наукові дослідження і конструкторські розробки спрямовані на подальше підвищення