

УДК 631.3: 634.51

## Обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоських горіхів

**Крупич С. О.**, аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

### Анотація

**Мета.** Розробити та застосувати метод обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоських горіхів, що лежить в основі подальшого визначення їх раціональних параметрів для садів із різними предметно-виробничими характеристиками.

**Методи.** Для з'ясування змісту та складових ієрархічної структури наукової технічної діяльності використано системний аналіз. Метод обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоського горіха, розроблений на основі системного аналізу та синтезу технологічного процесу збирання волоського горіха.

**Результати.** Розкрито ієрархічну структуру результатів науково-технічної діяльності з технічного забезпечення виробничо-технологічних систем матеріального виробництва. Означено вимоги виробничих процесів збирання волоських горіхів до варіантів технологічних комплексів технічних засобів. Розроблено метод і наведено результати застосування його для обґрунтування варіантів цих комплексів. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між питомою трудомісткістю збирання та масою їх технічних засобів.

**Висновки.** Розроблення методу обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоських горіхів базується на системному аналізі та синтезі наявних

на ринку відповідних технологій та технічних засобів. Він уможливорює формування варіантів цього забезпечення на основі задоволення предметних, технологічних, ресурсних й організаційних вимог збиральних виробничо-технологічних систем.

Застосування розробленого методу з обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для технологічних процесів збирання волоських горіхів дав змогу встановити, що вони складаються з трьох складних операцій – підготовки поверхні міжрядь (скошування травостою), струшування та підбирання плодів, для кожної з яких існує відповідно шість, чотири та п'ять характерних варіантів технологічних комплексів.

Оцінення питомих значень трудомісткості виконання технологічних процесів збирання, а також маси відповідних технічних засобів для їх виконання стосовно кожного характерного варіанта технологічних комплексів уможливило встановлення кореляційного зв'язку між ними, що є вагомим підставою подальшого обґрунтування раціональних (оптимальних) параметрів технічного забезпечення виробничих процесів збирання волоських горіхів у садах із різними предметно-виробничими характеристиками.

**Ключові слова:** виробничо-технологічні системи, збирання, волоські горіхи, метод, технологічні комплекси, технічні засоби.

UDC 631.153:634.51

## Substantiation of variants of technological complexes of technical means for the harvesting of walnuts

**Krupych S. O.**, postgraduate, National scientific centre «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»

### Annotation

**Purpose.** To develop and apply a method of substantiation of variants of technological complexes of technical equipment for the harvesting of walnuts, which is the basis for further determination of their rational parameters for gardens with different subject-production characteristics.

**Methods.** System analysis is used to find out the content and components of the hierarchical structure of scientific and technical activities. The method of substantiation of variants of technological complexes of technical means for the harvesting of walnut is developed on the basis of system analysis and

synthesis of the technological process of walnut harvesting.

**Results.** The hierarchical structure of the results of scientific and technical activity on the technical support of production-technological systems of material production is revealed. The requirements of production processes of walnut harvesting for the technological complexes of technical means are specified. The method is developed and the results of its application for substantiation of variants of these complexes are resulted. A strong correlation between the specific complexity of the assembly and the mass of their technical means has been established.

#### **Conclusions**

1. The development of the method of substantiation of variants of technological complexes of technical equipment for the harvesting of walnuts based on system analysis and synthesis of available on the market of relevant technologies and technical means. It enables the formation of variants of this provision on the basis of satisfaction of the substantive, technological, resource and organizational requirements of harvesting production and technological systems.

2. The application of the developed method to substantiate the variants of technological complexes of technical equipment for the technological processes of walnut harvesting made it possible to establish that they consist of three complex operations - the preparation of the intermediate row (mowing of grass), shaking and harvesting of fruits, for each of which there are respectively six, four and five characteristic variants of technological complexes.

3. Estimation of the specific values of the complexity of the implementation of manufacturing processes, as well as the mass of corresponding technical means for their implementation in relation to each characteristic variant of technological complexes, made it possible to establish correlation communication between them, which is a valid basis for further substantiation of the rational (optimal) parameters of the technical support of the production processes of the harvesting of walnuts in gardens with different subject-production characteristics.

**Keywords:** production-technological systems, harvesting, walnuts, method, technological complexes, technical means.

УДК 631.153: 634.51

### **Обоснование вариантов технологических комплексов технических средств для сбора грецких орехов**

**Крупич С. О.,** аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

#### **Аннотация**

**Цель.** Разработать и применить метод обоснования вариантов технологических комплексов технических средств для сбора грецких орехов, лежащий в основе дальнейшего определения их рациональных параметров для садов с различными предметно-производственными характеристиками.

**Методы.** Для выяснения содержания и составляющих иерархической структуры научной технической деятельности использован системный анализ. Метод обоснования вариантов технологических комплексов технических средств для сбора грецкого ореха разработан на основе системного анализа и синтеза технологического процесса сбора грецкого ореха.

**Результаты.** Раскрыта иерархическая структура результатов научно-технической деятельности по техническому обеспечению производственно-технологических систем материального производства. Отмечены требования производственных процессов сбора грецких орехов к

вариантам технологических комплексов технических средств. Разработан метод и приведены результаты применения его для обоснования вариантов этих комплексов. Установлена сильная корреляционная связь между удельной трудоемкостью сбора и массой их технических средств.

#### **Выводы**

1. Разработка метода обоснования вариантов технологических комплексов технических средств для сбора грецких орехов базируется на системном анализе и синтезе имеющихся на рынке соответствующих технологий и технических средств. Он делает возможным формирование вариантов этого обеспечения на основе удовлетворения предметных, технологических, ресурсных и организационных требований уборочных производственно-технологических систем.

2. Применение разработанного метода по обоснованию вариантов технологических комплексов технических средств для технологических процессов сбора грецких орехов позволило установить, что они состоят из трех сложных

операцій – підготовки поверхності междурядий (скасування травостоя), встряхивання и підбора плодів, для кожної из которых существует соответственно шесть, четыре и пять характерных вариантов технологических комплексов.

3. Оцінювання удельних значень трудоемкости виконання технологических процесів збору, а также массы соответствующих технических средств для их виконання по каждому характерному варианту технологических комплексов позволило установление корреляционной связи между ними, что является веским основанием дальнейшего обоснования рациональных (оптимальных) параметров технического обеспечения производственных процессов збору грецких орехов в садах с различными предметно-производственными характеристиками.

**Ключевые слова:** производственно-технологические системы, збор, грецкие орехи, метод, технологические комплексы, технические средства.

**Постановка проблеми.** Економічний стан України значною мірою зумовлюється розвитком аграрного виробництва, зокрема горіхівництва, яке характеризується позитивною динамікою [1]. Однак, показники його ефективності, в порівнянні з розвиненими країнами світу, є ще недостатньо високими, що знижує конкурентоспроможність вирощеної продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Підвищення цих показників є одним із пріоритетних завдань аграрної галузі. Залежність їх від багатьох чинників зумовлює методичну складність вирішення відповідної проблеми. Одним із важливих напрямів її вирішення є підвищення рівня обґрунтованості техніко-технологічного забезпечення сільгоспвиробників, яке зумовлює якість, своєчасність і енерговитрати на виконання відповідних технологічних процесів (ТП). У той же час методичні передумови даного обґрунтування, з огляду на мінливий вплив виробничих умов на виконання цих процесів, характеризуються певною складністю. Її подолання потребує розроблення нових методологічних підходів, які б базувалися на системному аналізі та моделюванні виробничо-технологічних систем (ВТС). Водночас необхідно враховувати особливості поведінки (зміни) стану цих систем, зумовлених мінливістю як стану предметів праці (грунту окремих полів, плодів і садових дерев), так і агрометеорологічних умов аграрного виробництва.

У світлі викладеного актуальним є розроблення та застосування на практиці методу обґрунтування варіантів технологічних комплексів (ТЛК) технічних засобів як одного з основних етапів встановлення раціональних (оптимальних) параметрів техніко-технологічного забезпечення ВТС збирання волоських горіхів, а також виготовлення конкурентоспроможної техніки.

**Аналіз літературних досліджень і публікацій.** Науково-методичні засади обґрунтування раціональних (оптимальних) параметрів технічного забезпечення сільгоспвиробників були та залишаються предметом дослідження багатьох вітчизняних [2, 3, 4] й іноземних вчених [5, 6, 7]. Ними обґрунтовані методики визначення потреби цих виробників у тракторах і комбайнах на основі методу лінійного програмування [2, 3, 4], а також їх потреби в збиральних комбайнах і автомобілях для відвезення зібраного врожаю на основі статистичного імітаційного моделювання зернозбирально-транспортних процесів [8, 9, 10, 11, 12]. Методи такого моделювання розроблені та використані для обґрунтування параметрів технічного забезпечення технологічних процесів із підготовки ґрунту та сівби сільськогосподарських культур [13, 14, 15].

Аналіз методологічних особливостей розроблення (адаптування) та застосування методу лінійного програмування для обґрунтування потреби сільськогосподарських товаровиробників у тракторах дає підстави стверджувати, що ними не враховується стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг ТП у рільництві. Це викликає сумнів щодо адекватності розроблених моделей.

До недоліків методу, що базується на статистичному імітаційному моделюванні, яке гарантує адекватність цих моделей, слід віднести те, що прийняття рішення щодо параметрів технічного забезпечення цих процесів за середнім значенням критерія (яким здебільшого є питомі сукупні витрати коштів на виконання ТП) є недостатньо обґрунтованим.

Результати аналізу останніх публікацій із розроблення та застосування двох основних методів обґрунтування параметрів технічного забезпечення аграрних ВТС свідчать не лише про їх недоліки та позитивні сторони, але й

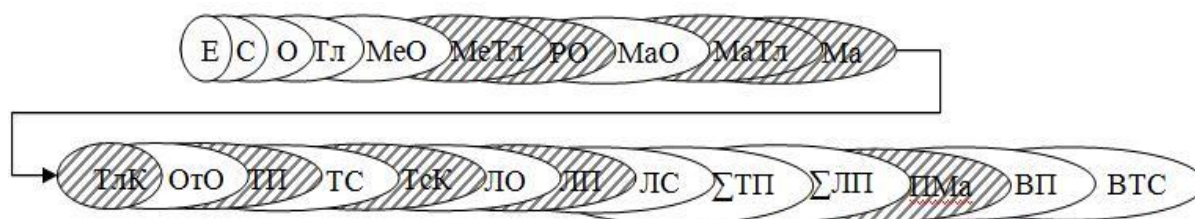
про те, що їх застосування можливе лише за умови наявності інформації про склад ТлК технічних засобів – номенклатуру різнотипних знарядь і (або) машин, що забезпечують виконання усіх технологічних операцій відповідних ТП. На жаль, інформація про ТлК технічних засобів садівничих ТП, зокрема збирання волоських горіхів, відсутня.

Для розроблення методу обґрунтування ТлК технічних засобів проаналізуємо літературні дані, які лежать в основі їх створення [16, 17]. Насамперед зазначимо, що цей процес стосується науково-технічної діяльності, яка є творчою та була предметом наукового аналізу [16]. До того ж наукова та науково-технічна діяльність зі створення машин для аграрного виробництва систематизована та означена як дослідження машин [17]. Розроблена структурна схема відповідних досліджень є важливою однак недостатньою для розроблення методу обґрунтування варіантів ТлК. Відсутність такого методу, як уже зазначалося, є науково-прикладною проблемою, яка вирішується в даній статті.

**Мета досліджень.** Розробити та застосувати метод обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоських горіхів, що лежить в основі подальшого визначення їх раціональних параметрів для садів із різними предметно-виробничими характеристиками.

**Методи досліджень.** Для з'ясування змісту та ієрархічної структури складових наукової технічної діяльності використано системний аналіз. Метод обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоського горіха розроблений на основі системного аналізу та синтезу технологічного процесу збирання волоського горіха.

**Результати досліджень.** Науково-методичні засади обґрунтування варіантів ТлК технічних засобів базуються на системному аналізі відповідної науково-технічної діяльності, а також наукових положеннях становлення (розвитку) та функціонування ВТС. Системний аналіз науково-технічної діяльності щодо становлення та функціонування ВТС полягає у визначенні їх основних складових і з'ясуванні причинно-наслідкових зв'язків між ними, які мають ієрархічну структуру. З метою з'ясування основних складових цієї діяльності найперше виділимо характерні її результати: 1) механізовані технології (МеТл); 2) робочі органи (РО); 3) машини (Ма); 4) машинні технології (МаТл); 5) технологічні комплекси (ТлК); 6) технологічні процеси (ТП); 7) транспортно-складські комплекси (ТсК); 8) логістичні процеси (ЛП); 9) парк машин (ПМа). Кожен наступний результат базується на попередніх, формуючи у такий спосіб відповідну ієрархічну структуру (рис. 1).



**Рис. 1.** Ієрархічна структура складових науково-технічної діяльності та характерних результатів:  
 Е – ефекти; С – способи; О – операції; Тл – технології; МеО – механізовані операції; МеТл – механізовані технології;  
 РО – робочі органи; МаО – машинні операції; МаТл – машинні технології; Ма – машини; ТлК – технологічні комплекси; ОтО – організаційно технологічні операції; ТП – технологічний процес; ТС – технологічна система;  
 ТсК – транспортно-складські комплекси; ЛО – логістичні операції;  
 ЛП – логістичний процес; ЛС – логістична система; ΣТП – сума (сукупність) технологічних процесів; ΣЛП – сума (сукупність) логістичних процесів; ПМа – парк машин; ВП – виробничий процес;  
 ВТС – виробничо-технологічна система.

**Fig.1.** Hierarchical structure of the components of scientific and technical activity and characteristic results:

Е – effects; С – ways; Тл – technology; МеО – mechanized operations; МеТл – mechanized technology;  
 РО – working bodies; МаО – machine operations; МаТл – machine technology; Ма – machinery;  
 ТлК – technological complexes; ОтО – organizational and technological operations; ТП – technological process;  
 ТС – technological system; ТсК – transport and warehouse complexes; ЛО – logistics operations; ЛП – logistics process;  
 ЛС – logistics system; ΣТП – amount (set) of technological processes; ΣЛП – amount (collection) of logistic processes;  
 ПМа – park of machinery; ВП – production process; ВТС – production-technological system.

Кожен із цих результатів отримується на основі технологічних й організаційних знань щодо якісного перетворення (зміни якісного стану) предмета (предметів) праці, до яких у горіхівничій галузі належать: 1) дерева; 2) плоди; 3) поверхня міжрядь; 4) пристовбурові поверхні тощо. Зупинимося на основних поняттях (термінах), що становлять основу цих знань.

Розпочнемо з означення поняття ВТС. Під цим терміном будемо розуміти сукупність засобів і предметів виробництва та виконавців (робочої сили), спільне функціонування яких уможливує виготовлення продукції або надання послуг. Кожна ВТС складається з однієї або декількох технологічних (ТС) і логістичних (ЛС) систем. Під терміном ТС будемо розуміти сукупність функціонально взаємопов'язаних засобів технічного забезпечення (технологічного оснащення), предметів праці (виробництва) та виконавців для реалізації в регламентованих умовах виробництва заданих ТП або операцій (О) [2]. Отже, коли ВТС виробляє (виготовляє) продукцію або надає послуги, то ТС виконує лише певний ТП або операцію, які забезпечують виготовлення продукції або надання послуг. У ТС кожна одиниця технічного забезпечення (машина, знаряддя) функціонально взаємозв'язана з іншими технічними засобами. У ВТС кожен вид продукції виробляється за допомогою певного технічного забезпечення, яке здебільшого не має взаємозв'язку з технічним забезпеченням виробництва продукції іншого виду.

Для виробництва продукції або надання послуг ВТС слід забезпечувати матеріальними (речовими), енергетичними та іншими ресурсами. З цією метою створюються ЛС, які ще називаються інфраструктурними. Вони є складовими ВТС.

Аналізуючи три означені системи – ВТС, ТС і ЛС, приходимо до висновку, що кожна з них покликана виконувати відповідні процеси. Виробляючи продукцію або надаючи послуги, у ВТС виконуються виробничі процеси (ВП); у ТС, як уже зазначалося, виконуються ТП, а в ЛС – ЛП (транспортно-складські). Виробничі процеси – це систематичне й цілеспрямоване змінювання в часі та просторі кількісних і якісних

характеристик технічних засобів, предметів праці та робочої сили для отримання готової продукції з вихідної сировини із заданою програмою [2]. Технологічним процесом називають частину ВП, унаслідок якого відбувається цілеспрямована дія на предмет праці та зміну й визначення його якісного стану. Логістичним (транспортно-складським) процесом називається процес навантаження-розвантаження, просторового переміщення, складування та зберігання як предметів праці (матеріалів, сировини, напівфабрикатів), так і готових продуктів (продукції).

В основі ТП лежать технології (Тл) – наука (знання) про якісне перетворення предмета праці (матеріалу) із початкового стану в кінцевий продукт, способи дії на цей матеріал (сировину) чи напівфабрикат (предмет праці). Під час виконання ТП відбуваються незначні просторові переміщення або предмета (предметів) праці, або технічних засобів, або ж одночасно їх обох. Ці переміщення, а також встановлення (контроль) стану предмета (предметів) праці належать до відповідних ТП. Означені основні терміни (поняття) матеріального виробництва є важливими, однак недостатніми складовими науково-технічної діяльності, зокрема в галузі горіхівництва. Деталізуємо складові цієї діяльності.

В основі Тл зазвичай лежать ефекти (Е), способи (С) та операції (О) якісного перетворення предмета (предметів) праці. Розроблення (створення) Тл здебільшого передують проектуванню (розробленню) технічних засобів для їх здійснення. У першу чергу, це стосується робочих органів (РО) цих засобів, які забезпечують виконання О на основі відповідних фізико-технічних Е [16]. Насамперед виділяють МеО для кожної або декількох О, що регламентуються Тл, встановлюють тип РО, який уможливує її (їх) виконання. На основі інформації про зміст, номенклатуру та послідовність виконання МеО за допомогою РО з обґрунтованими конструкційно-технологічними параметрами формується система знань про МеТл матеріального виробництва, зокрема збирання волоських горіхів. Отже, відбувається трансформування знань про Тл у знання про МеТл.

Знання про МеТл збирання волоських горіхів формують інформаційну базу для створення відповідних технічних засобів (ручних знарядь та машин (Ма)). У цьому разі відбувається перетворення знань про МеТл у знання про МаТл, основою яких є результати синтезу РО у Ма та обґрунтування МаО. Під терміном МаО розуміємо число (номенклатуру) та послідовність виконання МеО за допомогою відповідних РО, синтезованих у Ма (знаряддя) для збирання волоських горіхів. З огляду на те, що технічні засоби можуть включати як однотипні, так і різнотипні РО, відповідні Ма (знаряддя) можуть бути різної конфігурації. Відмінності конфігурації Ма та знарядь для збирання волоських горіхів зумовлює багатоваріантність виконання МаО, а також формування МаТл. У цьому разі під терміном МаТл розуміємо систему знань про якісне перетворення садів із плодами волоських горіхів у їх урожай і в сади із зібраним урожаєм за допомогою відповідних Ма або ручних, або частково механізованих знарядь. Саме знання про МаТл є підґрунтям для формування варіантів ТлК технічних засобів для збирання волоських горіхів. Під терміном ТлК, як уже згадувалося, будемо розуміти множину (номенклатуру) технічних засобів, які дають змогу реалізувати певну Тл збирання врожаю волоських горіхів. Відмінності МеТл є підставою для формування багатоваріантних ТлК. Зазначимо, що обґрунтування варіантів ТлК технічних засобів для збирання волоських горіхів не ставить за мету обґрунтування параметрів цього забезпечення (ПМа) для заданих характеристик горіхових садів (їх площі, густоти насадження, розмірних показників дерев тощо). Даний етап науково-технічної діяльності переслідує мету лише створення інформаційної бази (бази даних) для обґрунтування цих параметрів.

Розробляючи та створюючи РО та Ма, а також обґрунтовуючи варіанти ТлК, враховують виробничо-технологічні вимоги ВП до їх функціонування та конструкційних параметрів, що є основою конкурентоспроможності тих чи інших МаТл, окремих Ма (знарядь) та ТлК, а через те ефективності

виробництва волоських горіхів. Тому, важливим науково-методичним питанням є не лише встановлення прямого зв'язку між РО, Ма, ТлК та ВП, але й зворотного – між ВП ( $\sum TP$  і  $\sum LP$ ), ТлК, Ма та РО.

Зазвичай змодельовати та спрогнозувати показники (Y) ВП( $\sum TP$  і  $\sum LP$ ) збирання волоських горіхів можна лише за умови відомих параметрів ( $Z_m$ ) їх технічного забезпечення. Водночас параметри  $Z_m$  визначаються параметрами ( $Z_k$ ) ТлК, які зі свого боку зумовлюються числом типів (номенклатурою) (r) та конструкційно-технологічними параметрами ( $Z_r$ ) однотипних машин (знарядь):

$$Y = f'(X, Z_m); \quad (1)$$

$$Z_m = f''(Z_k), Z_k \in \{Z_k\}; \quad (2)$$

$$\{Z_k\} = (r; \{Z_r\}), \quad (3)$$

де X – виробничо-технологічні характеристики горіхового саду;

$\{Z_k\}$  – множина варіантів ТлК;

$\{Z_r\}$  – множина (параметричний ряд) машин r-го типу.

Відображення зв'язків (1), (2), (3) між варіантами  $\{Z_k\}$  ТлК і показниками Y ВП збирання волоських горіхів є концептуальним. Для встановлення їх кількісних значень виконують відповідні дослідження (моделювання) даного ВП. З огляду на те, що дані зв'язки передбачають потребу обґрунтування варіантів ТлК, розкриття особливостей ВП збирання волоських горіхів є однією з науково-методичних засад такого обґрунтування. Саме особливості цих процесів є підґрунтям основних вимог до формування варіантів ТлК, які поділяються на: 1) предметні; 2) технологічні; 3) ресурсні; 4) організаційні (табл. 1).

Задоволення зазначених вимог є основою забезпечення ефективності виконання ВП збирання, а отже конкурентоспроможності горіхівництва. Для цього виконується структурний аналіз Тл збирання. Він полягає в тому, що визначаються складні та елементарні (неподільні) їх технологічні О, а також для кожної з них вибираються наявні на ринку технічні засоби (інвентар, знаряддя, машини).

**Таблиця 1.** Основні вимоги виробничих процесів збирання волоських горіхів до формування варіантів технологічних комплексів їх технічного забезпечення  
**Table 1.** Basic requirements of production processes of walnut harvesting to the formation of variants of technological complexes their technical support

Назва вимоги	Основна підстава	Сутність вимоги
Предметна	Бути пристосованим до розмірних характеристик дерев	До складу ТлК мають входити машини та (або) знаряддя, що мінімально пошкоджують дерева та забезпечують виконання ВП збирання, адаптованого до розмірних характеристик дерев
Технологічна	Забезпечити виконання всіх операцій	До складу ТлК мають входити машини та (або) знаряддя, що забезпечують виконання всіх О, передбачених Тл
Ресурсна	Забезпечити пріоритети в ресурсах певного виду	Варіанти ТлК мають бути сформованими за пріоритетністю витрат ресурсів: 1) машинно-енергетичних; 2) людських; 3) комбінованих
Організаційна	Уможливити збирання з різним темпом	Кожен варіант ТлК має забезпечити різний темп збирання: 1) низький; 2) середній; 3) високий

Унаслідок такого аналізу для виконання кожної складної О визначають її елементарні складові, які поділяються на: просторове переміщення (Пп) людино-технічних систем, підведення та захват (Пз) робочими органами знарядь (машин) предметів праці, певна механічна дія на них (Дп). А тому формально будь-яку складну О можемо подати як

$$O = (\{Пп\}, \{Пз\}\{Дп\}). \quad (4)$$

Не вдаючись до поглибленого аналізу структури О, зазначимо, що кожна елементарна складова може бути виконана або завдяки мускульній силі людини, або завдяки механічній енергії, або на основі їх поєднання.

Метод обґрунтування варіантів ТлК технічних засобів для збирання волоських горіхів розробляється на основі інформації про наявні на світовому ринку Тл збирання та технічні засоби (машини, знаряддя, інвентар) для їх реалізації. Це дає змогу вирішувати дві основні технічні проблеми: обґрунтовувати та комплектувати парк цієї техніки для сільськогосподарських виробників із різними характеристиками саду; створювати та виготовляти новітню техніку для збирання волоських горіхів (рис. 2).

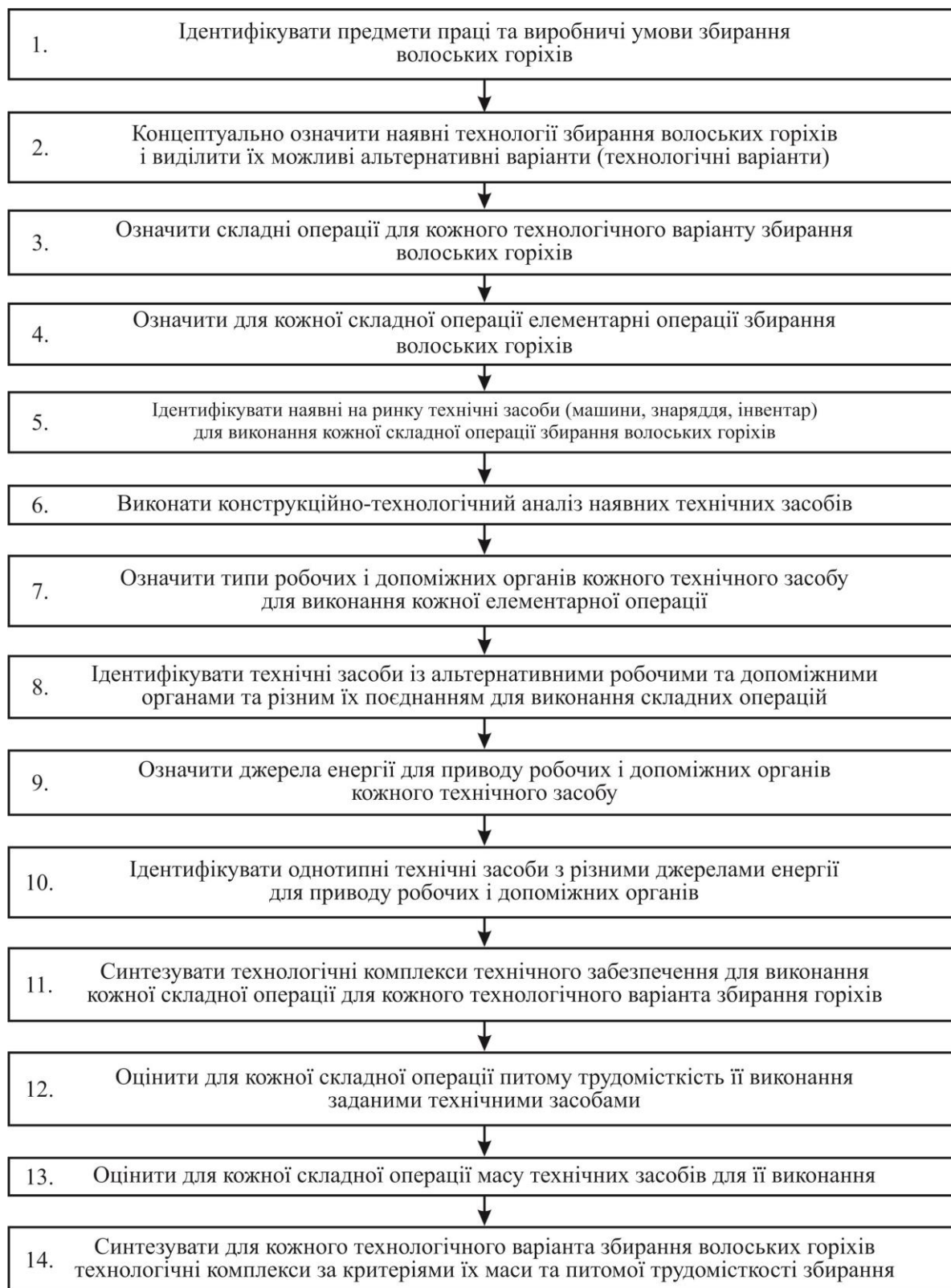
Даний метод передбачає виконання в логічній послідовності певних процедур (дій) стосовно системного аналізу та синтезу наявних на ринку відповідних Тл і технічних

засобів. Концептуально розкриємо основні підстави для виконання кожної складової даного алгоритму.

Означення для кожного технологічного варіанта (альтернативних Тл) складних О збирання волоських горіхів дає змогу не лише розділити відповідні ТП на ці О, але й ідентифікувати складові (елементарні) технологічних О. Унаслідок появляється можливість дослідження альтернативних варіантів складних О, які є підставою для адаптації їх до характеристик садів і підвищення на цій основі ефективності (зменшення технологічних витрат) ВП збирання волоських горіхів.

Ідентифікація предмета (предметів) праці та виробничих умов збирання волоських горіхів дає змогу розкрити технологічну доцільність виконання складних О, передбачених наявними Тл і з'ясувати підстави можливих їх альтернативних відмінностей (варіантів). Концептуальне означення наявних Тл і виділення альтернативних їх варіантів лежать в основі обґрунтування варіантів ТлК технічних засобів для процесів збирання.

Означення джерел енергії для приводу як РО, так і допоміжних органів є підставою для класифікації технологій збирання волоських горіхів: 1) ручні; 2) ручні з частковим приводом (частково механізовані); 3) машинні на базі машинних агрегатів (енергозасіб + машина); 4) машинні самохідні.



**Рис. 2.** Схема алгоритму обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічного забезпечення збирання волоських горіхів

**Fig.2.** Scheme of algorithm of justification of variants of technological complexes of technical support of walnut harvesting



Оцінення для кожної складної О питомої трудомісткості її виконання за допомогою відповідних (заданих) технічних засобів, а також їх маси дає змогу задовільнити організаційну вимогу щодо формування ТлК. За великої питомої трудомісткості виконання О темп збирання одиничним ТлК є малим. І навпаки, коли ця трудомісткість є малою, темп збирання є високим.

Отже, розроблений метод обґрунтування варіантів ТлК технічних засобів для збирання волоських горіхів включає чотирнадцять основних етапів системно-структурного аналізу наявних на ринку Тл і конструкційно-технологічного аналізу наявних на ринку технічних засобів, а також їх синтез у ТлК за критеріями питомої трудомісткості виконання О та маси їх технічних засобів.

Технологічні процеси збирання волоських горіхів можуть виконуватися за декількома варіантами, що визначаються характеристиками горіхових садів сільськогосподарських виробників, які зумовлюють відмінності як технологічних, так і економічних вимог до цих процесів. До складних технологічних О збирання волоських горіхів належать: підготовка поверхні міжрядь (скошування травостою); струшування плодів; їх підбирання. Для підготовки поверхні міжрядь виконують скошування рослинних решток за допомогою кіс і косарок. Струшування виконують за допомогою струшувачів, а підбирання плодів – за допомогою підбирачів.

Аналізуючи вплив предметів праці на Тл збирання волоських горіхів, приходимо до висновку, що зміна розмірних характеристик дерев є причиною доцільності зміни Тл струшування плодів. За невеликих розмірів дерев плоди струшуються за допомогою вібрації їх штаблів [18]. За великих розмірів дерев плоди струшуються завдяки вібрації (коливань) окремих (скелетних) гілок.

Отже, аналіз відмін Тл струшування плодів волоських горіхів дає змогу виділити їх два альтернативні варіанти: струшування за штабл дерев; струшування з окремих гілок.

Згідно з алгоритмом (рис. 2) обґрунтування ТлК технічного забезпечення збирання волоських горіхів після означення складних О (п. 3) слід встановити їх елементарні О. Припускаємо, що струшені горіхи як від вібрації штамба, так і від вібрації окремих гілок попадають на поверхню міжрядь у зону дерев, з яких їх знімають.

Аналізуючи виконання такої складної О, як скошування рослинних решток (травостою), приймаємо умову, що вони на поверхні міжрядь є в такому обсязі, який не потребує їх подрібнення та видалення з поверхні. А тому за незначного обсягу травостою до елементарних О належать: 1) орієнтування (переміщення) косарки (машинного агрегату) стосовно загілки; 2) скошування; 3) переміщення косарки (коси) по поверхні міжрядь; 4) розворот косарки (машинного агрегату) в кінці гону.

Для виконання О скошування травостою сьогодні на ринку є достатньо широка номенклатура відповідних знарядь і машин, починаючи від ручної коси, аж до причіпної машини – косарки-подрібнювача. Не вдаючись до опису результатів детального аналізу їх конструкційно-технологічної будови та типів РО, що забезпечують виконання О скошування (етапи 6 та 7), отримані результати заносимо до таблиці 2. За її даними бачимо, що характерних технологічних варіантів виконання даної складної О є три. Кожен з них може виконуватися різним числом технічних засобів (від одного до трьох), які збільшують число варіантів їх технічного забезпечення до шести.

Аналогічно аналізували наявні на ринку технології та технічні засоби для виконання складних О струшування та підбирання плодів. Унаслідок встановлено, що для цих складних О відповідно існує три та два технологічних варіантів їх виконання. Для кожного з них на ринку існує один або декілька характерних однотипних технічних засобів (машин, знарядь), які збільшують число можливих варіантів технічного забезпечення відповідно до чотирьох та п'яти.

**Таблиця 2.** Результати ідентифікації наявних на ринку технологій та характерних технічних засобів для виконання складних операцій збирання горіхів

**Table 2.** Results of identification of available on the market of technology and typical technical equipment for performing complex operations of harvesting walnuts

Назва технологій	Назва технічного засобу	Марка	Країна-виробник	Питома трудомісткість, люд.-хв/од.	Маса, кг
Операція скошування травостою на поверхні міжрядь					
Ручна (Р)	Коса ручна	2-Rider	Австрія	20	2
Частково механізована (ЧМ)	Коса моторна	Forte	Україна	6	8
	Косарка роторна на мотоблок	KP-01	Китай	1,33	27,5
	Коса моторна	FC120	Італія	2	80
Машинна (М)	Косарка-подрібнювач	Warka MCMS	Польща	0,375	460
	Косарка роторна	KPH-1,65	Україна	0,363	350
Операція струшування плодів волоських горіхів					
Ручна (Р)	Струшувач ручний телескопічний	Телескопічна штанга	Німеччина	25	3
Частково механізована (ЧМ)	Струшувач ручний вібраційний	SC800	Італія	6	15
Машинна (М)	Струшувач навісний	MultiOne	Італія	0,5	330
	Струшувач самохідний	COE M7	США	0,5	6700
Операція підбирання плодів волоських горіхів					
Ручна (Р)	Рол-інструмент	Рол-інструмент	Україна	12,1	1,2
	Підбирач прутково-барабанний	12" Classic Flip-Up	Грузія	4,3	10
Машинна (М)	Підбирач прутково-барабанний	36" Pull-Behind	Грузія	1,0	17
	Підбирач навісний	Fasma MEK	Італія	0,44	540
	Підбирач самохідний	Fasma C 380S	Італія	0,24	2700

Обґрунтовані варіанти ТЛК технічних засобів для виконання кожної складної О (скошування травостою, струшування та підбирання плодів волоських горіхів) є основою для встановлення таких ідентифікаційних показників: функціональних – питомої трудомісткості виконання операції (люд.-год/од.) стосовно одного горіхового дерева; параметричних – маси технічного засобу (машини, знаряддя) без врахування маси трактора (мотоблока) (кг).

Для визначення питомої трудомісткості збирання використовували здебільшого аналітичний метод. З цією метою задали характеристики горіхового саду: густина насаджень – 10x10 м; дерева десятирічного

віку з проекцією на поверхню міжрядь діаметра крони – 5 м, середня маса плодів на одному дереві становить 40 кг [19].

На підставі даних таблиці 2, дотримуючись вимог ВП збирання волоських горіхів до формування варіантів ТЛК та їх технічного забезпечення (табл. 1), синтезовано вісім варіантів цих комплексів (для усіх трьох складних О – два ручних (Р), три частково механізованих (ЧМ) і три машинних (М) (табл. 3). Окрім того, для кожного варіанта визначено питому трудомісткість виконання ТП збирання горіхів і масу технічних засобів, що потрібні для цього (з урахуванням маси трактора чи мотоблока).

**Таблиця 3.** Результати оцінки показників роботи синтезованих варіантів технологічних комплексів технічних засобів для виконання технологічних процесів збирання волоських горіхів

**Table 3.** Results of evaluation of performance indicators of synthesized variants of technological complexes of technical means for carrying out technological processes of walnut harvesting

Показник \ Варіант	P(1)	P(2)	ЧМ(1)	ЧМ(2)	ЧМ(3)	M(1)	M(2)	M(3)
Питома трудомісткість люд.-год/од.	57,1	49,3	16,3	12,3	11,63	1,86	1,3	1,1
Маса, кг	6,2	15	33	105	160,5	5265	5730	14150

Кожен варіант технологічних комплексів технічних засобів включає: 1) варіант P(1) – коса (2-Rider) + струшувач ручний телескопічний + рол-інструмент; 2) варіант P(2) – коса (2-Rider) + струшувач ручний телескопічний + підбирач прутково-барабанний (12" Classic Flip-Up); 3) варіант ЧМ(1) – мотокоса (Forte) + струшувач ручний вібраційний (SC 800) + підбирач прутково-барабанний (12" Classic Flip-Up); 4) варіант ЧМ(2) – коса моторна (FC120) + струшувач ручний вібраційний (SC 800) + підбирач прутково-барабанний (12" Classic Flip-Up); 5) варіант ЧМ(3) – косарка роторна на мотоблок (KP-01) + струшувач ручний вібраційний (SC 800) + підбирач прутково-барабанний (12" Classic Flip-Up) + мотоблок (GT1050); 6) варіант M(1) – косарка роторна (KPH-1,65) + струшувач навісний (MultiOne) + підбирач прутково-барабанний (36" Pull-Behind) + мотоблок (GT1050) + трактор (Nexos 230F); 7) варіант M(2) – косарка подрібнювач (Warka MCMS) + струшувач навісний (MultiOne) + підбирач навісний (Fasma MEK) + трактор (Nexos 230F); 8) варіант M(3) – косарка роторна (KPH-1,65) + струшувач самохідний (COE M7) + підбирач самохідний (Fasma C380S) + трактор (Nexos 230F).

За даними таблиці 3 встановлено кореляційну залежність між масою (m) технічних засобів відповідних ТЛК та питомою трудомісткістю (G) виконання ними ТП збирання волоських горіхів:

$$G = 149,2m^{-0,52}; R^2 = 0,9819. \quad (5)$$

Наявність цього зв'язку не лише свідчить про конструкційно-технологічні особливості розвитку технологій та техніки для збирання волоських горіхів, але й

відкриває перспективи подальшого обґрунтування раціональних (оптимальних) параметрів технічного забезпечення відповідних ВТС з різними предметно-виробничими характеристиками.

### Висновки

1. Розроблення методу обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для збирання волоських горіхів базується на системному аналізі та синтезі наявних на ринку відповідних технологій та технічних засобів. Він уможливорює формування варіантів цього забезпечення на основі задоволення предметних, технологічних, ресурсних й організаційних вимог збиральних виробничо-технологічних систем.

2. Застосування розробленого методу з обґрунтування варіантів технологічних комплексів технічних засобів для технологічних процесів збирання волоських горіхів дав змогу встановити, що вони складаються з трьох складних операцій – підготовки поверхні міжрядь (скошування травостою), струшування та підбирання плодів, для кожної з яких існує відповідно шість, чотири та п'ять характерних варіантів технологічних комплексів.

3. Оцінення питомих значень трудомісткості виконання технологічних процесів збирання, а також маси відповідних технічних засобів для їх виконання стосовно кожного характерного варіанта технологічних комплексів уможливило встановлення кореляційного зв'язку між ними, що є вагомою підставою подальшого обґрунтування раціональних (оптимальних) параметрів технічного забезпечення виробничих процесів збирання волоських горіхів у садах із різними предметно-виробничими характеристиками.

## Бібліографія

1. Самаріна І. Горіхівництво – філософія та бізнес. *Інформаційно-аналітична газета «Агро-бізнес Сьогодні»*. Київ, 2012. Вип. 9 (232). С. 25–27.
2. Сидорчук О. В. Інженерія машинних систем: монографія. Київ: ННЦ «ІМЕСГ», 2007. 263 с.
3. Финн Э. А. Обоснование состава машинно-тракторного парка в хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1985. 160 с.
4. Мельник І. І. Інженерний менеджмент: навчальний посібник для аграр. ВНЗ. Вінниця: Нова Книга, 2007. 536 с.
5. Ryan T. J. An empirical investigation of the harvest operation using systems simulation. *Australian journal of agricultural economics*. Wiley, 1973. Vol. 17, Issue 2. P. 114–126.
6. Garbers H. Development in combine harvester design. *Agricultural engineer*. Winter, 1986.
7. McGechan M. B., Glasbey C. A. Combine Speed Strategies in Cereal Harvesting. Part 2: Adjustment for Weather Variability. *Journal of Agricultural Engineering and Research*. Melbourne, 1986. Vol. 33 (1). P. 13–22.
8. Блынський Ю. Н., Лодыгин Ю. Ф. Имитационное моделирование уборочно-транспортных процесов сов. М.: Агропромиздат, 1988. 120 с.
9. Днесь В. І. Прогнозування втрат врощеного врожаю у регіональних програмах збирання ранніх зернових культур. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 750–755.
10. Грибнико А. Н. Обоснование парка зерноуборочных комбайнов хозяйства. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1991. Вип. 4. С. 15–16.
11. Шарибур А. Управління роботами у проектах збирання льону-довгунця на підставі прогнозування агрометеорологічних умов. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2010. Т. 1, №. 3(43). С. 64–66. URL: DOI: 10.15587/1729-4061.2010.2540.
12. Спічак В. С. Класифікація причин виробничо-технологічного ризику у проекті системи заготівлі цукрових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агро-інженерні дослідження*. Львів, 2008. № 12. С. 98–102.
13. Луб П. М. Виробнича програма та параметри комплексу ґрунтообробних машин. *Молодь і сільськогосподарська техніка в XXI столітті: зб. матеріалів Міжнарод. форуму молоді*. Харків: ХНТУСХ, 2005. С. 6.
14. Сидорчук О., Івасюк І., Святковський О. Вплив предметних умов на терміни виконання ґрунтообробно-посівних робіт літньо-осіннього періоду. *MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, 2012. Vol. 14, № 4. С. 16–20.
15. Івасюк І. П. Статистична імітаційна модель ґрунтообробно-посівного процесу. *Технічний процес у сільськогосподарському виробництві: матеріали XX Міжнарод. наук.-техн. конф.* Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2012. С. 170–171.
16. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособ. М.: Машиностроения, 1988. 368 с.
17. Сидорчук О. В., Гадзало Я. М. Системні засади дослідження машин. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013. № 98. Т. 2. С. 344–383.
18. Варломов Г. П. Машины для уборки фруктов. М: Машиностроение, 1978. 216 с.
19. Малиновський Б. Як не получить на вирощиванні грецького ореха? Кейс от ФХ "Ковчег. *Интернет журнал: Пропозиція*. URL: <http://propozitsiya.com/kak-ne-poluchit-na-vyrashchivan-ii-greckogo-oreha-keys-ot-fh-kovcheg>.

## Bibliohrafiia

1. Samarina I. Horikhivnystvto – filosofiiia ta biznes. *Informatsiino-analitychna hazeta «Ahrobiznes Sohodni»*. Kyiv, 2012. Vyp. 9 (232). S. 25–27.
2. Sydorochuk O. V. Inzheneriia mashynnykh system: monohrafiia. Kyiv: NNTs «IMESH», 2007. 263 s.
3. Fynn E. A. Obosnovanye sostava mashynno-traktornoho parka v khoziaistve. M.: Ahropromyzdat, 1985. 160 s.
4. Melnyk I. I. Inzhenernyi menedzhment: navchalnyi posibnyk dlia ahrar. VNZ. Vinnitsya: Nova Knyha, 2007. 536 s.
5. Ryan T. J. An empirical investigation of the harvest operation using systems simulation. *Australian journal of agricultural economics*. Wiley, 1973. Vol. 17, Issue 2. P. 114–126.
6. Garbers H. Development in combine harvester design. *Agricultural engineer*. Winter, 1986.
7. McGechan M. B., Glasbey C. A. Combine Speed Strategies in Cereal Harvesting. Part 2: Adjustment for Weather Variability. *Journal of Agricultural Engineering and Research*. Melbourne, 1986. Vol. 33 (1). P. 13–22.
8. Blynskyi Y. N., Lodyhyn Y. F. Ymytatsyonnoe modelyrovanye uborochno-transportnykh protsesov. M.: Ahropromyzdat, 1988. 120 s.
9. Dnes V. I. Prohnozuvannia vtrat vyroshchenoho vrozhaiu u rehionalnykh prohramakh zbyrannia rannikh zernovykh kultur. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb.* / NNTs «IMESH». Hlevakha, 2012. Vyp. 96. S. 750–755.
10. Hrybnyiuk A. N. Obosnovanye parka zerno-uborochnykh kombainov khoziaistva. *Mekhanizatsiia y elektryfikatsiia selskoho khoziaistva*. 1991. Vyp. 4. S. 15–16.
11. Sharybura A. Upravlinnia robotamy u proektakh zbyrannia lonu-dovhuntsia na pidstavi

prohnozuvannya ahrmeteorolohichnykh umov. *Skhidno-Ievropeyskyi zhurnalпередovykh tekhnolohii*. 2010. T. 1, No. 3 (43). S. 64–66. URL: DOI: 10.15587/1729-4061.2010.2540.

12. Spichak V. S. Klasyfikatsiia prychnyn vyrobnycho-tekhnolohichnoho ryzyku u proekti systemy zahotivli tsukrovykh buriakiv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahrainzhenerni doslidzhennia*. Lviv, 2008. № 12. S. 98–102.

13. Lub P. M. Vyrobnycha prohrama ta parametry kompleksu gruntoobrobnykh mashyn. *Molod i silskohospodarska tekhnika v KhKhI stolitti: zb. materialiv Mizhnar. forumu molodi*. Kharkiv: KhNTUSKh, 2005. S. 6.

14. Sydorhuk O., Ivasiuk I., Sviatkovskiy O. Vplyv predmetnykh umov na termyny vykonannya hruntoobrobno-posivnykh robiv litno-osinnoho periodu. *MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, 2012. Vol. 14, № 4. S. 16–20.

15. Ivasiuk I. P. Statystychna imitatsiina model gruntoobrobno-posivnoho protsesu. *Tekhnichni protses u silskohospodarskomu vyrobnytstvi: materialy XX Mizhnar. nauk.-tekhn. konf.* Hlevakha: NNTs «IMESH», 2012. S. 170–171.

16. Polovynkyn A. Y. Osnovy ynzhenernoho tvorchestva.: ucheb. posob. M.: Mashynostroeniya, 1988. 368 s.

17. Sydorhuk O. V., Hadzalo Y. M. Systemni zasady doslidzhennia mashyn. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*. Hlevakha: NNTs «IMESH», 2013. № 98. T. 2. S. 344–383.

18. Varlomov H. P. Mashyny dlia uborky fruktov. M.: Mashynostroeniye, 1978. 216 s.

19. Malynovskiy B. Kak ne poluchyt na vyrashchivanny hretskoho orekha? Keis ot FKh "Kovcheg. *Ynternet zhurnal: Propozytysia*. URL: <http://propozytysia.com/kak-ne-poluchit-na-vyrashchivan-ii-greckogo-oreha-keys-ot-fh-kovcheg>.

## Bibliography

1. Samarina I. Harvesting – Philosophy and Business. *Information and analytical newspaper «Agrobusiness Today»*. Kiev, 2012. Vol. 9 (232). P 25–27.

2. Sidorhuk O. V. Engineering of machine systems: monograph. Kiev: NSC “IAEE”, 2007. 263 p.

3. Finn E. A. Justification of the composition of the machine-tractor park in the farm. M.: Agropromizdat, 1985. 160 p.

4. Melnyk I. I. Engineering Management: a manual for agrar. High School. Vinnitsa: The New Book, 2007. 536 p.

5. Ryan T. J. An empirical investigation of the harvest operation usingsystems simulation. *Australian journal of agricultural economics*. Wiley, 1973. Vol. 17, Issue 2. P. 114–126.

6. Garbers H. Development in combine harvester design. *Agricultural engineer*. Winter, 1986.

7. McGechan M. B., Glasbey C. A. Combine Speed Strategies in Cereal Harvesting. Part 2: Adjustment for Weather Variability. *Journal of Agricultural Engineering and Research*. Melbourne, 1986. Vol. 33 (1). P. 13–22.

8. Blynsky Y. N., Lodygin Y. F. Simulation modeling of harvesting and transport processes. M.: Agropromizdat, 1988. 120 p.

9. Dnes V. I., Prediction of the losses of cultivated crops in regional early crop harvesting programs. *Mechanization and electrification of agriculture: intercity. thematic sciences save / NSC “IAEE”*. Glevaha, 2012. Vol. 96. P. 750–755.

10. Gribinyuk A. N. The rationale of the fleet of grain harvesters of the farm. *Mechanization and electrification of agriculture*. 1991. Vol. 4. P. 15–16.

11. Sharibura A. Management of work in projects of harvesting flax flax on the basis of prediction of agrometeorological conditions. *East European Magazine of Advanced Technology*. 2010. T. 1, No. 3 (43). P. 64–66. URL: DOI: 10.15587 / 1729-4061.2010.2540.

12. Spichak V. S. Classification of the causes of production and technological risk in the design of the system of sugar beet harvesting. *Nunciante of Lviv National Agrarian University: agroengineering research*. Lviv, 2008. № 12. P. 98–102.

13. Lub P. M. Production program and parameters of a complex of soil-working machines. *Youth and agricultural machinery in the twenty-first century: assoc. materials of the International forum of youth*. Kharkiv: KhNTUSK, 2005. P. 6.

14. Sidorhuk O., Ivasyuk I., Svyatkovskii O. The influence of the subject conditions on the timing of the soil-cultivating works of the summer-autumn period. *MOTROL Commission of motorization and energy in agriculture*. Lublin, 2012. Vol. 14, No. 4. P. 16–20.

15. Ivasyuk I. P. Statistical simulation model of soil tillage process. *Technical process in agricultural production: materials XX International. Sci.-Tech. conf.* Glevakha: NSC “IAEE”, 2012. P. 170–171.

16. Polovinkin A. I. Fundamentals of engineering creativity: textbook. M.: Mashynostroeniya, 1988. 368 p.

17. Sidorhuk O. V., Gadzalo Y. M. System principles of machine research. *Mechanization and electrification of agriculture: interagency thematic scientific collection*. Glevakha: NSC “IAEE”, 2013. № 98. T. 2 P. 344–383.

18. Varlomov G. P. Machines for harvesting fruits. M.: Mechanical Engineering, 1978. 216 p.

19. Malinovsky B. How not to get on growing walnuts? Case from FH "The Ark. *Internet journal: Propository*. URL: <http://propozytysia.com/kak-ne-poluchit-na-vyrashchivan-ii-greckogo-oreha-keys-ot-fh-kovcheg>.