



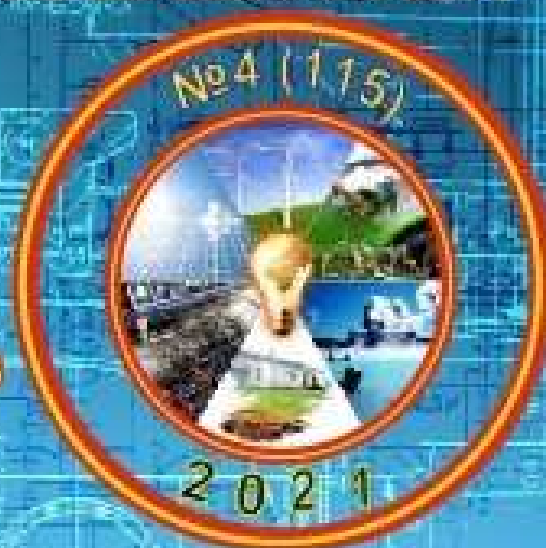
Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2021-4

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 4 (115) / 2021

м. Вінниця - 2021

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2021. 4(115). С. 170.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 6 від 24.12.2021 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (*Digital Object Identifier – DOI*);
- індексується в *CrossRef, Google Scholar*;
- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

Гуцько І.В.

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ КЕРОВАНОГО МОСТА КОЛІСНОГО ТРАКТОРА.....	4
--	----------

Борисюк Д.В., Зелінський В.Й., Твердохліб І.В., Полевода Ю.А.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ СІМЕЙСТВА ЯМЗ-238.....	12
--	-----------

Serhiy Burlaka, Oleksii Tokarchuk

REMOVAL OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THE D-240 ENGINE WHEN USING BIOFUELS BY APPLYING THE DIESEL-RK SOFTWARE COMPLEX.....	24
---	-----------

Svetlana Kravets

DIAGNOSTICS OF DIESEL ENGINE REFRIGERATION ELEMENTS AND WAYS OF INCREASING TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS.....	35
--	-----------

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Бабин І.А.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК	45
--	-----------

Lyudmila Volontyr

INFORMATION REPRODUCTION SYSTEMS IN INFORMATION BUSINESS LOGISTICS..	56
---	-----------

Карнаух С.Г., Алієв І.С., Матвійчук В.А., Таган Л.В.

РОЗРОБКА ШТАМПІВ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ЗАТИСКОМ ДЛЯ РІЗАННЯ ЗАГОТОВОК ПІД ТОЧНЕ ШТАМПУВАННЯ.....	66
---	-----------

Матвійчук В.А., Колісник М.А.

ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБІВ ПРОЦЕСАМИ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ.....	75
--	-----------

Мельник Ю.А., Мельник А.Л.

ВІДНОВЛЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛ МЕТОДОМ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ.....	84
--	-----------

Островський А.Й.

ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД НЕРЕВЕРСИВНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ НАРІЗИ У НАСКРІЗНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРАХ.....	90
---	-----------

Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	97
--	-----------

Полевода Ю.А., Бурлака С.А.

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗДІЛЕННЯ ГЛЦЕРИНОМІСТКОЇ СИРОВИНИ ВІД БІОПАЛИВА..	109
---	------------

Севостьянов І.В., Мельник О.С.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГІДРОПОННИХ УСТАНОВОК.....	119
---	------------

Севостьянов І.В., Іванчук Я.В., Підлипна М.П.

РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПЕРЕРОБКИ ОСНОВНИХ ВИДІВ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ.....	128
--	------------

Olena Trukhanska

USE OF DIGITALIZATION MEANS IN THE FORMATION OF THE MICROCLIMATE OF ANIMAL PREMISES.....	136
---	------------

Цуркан О.В.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ГАРБУЗА.....	141
---	------------

Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Яцук Є.В.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА РОЗГОРТАННЯ СЕКЦІЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЇ МАШИНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	148
---	------------

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Возняк О.М., Штуць А.А., Наавгуст О.П.

АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ	159
--	------------



УДК 661.188:620.952

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-4-14

**РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПЕРЕРОБКИ ОСНОВНИХ ВИДІВ
ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ**

Севостьянов Іван Вячеславович, доктор технічних наук, професор
Вінницький національний аграрний університет
Іванчук Ярослав Володимирович, доктор технічних наук, доцент
Вінницький національний технічний університет
Підлипна Марина Петрівна, аспірантка
Вінницький національний аграрний університет

Ivan Sevostianov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
Vinnytsia National Agrarian University
Yaroslav Ivanchuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Vinnytsia National Technical University
Maryna Pidlypna, Post-graduate Student
Vinnytsia National Agrarian University

Процеси переробки зернової сировини є досить поширеними на харчових та переробних підприємствах України. Це пов'язано зі значними обсягами та великим різноманіттям даної сировини, а також широкою номенклатурою напівфабрикатів та готової продукції, що з неї отримують. Зокрема, на підприємствах країни переробляються такі види хлібних зернових культур як пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, овес, рис, сорго, просо, чумиза, могоар, пайза, гречка (родина гречаних), борошністий амарант (родина амарантових). У великих обсягах також вирощуються горох, квасоля, сочевиця, соя та інші зернобобові культури. Вся ця сировина надходить з різних господарств, у різному стані, в широкому діапазоні сортів та якості, таким чином, навіть для одного і того самого виду зернової сировини такі параметри як форма і розміри зернин, їх маса, вологість, скловидність, твердість, ступінь пошкодження та багато інших можуть суттєво відрізнятися. Залежно від виду продукції, що отримують з зернової сировини (борошно, крупи, солод, висівки, крохмаль, глютен, патока, спиртова дробина, рослинна олія, макуха, шрот) технології її попередньої переробки можуть мати суттєві відмінності. Метою даної роботи є розробка методики вибору раціональної послідовності переробки зернової сировини з врахуванням її вихідних параметрів якості, умов конкретного виробництва та критеріїв ефективності робочих процесів (продуктивності, енергоємності та якості готової продукції). У статті також наводяться варіанти технологічних схем попередньої переробки основних видів сухої зернової сировини. Пропонована послідовність розробки даних технологічних схем може у подальшому послужити основою для створення комп'ютерної програми автоматизованого синтезу та аналізу раціональних варіантів технологічних процесів переробки сухої зернової сировини.

Ключові слова: технологічна схема, суха зернова сировина, класифікація, сортування, сушка, переробка.

Ф. 2. Рис. 1. Літ. 10.

1. Постановка проблеми

Процеси переробки зернової сировини є досить поширеними на харчових та переробних підприємствах України. Це пов'язано зі значними обсягами та великим різноманіттям даної сировини, а також широкою номенклатурою напівфабрикатів та готової продукції, що з неї отримують [1]. Зокрема, на підприємствах країни переробляються такі види хлібних зернових культур як пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, овес, рис, сорго, просо, чумиза, могоар, пайза, гречка (родина гречаних), борошністий амарант (родина амарантових). У великих обсягах також вирощуються горох, квасоля, сочевиця, соя та інші зернобобові культури. Вся ця сировина надходить з різних господарств, у різному стані, в широкому діапазоні сортів та якості, таким чином, навіть для одного і того самого виду зернової сировини такі параметри як форма і розміри зернин, їх маса, вологість, скловидність, твердість, ступінь пошкодження та багато інших можуть суттєво відрізнятися [1, 2]. Залежно від виду продукції, що отримують із зернової сировини (борошно, крупи, солод, висівки, крохмаль, глютен, патока, спиртова



дробина, рослинна олія, макуха, шрот) технології її попередньої переробки можуть мати суттєві відміни.

Дані технології, залежно від продукту або напівфабрикату, який ми маємо отримати, можуть включати такі етапи як: сортування (класифікація) зерна за розмірами, формою, масою, аеродинамічними та гідростатичними властивостями, очищення зерна від сторонніх частинок (металевих деталей, стружки, бруду), зволоження, сушку [3, 4, 5].

Від ефективності процесів попередньої підготовки зерна суттєво залежать загальні витрати часу та енергії на отримання потрібних нам напівфабрикатів та продуктів, а також якість останніх. Таким чином, актуальною задачею є розробка методики аналізу та синтезу технологій переробки сухої зернової сировини.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

У навчальній та науковій літературі, де описуються відомі та досліджуються удосконалені технології переробки сухої зернової сировини процеси очищення, класифікації, контролю якості, сушки, транспортування розглядаються окремо.

Так, в роботі [3] представлений детальний аналіз технологічних процесів сортування та сушіння: механізм протікання даних процесів, залежності для визначення їх основних параметрів, схеми обладнання для реалізації процесів з описами їх будови та принципу дії. Але в роботі відсутня загальна методика проектування технологічних ліній для переробки сухої зернової сировини, рекомендації з вибору обладнання для переробки даної сировини з врахуванням її фізико-механічних характеристик.

У роботі [6] зазначено, що зерно є основною сировиною для ряду галузей харчової промисловості: хлібопекарської, олійної, пивоварної, лікєро-горілчаної, крохмале-патокової, комбікормової, кожна з яких вимагає сировини з відповідними якісними показниками: вмістом білка, крохмалю, олії, клейковини; оптимізації їх співвідношення та раціонального використання у кормовиробництві відходів переробки круп'яних та олійних культур. Оцінка зерна за кормовими якостями, за вмістом сухих речовин, протеїну, за загальною поживністю та іншими показниками необхідна для виробництва повноцінних комбікормів із мінімальними затратами сировини. Але далі в роботі розглядаються технології отримання борошна, хліба, круп та інших продуктів, тоді як операціям попередньої підготовки сировини не приділено уваги.

У роботі [7] підкреслюється важливість для споживача якісних показників зернової сировини, а також необхідність їх збереження та покращення в процесі переробки. Дані показники залежать від чотирьох груп факторів: технічних (параметрів та показників обладнання та технології переробки), організаційних (технічного рівня основних, допоміжних та контрольних операцій на виробництві, що здійснює переробку), економічних (статті витрат, ціна, собівартість, продуктивність), стимулюючих (найбільш важливих на думку авторів для підвищення якості сировини). Далі фактори, від яких залежить якість зернової сировини згруповані залежно від етапів виробництва (підготовки посівного матеріалу, вирощування зерна, збирання врожаю, його транспортування, первинної обробки, зберігання, переробки). Але це в основному якісні фактори. При цьому в роботі не вказано, як вони беруться до уваги при виборі технології переробки. Представлені основні та додаткові показники якості зернової сировини із зазначенням продукції та технологій виробництва, для яких вони враховуються. Наводиться досить детальна інформація по найбільш поширеним процесам попередньої підготовки зерна, обладнання для їх реалізації однак відсутня чітка й придатна для практичного використання методика вибору найбільш раціональної технології переробки з врахуванням наведених факторів та параметрів, а також умов конкретного виробництва. Робота [7] містить дані щодо методів визначення якісних показників зерна, які поділені на обов'язкові та додаткові, аналіз технологій для забезпечення та збереження даних показників, зокрема процесів очищення, сушіння, вентилування, зберігання, але не приділено належної уваги процесам класифікації, які дозволяють поділити всю масу зернової сировини на частини з врахуванням особливостей і вимог її подальшої переробки та забезпечити найбільш раціональну технологію підготовки до даної переробки.

У роботі [8] розглядаються процеси та обладнання для зберігання зернової сировини, вказані якісні показники зерна, які мають бути забезпечені під час зберігання. Однак і в даній праці відсутні рекомендації щодо вибору раціональної технології первинної переробки сировини в залежності від її подальшого використання (виду продукції, який з неї буде отриманий).

У роботі [9] пропонуються удосконалені технології сушіння зернової сировини, зокрема за допомогою теплонасосної установки з використанням ступінчастих режимів сушіння. Використання даних технологій дозволяє підвищити енергоефективність робочого процесу та забезпечити



безвідходну переробку вихідної сировини з високою схожістю насінневого матеріалу. При цьому рекомендації стосовно використання пропонованих технологій для реалізації переробки зернової сировини і отримання з неї різних видів напівфабрикатів та продукції у праці [9] не наводяться.

3. Мета дослідження

Метою даної роботи є розробка методики вибору раціональної послідовності переробки зернової сировини з врахуванням її вихідних параметрів якості, умов конкретного виробництва та критеріїв ефективності робочих процесів (продуктивності, енергоємності та якості готової продукції); розробка варіантів технологічних схем найбільш поширених видів попередньої переробки основних видів сухої зернової сировини.

4. Результати досліджень

Вихідними даними для розробки раціональної технологічної схеми попередньої переробки сухої зернової сировини є [7, 10]: вид сировини (пшениця, ячмінь; жито; горох, ...), її сорт, максимальні та мінімальні співвідношення довжини до діаметра для частинок сировини (L_{max}/D_{max} , L_{min}/D_{min}), максимальної та мінімальної вологості (H_{max} , H_{min}), маси (M_{max} , M_{min}), густини (D_{emax} , D_{emin}), об'єму (V_{max} , V_{min}) та форма (FS – сферична, FO – довгаста) частинок; ознаки свіжості та стиглості зернової сировини; схожість та енергія проростання (обов'язкові і для жита, вівса та проса, що використовуються у спиртовому виробництві [10]); склоподібність, вміст і якість сирової клейковини, число падання; наявність у зерні сторонніх домішок (залишків інших рослин, сторонніх металевих частинок – продуктів зношування сільськогосподарської техніки, болтів, гайок тощо, комах шкідників - довгоносиків, чорнушок, хрущаків, зернодів, молі, вогнівок, кліщів), наявність на поверхні зернин мікроорганізмів (епіфітних, рослинних паразитів та мікроорганізмів, що потрапили в зернову масу під час збирання врожаю та неправильного зберігання і перевезення), загальна маса (M_G) та об'єм (V_G) обробленого матеріалу, час (T) на виконання виробничого завдання, кількість класів (діапазонів) поділу (N_C), допустимі витрати енергії (E_G) на реалізацію процесу переробки; потреба у зберіганні сировини перед її переробленням та тривалість зберігання; параметри продукції, що буде отримана з сировини (вид продукції, її якість).

Також, як додаткові показники якості можуть використовуватись дані про повний хімічний склад зерна або вміст у ньому деяких речовин (найчастіше білків, амінокислот або жиру) [10].

Відповідно до рекомендацій у спеціальній літературі [10] першими визначають органолептичні параметри зернової сировини (запах, смак та знебарвленість за ГОСТ 10967). Далі за допомогою простих засобів [10] визначають зараженість зерна шкідниками відповідно до ДСТУ ISO 6639-1; ДСТУ ISO 6639-2; ДСТУ ISO 6639-3; ДСТУ ISO 6639-4.

Вологість наважки зернової сировини визначають відповідно до ISO 712-85; ГОСТ 29143491; ISO 711-85 [10], при цьому одним з найбільш оперативних та достатньо точних засобів отримання даних про цей параметр є діелектричні вологоміри.

Засміченість зерна визначають, як правило, візуально згідно із ГОСТ 30483-97 [10].

Натурну масу зернової сировини доцільно визначати після позбавлення її від сторонніх домішок та сушіння. Крупність та вирівняність (однорідність партії сировини за крупністю) визначають просіюванням наважки через набір сит з осередками, розміри яких поступово зменшуються. Методи визначення крупності насіння бобових культур викладено у ГОСТ 11091-64. Для отримання даних про плівчастість проса, рису, вівса і гречки відповідно до діючого ГОСТ 10843-76 беруть наважки тільки цілих, вкритих плівками зерен і звільняють кожне з них від плівок. Маса останніх, виражена у відсотках, і становить величину плівчастості.

Важливим показником для подальшої технології переробки є також консистенція ендосперму та склоподібність зерна, які у більшості випадків із задовільною точністю можуть бути визначені візуально [10].

Визначення енергії проростання зернової сировини та її життєздатності є досить трудомістким процесом, що реалізується за допомогою спеціальних методів описаних у ГОСТ 10968- 88 [10], тому здійснювати дані дослідження потрібно тільки за наявності реальної практичної необхідності для отримання відповідних видів зернової продукції.

Те ж саме стосується визначення кількості та якості клейковини зернової сировини (її пружності та розтяжності), яке проводиться за допомогою спеціальних приладів [10] та відповідних методів за ГОСТ 13586.1-68. У зв'язку із цим, дані параметри потрібно визначати тільки для деяких технологій переробки.



Сипкість зерна, що характеризується кутом тертя, або кутом природного схилу та його самосортування важливі для реалізації ефективного транспортування та складання даної сировини, тому їх доцільно визначати за потребою тривалого зберігання зерна при виборі раціональної технології транспортування. Отримання даних параметрів є досить простим та вимагає застосування спеціальних методів та складного і дорогого обладнання [10, 11].

Шпаруватість та щільність укладання зерна визначають за потребою здійснення мікробіологічних та теплових процесів його перероблення. Дані про ці параметри також необхідні для вибору способів та обладнання для зберігання зернової сировини (форми і розмірів сховища, а також строку зберігання) [10]. Показники шпаруватості та щільність укладання розраховуються за простими формулами, виходячи з геометричних параметрів зернин.

Для вибору технології переробки та зберігання зернової сировини (параметрів процесів сушіння, вентилявання, газациї та дегазациї) велике значення мають її сорбційні властивості, від яких залежать також раціональні режими сушіння, активного вентилявання, газациї та дегазациї зерна [10].

Теплофізичні властивості зернової сировини (коефіцієнти питомої теплоємності, теплопровідності, температуропровідності), від яких залежить протікання процесів сушіння, вентилявання та зберігання, змінюються в основному в результаті збільшення або зменшення вологості зерна [10], тому визначення способу та умов сушіння та зберігання сировини можливо здійснювати виходячи з її вологості.

Те ж саме стосується фізіологічних властивостей зернових мас (біологічної та технологічної довговічності, коефіцієнту дихання, самозігрівання, післязбирального дозрівання та проростання зерна [10]). Дані параметри, від яких залежить технологія підготовки зерна до тривалого зберігання можуть бути визначені непрямими методами в залежності від початкової вологості сировини.

Першою операцією переробки зернової сировини незалежно від її виду, обсягів, геометричних параметрів, якісних показників та виду продукції, яку передбачається з неї отримати, є очищення зерна від сторонніх частинок. При цьому за результатами попереднього аналізу зернової сировини (див. вище) для видалення неметалевих важких частинок (грунт, пісок) краще використовувати сита та трієри, для відокремлення металевих стружки та деталей – сепарування за допомогою електромагнітного сепаратора, для видалення легкого сміття (соломи, лузги, трави, частинок бур'янів) – класифікацію за аеродинамічними властивостями на віялках або дискових сепараторах, для відокремлення дрібного та битого зерна – сортування за допомогою сит та трієр, для розділення більш важкої і легкої сировини (під час переробки горошку) – гідравлічні сепаратори [3, 7].

Наступною обов'язковою операцією технології переробки зернової сировини є її сушіння. Його найбільш поширеними способами є теплове та сорбційне сушіння [3, 7]. Крім цього, в борошномельному виробництві після промивання зерна використовують механічне (відцентрове) сушіння [7].

Режим роботи камерних зерносушарок (теплове сушіння) залежить, головним чином від виду зернової сировини, її початкової вологості та висоти шару зерна у сушарці (потрібної продуктивності процесу). Параметри робочого процесу у шахтних сушарках залежать від виду та сорту сировини та її початкової вологості. Вибір режиму роботи барабанної сушарки здійснюється з врахуванням виду зерна та його вологості. Але найбільш інтенсивно в теперішній час для реалізації процесів сушіння зернових використовують рециркуляційні сушарки, внаслідок їх високої економічності, продуктивності та можливості здійснювати робочий процес без попереднього очищення зернової сировини. Режими роботи рециркуляційних сушарок призначаються на підставі даних про вид та вологість перероблюваного зерна [7].

Задана кінцева вологість зернової сировини після сушіння залежить від подальшої технології та мети її переробки. Зерно пшениці висушують до такої вологості: для негайної переробки – до 15,5 – 14,5 %; для зберігання 14 – 15; для тривалого зберігання – 13 – 14; для кукурудзи – відповідно 14 – 16, 13 – 14, 12 – 13 %. Вологість зерна вівса і проса, які відвантажують на круп'яні заводи, що не мають сушарок, повинна бути не вищою 13,5 % і не нижчою 12,5 %, а гречки – не вищою 14,5 % і не нижчою 13,5 %. При сушінні зерна, призначеного для виробництва крупи, в шахтних сушарках зниження вологості за один пропуск рису і сої не повинно перевищувати 3 %; проса і гречки – 2 – 3; гороху і ячменю – 3,5 – 4; кукурудзи – 4,5 – 5,5, а за сушіння інших культур – 6 %. Якщо за один пропуск неможливо висушити зерно до заданої вологості, для його сушіння потрібно зробити кілька пропусків [7]. Свої особливості мають технологічні процеси сушіння олійних культур, соняшнику, конопель, конюшини, тимофіївки [7].

Для зерна, що передбачається сушити, а також для сировини, яка знаходиться на тривалому зберіганні з метою збереження її якості, запобігання розвитку плісені та шкідників, проводять технологічний процес



вентилювання. Вид та параметри даного технологічного процесу вибираються залежно від виду сировини, її початкової та заданої кінцевої вологості, а також подальшої технології переробки [7].

Наступним важливим етапом технології переробки зернових є процес їх зберігання. Основними способами реалізації даного етапу є зберігання зерна у сухому стані, в охолодженому стані, без доступу повітря та з використанням хімічного консервування. Вибір способу та параметрів процесу залежить від заданої тривалості зберігання, виду та якості сировини. В більшості випадків найбільш тривале зберігання зерна (до 4 – 5 років) забезпечується при використанні першого способу. Охолодженню зернової сировини піддають для менш тривалого зберігання, з метою уникнення потреби у її сушінні, а також під час переробки зерна технічного призначення (пивоварного тощо) [7]. Недоліками даного способу є складність підтримання робочих параметрів процесу у всьому об'ємі сировини, що зберігається, а також значні енерговитрати на його здійснення у теплу пору року. Недоліками двох останніх способів є забезпечення менш тривалого зберігання, необхідність у створенні ряду додаткових умов та параметрів робочого процесу (допустимої вологості при зберіганні без доступу повітря та повторення обробки під час хімічного консервування) [7], тому в Україні дані способи одержали менше поширення.

З врахуванням вищевикладеного були розроблені технологічні схеми процесів переробки зернової сировини для отримання основних видів продукції (борошна, круп, сировини для спиртової та пивної промисловості), представлені на рис. 1.

Так, першими стадіями технології переробки зернової сировини для одержання з неї борошна (рис. 1, а) є очищення та сортування зерна (відокремлення битого та пошкодженого зерна). Далі у випадку необхідності тривалого зберігання даної сировини проводять процес її сушіння, а при виникненні потреби подальшої переробки – виконують кондиціювання та розмелювання зерна з отриманням готового продукту (борошна). Якщо ж продукт потрібний негайно, то після сортування відразу реалізується кондиціювання та розмелювання.

Для отримання круп (рис. 1, б) сировину також спочатку піддають очищенню та сортуванню. За потребою негайної переробки відразу проводиться її лушення, обробка ядра та сортування з одержанням кінцевого продукту [7]. У випадку тимчасової відсутності потреби у готовому продукті очищену та відсортовану сировину відправляють на сушіння та зберігання після чого виконують лушення, обробку ядра та сортування.

Технологія переробки зерна у сировину для спиртового та пивоварного виробництва (рис. 1, в) включає етапи очищення, промивання, сушіння (із застосуванням механічного способу [7]) та подрібнення. За потребою тривалого зберігання сировини перед переробкою після її очищення проводять стадію сушіння, а по завершенню зберігання – промивання, сушіння та подрібнення.

Як зазначається в роботі [7], останніми тенденціями розвитку технологій перероблення зернової сировини є їх реалізації на потокових технологічних комплексах з безперервним високопродуктивним виконанням стадій очищення, сортування, промивання, сушіння, кондиціювання, розмелювання, обробки ядра, подрібнення. Застосування таких комплексів замість окремих машин дозволяє уникнути перевантаження та транспортування сировини, а отже її втрат та пошкодження, зменшити витрати часу та енергії.

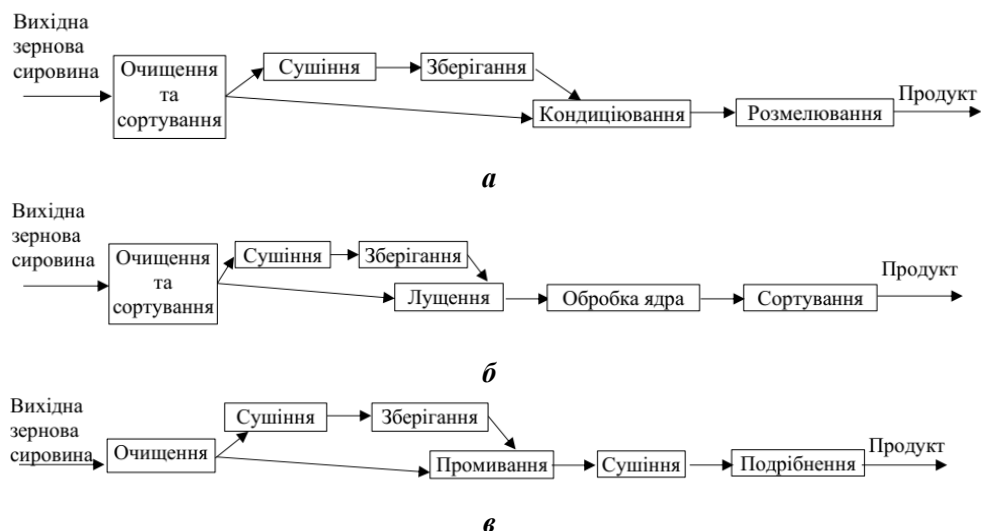


Рис. 1. Технологічні схеми процесів переробки зернової сировини для отримання основних видів продукції: а – борошна, б – круп, в – сировини для спиртової та пивної промисловості



У випадку використання таких технологічних комплексів залежності для визначення основних параметрів їх ефективності – продуктивності (P_{Σ}) та енергоємності (E_{Σ}) матимуть вигляд:

$$P_{\Sigma} = P_{\min}; \quad E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + \dots + E_n, \quad (1)$$

де P_{\min} – мінімальна продуктивності машини, що входить до складу комплексу; $E_1 + E_2 + \dots + E_n$ – питомі витрати енергії при роботі всіх основних елементів комплексу.

Застосування результатів розрахунку за допомогою залежностей (1) дозволить вибрати допустимі варіанти технології переробки зернової сировини з врахуванням заданої продуктивності P_G та допустимої енергоємності E_G за умовами

$$P_{\Sigma} \geq P_G = \frac{M_G}{T} \quad \text{або} \quad P_{\Sigma} \geq P_G = \frac{V_G}{T}; \quad E_{\Sigma} \leq E_G. \quad (2)$$

На другому етапі серед всіх допустимих варіантів технології, що задовольняють умовам (2) ефективності вибирається найбільш раціональний варіант.

5. Висновки

1. За результатами проведеного аналізу визначені основні параметри та фактори для вибору раціональної технології переробки зернової сировини, серед яких її вид, розміри та форма зернин, їх густина, вологість, забрудненість, наявність шкідників, вид продукції, який потрібно отримати, задана продуктивність та допустима енергоємність робочих процесів.

2. Проаналізовані основні стадії переробки та розроблені технологічні схеми отримання із зернової сировини основних видів продукції: борошна, круп та сировини для спиртового та пивного виробництва.

3. Запропоновані залежності для визначення основних параметрів ефективності процесів переробки (продуктивності та енергоємності) для визначення допустимих та найбільш раціональних варіантів даних процесів.

4. Представлені в роботі схеми та залежності можуть послужити основою для створення комп'ютерної програми автоматизованого синтезу та аналізу раціональної технології переробки зернової сировини з врахуванням всіх основних умов та параметрів.

Список використаних джерел

1. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
2. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. Х.: Світ Книг, 2019. 495 с.
3. Севостьянов І. В., Мельник О.С., Підлипна М.П. Дослідження параметрів ефективності процесів класифікації сухої зернової сировини при використанні різних схем її навантаження. Вібрації в техніці та технологіях, 2021. №3. С. 109–117.
4. Севостьянов І. В., Зозуляк І. А. Технологічне обладнання цехів переробки продукції тваринництва. Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2020. 127 с.
5. Іваненко Ф. В., Сенченко В. М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської сировини. К.: КНЕУ, 2005. 221 с.
6. Подпратов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
7. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна. Х.: ХНАУ, 2013. 312 с.
8. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Пазюк В. М. Тепломасообмінні технології та обладнання отримання насінневих матеріалів: Монографія. Вінниця: Твори, 2020. 153 с.
9. Sevostianov I., Tokarchuk O., Pidlypna M. Automated technological projection of classification processes of dry dispersive materials. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2021. №2 (113). С. 15–21.
10. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. 291 с.

References

- [1] Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F. (2010). *Roslynnnytstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Plant growing. Technologies for growing crops]* Lviv: NVF «Ukraini tekhnolohii» [in Ukrainian].
- [2] Cherevko, O. I., Poperechny, A. M. (2014). *Procesy i aparaty harchovyh vyrobnyctv [Processes and apparatuses of food productions]* Harkiv.: Svit Knyg [in Ukrainian].



- [3] Sevostianov, I. V., Melnyk, O.S., Pidlypna, M.P. (2021). *Doslidzhennia parametriv efektyvnosti protsesiv klasyfikatsii sukhoi zernovoi syrovyny pry vykorystanni riznykh skhem yii navantazhennia [Research of parameters of efficiency of processes of classification of dry grain raw materials at use of various schemes of its loading. Vibrations in engineering and technology]. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 3, 109–117 [in Ukrainian].
- [4] Sevostianov, I. V., Zozuliak, I. A. (2020). *Tekhnolohichne obladdannia tsekhiv pererobky produktsii tvarynnytstva. Navchalnyi posibnyk [Technological equipment of livestock processing shops. Textbook]. Vinnytsia : VNAU* [in Ukrainian].
- [5] Ivanenko, F.V., Senchenko, V.M. (2005). *Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky silskohospodarskoi syrovyny [Technology of storage and processing of agricultural raw materials]. Kyiv: KNEU* [in Ukrainian].
- [6] Podpriatov, H.I., Rozhko, V.I., Skaletska, L.F. (2014). *Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky produktsii roslynnytstva [Technology of storage and processing of crop products]. Kyiv: Ahrarna osvita* [in Ukrainian].
- [7] Puzik, L.M., Puzik, V.K. (2013). *Tekhnolohiia zberihannia i pererobky zerna [Grain storage and processing technology]. Kharkiv: KhNAU* [in Ukrainian].
- [8] Sniezkin, Yu.F., Petrova, Zh.O., Paziuk, V.M. (2020). *Teplomasoobminni tekhnolohii ta obladdannia otrymannia nasinnievnykh materialiv: Monohrafiia [Heat and mass transfer technologies and equipment for seed production: Monograph]. Vinnytsia: Tvory*, [in Ukrainian].
- [9] Sevostianov, I., Tokarchuk, O., Pidlypna, M. (2021). Automated technological projection of classification processes of dry dispersive materials. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2 (113), 15–21. [in English].
- [10] Iskovych-Lototskyi, R. D., Obertiukh, R. R., Sevostianov, I. V. (2006). *Protsesy ta mashyny vibratsiinykh i vibroudarnykh tekhnolohii [Processes and machines for vibration and vibro-blowing technologies]. Monograph. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia* [in Ukrainian].

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Процессы переработки зернового сырья достаточно распространены на пищевых и перерабатывающих предприятиях Украины. Это связано со значительными объемами и большим разнообразием данного сырья, а также широкой номенклатурой полуфабрикатов и готовой продукции, которую из него получают. В частности, на предприятиях страны перерабатываются такие виды хлебных зерновых культур как пшеница, ячмень, рожь, кукуруза, овес, рис, сорго, просо, чумиза, могарь, пайза, гречка (семья гречишных), мучнистый амарант (семья амарантовых). В больших объемах также выращиваются горох, фасоль, чечевица, соя и другие зернобобовые культуры. Все это сырье поступает из различных хозяйств, в разном состоянии, в широком диапазоне сортов и качества, таким образом, даже для одного и того же вида зернового сырья такие параметры как форма и размеры зерен, их масса, влажность, стекловидность, твердость, степень повреждения и многие другие могут существенно отличаться. В зависимости от вида продукции, получаемой из зернового сырья (муки, крупы, солод, отруби, крахмал, глютен, патока, спиртовая дробина, растительное масло, жмыхи, шрот) технологии ее предварительной переработки могут иметь существенные отличия. Целью данной работы является разработка методики выбора рациональной последовательности переработки зернового сырья с учетом исходных параметров качества, условий конкретного производства и критериев эффективности рабочих процессов (производительности, энергоемкости и качества готовой продукции). В статье также приводятся варианты технологических схем предварительной переработки основных видов сухого зернового сырья. Предлагаемая последовательность разработки данных технологических схем может в дальнейшем послужить основой создания компьютерной программы автоматизированного синтеза и анализа рациональных вариантов технологических процессов переработки сухого зернового сырья.

Ключевые слова: технологическая схема, сухое зерновое сырье, классификация, сортировка, сушка, переработка.

Ф. 2. Рис. 1. Лит. 10.

DEVELOPMENT OF OPTIONS OF TECHNOLOGICAL SCHEMES PROCESSING OF MAIN TYPES OF GRAIN RAW MATERIALS

The processes of processing of grain raw materials are quite common at food and processing enterprises in Ukraine. This is due to the significant volumes and wide variety of these raw materials, as well



as a wide range of semi-finished products and finished products that are obtained from them. In particular, the country's enterprises process such types of grain crops as wheat, barley, rye, corn, oats, rice, sorghum, millet, chumiza, mogar, paiza, buckwheat (buckwheat family), mealy amaranth (amaranth family). Peas, beans, lentils, soybeans and other legumes are also grown in large volumes. All these raw materials come from different farms, in different conditions, in a wide range of varieties and quality, thus, even for the same type of grain raw materials such parameters as the shape and size of grains, their weight, moisture, glassiness, hardness, degree of damage and many others may differ significantly. Depending on the type of products obtained from grain raw materials (flour, cereals, malt, bran, starch, gluten, molasses, alcohol grains, vegetable oil, oilcakes, meal), the technologies for its preliminary processing may have significant differences. The purpose of this work is to develop a methodology for choosing a rational sequence for processing grain raw materials, taking into account the initial quality parameters, conditions of a specific production and criteria for the efficiency of working processes (productivity, energy intensity and quality of finished products). The article also provides options for technological schemes for the preliminary processing of the main types of dry grain raw materials. The proposed sequence for the development of these technological schemes can further serve as the basis for creating a computer program for automated synthesis and analysis of rational options for technological processes for processing dry grain raw materials.

Key words: technological scheme, dry grain raw materials, classification, sorting, drying, processing.
F. 2. Fig. 1. Ref. 10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Севостьянов Іван Вячеславович – доктор технічних наук, завідувач кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: ivansev70@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Іванчук Ярослав Володимирович – доктор технічних наук, доцент кафедри «Комп'ютерних наук» Вінницького національного технічного університету (вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021, e-mail: ivanchuck@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4775-6505>).

Підлипна Марина Петрівна – аспірантка Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: linak099@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2790-5470>).

Севостьянов Іван Вячеславович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: ivansev70@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Иванчук Ярослав Владимирович – доктор технических наук, доцент кафедры «Компьютерных наук» Винницкого национального технического университета (ул. Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, Украина, 21021, e-mail: ivanchuck@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4775-6505>).

Подлипная Марина Петровна – аспирант Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Винницкая область, 21008, Украина, e-mail: linak099@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2790-5470>).

Ivan Sevostianov – Doctor of Technical Sciences, Full Professor of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions” of Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: ivansev70@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Yaroslav Ivanchuk – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Computer Sciences" of the Vinnytsia National Technical University (95, Khmelnytsky highway, Vinnytsia, 21021, Ukraine, e-mail: ivanchuck@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4775-6505>).

Maryna Pidlypna – Post-Graduate Student of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: linak099@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2790-5470>).