

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

*Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису*

ВАЛЕНТЮК НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 631.562/.563 - 048.78 : 582.661.21(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА АМАРАНТУ**

05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних
продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур (технічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.


_____**Н.О. Валентюк**

*Примірник дисертаційної роботи
ідентифікований за допомогою примірниками*



Науковий керівник
Станкевич Георгій Миколайович
доктор технічних наук, професор

Г.І. Нікітчина

Одеса – 2019

АННОТАЦІЯ

Валентюк Н.О. Удосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.18.02 «Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбикормів, олійних і луб'яних культур». – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2019.

Дисертація присвячена удосконаленню технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту, яка буде гарантувати належну його якість та безпечне довготривале зберігання. Об'єктом досліджень була технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту, предметом досліджень було зерно амаранту сортів «Ультра» та «Харківський» врожаїв 2006-2014 років, вирощених в Херсонській області.

Останні роки все більше вимог висувається не тільки до якості продукції харчової промисловості, а й до сировини, з якої вона виробляється, що зумовлює пошук як нових нетрадиційних видів сировини так і способів і режимів її обробки, які б дозволили зберегти корисні властивості останньої. Саме до такого виду сировини відноситься амарант. Головною особливістю зерна цієї культури є те, що до її хімічного складу, у порівнянні з традиційно вирощуваними в Україні зерновими та олійними культурами, входить велика кількість енергетично і біологічно цінних речовин, серед яких особливу увагу до себе привертає амарантова олія. До її складу окрім досить великої кількості ненасичених жирних кислот (за даними досліджень різних авторів від 65 до 75 %), входить сквален — унікальний вуглеводень тритерпенового ряду природного походження, що відноситься до групи каротиноїдів. Він є проміжною сполукою у біологічному синтезі стероїдів, у тому числі і холестерину (через ланостерол), та приймає участь у обміні речовин. Як джерело кисневого забезпечення, сквален активно сприяє нормалізації мікроциркуляторних процесів кровообігу.

Унікальні споживні властивості зерна амаранту відкривають надзвичайно широкий спектр його застосування і дозволяють використовувати його в багатьох напрямках: різноманітні продукти для дієтичного та функціонального харчування, виробництво ліків, косметичні засоби, корми для тварин.

У вступі та першому розділі наведено аналіз сучасного стану та проблем післязбиральної обробки зерна амаранту. Наведено загальну характеристику амаранту, його хімічний склад та поживність. Аналіз наукової та науково-популярної літератури показав, що амарант є однією з перспективних сільськогосподарських культур України. Але, незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених дослідженню хімічних властивостей амарантової олії, впливу її на організм людини та тварин, а також агротехнології вирощування та використання зерна амаранту у харчовій та фармацевтичній промисловостях та зеленої маси при годівлі сільськогосподарських тварин, на сьогодні є недостатньо вивченими фізико-механічні, аеродинамічні і гігроскопічні властивості, теплофізичні характеристики, інтенсивність дихання зерна, не встановлено їх залежність від вологості зерна та інших чинників. Потребують також вивчення кінетика розвитку бактеріальної, грибною мікрофлори та зміни в хімічному складі, які відбуваються в зерновій масі амаранту під час зберігання в різних умовах. Крім того, потребують розробки технологічні лінії очищення та сушіння і принципова схема технологічного процесу післязбиральної обробки зерна амаранту, що неможливо без дослідження закономірностей кінетики сушіння зерна амаранту при застосуванні різних методів сушіння, що дозволить обґрунтувати доцільні режими обробки зерна, які сприятимуть поліпшенню якості амаранту та дозволять зберегти його якість до наступної цільової переробки. На основі огляду літературних джерел означено конкретні завдання та питання для проведення подальших досліджень.

У другому розділі сформульовано наукову проблему, обґрунтовано вибір об'єктів та напрямку досліджень, наведено методики теоретичних і експериментальних досліджень. У відповідності до завдань дослідження було

розроблено програму роботи, яка передбачає проведення як загальноприйнятих фізико-механічних, гігроскопічних та теплофізичних досліджень, так і досліджень окремих технологічних процесів післязбиральної обробки зерна амаранту для визначення ефективних режимів його очищення, сушіння та зберігання. Для реалізації поставлених завдань обґрунтовано методи та методики досліджень, наведено опис основних експериментальних установок.

У третьому розділі в рамках дослідження фізико-механічних властивостей визначено гранулометричний склад свіжозібраної зернової маси амаранту та геометричні показники зернівок амаранту за різних значеннях його вологості в діапазоні 9,2...19,3 %. Показано, що зі збільшенням вологості зерна збільшуються геометричні розміри зерна, зростають маса 1000 зерен, шпаруватість, швидкість витання, кут природного укусу і коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою та руху. Натура (об'ємна маса) зі збільшенням вологості зерна зменшується.

На основі досліджень аеродинамічних властивостей зерна амаранту встановлено, що швидкість витання зерна амаранту складає 3,28...3,51 м/с, а коефіцієнт парусності відповідно 0,91...0,79 в залежності від вихідної вологості зерна. Показано, що зі збільшенням вологості зерна амаранту швидкість його витання збільшується, а коефіцієнт парусності зменшується, що дозволяє встановити швидкість повітряного потоку, за якої можна проводити його активне вентилявання та підібрати необхідні витрати повітря та сушильного агента в сушильних установках. Встановлено емпіричну залежність аеродинамічного опору шару зерна амаранту від його вологості та висоти шару, що продувається.

Досліджено гігроскопічні властивості амаранту та визначено рівноважну вологість зерна амаранту в залежності від температури та відносної вологості зовнішнього середовища. Показано, що рівноважна вологість зростає з підвищенням відносної вологості повітря та зниженням його температури.

Визначено теплофізичні характеристики зерна амаранту (питома теплоємність, коефіцієнти температуропровідності, теплопровідності і теплової

активності) в залежності від його вологості і температури. Запропоновані емпіричні рівняння, що дозволяють розраховувати теплофізичні характеристики за вологості зерна 9,4...19,6 % та температури 5...25 °С. Отримані дані можуть бути використані при обґрунтуванні технологічних режимів сушіння та охолодження зерна амаранту у виробничих умовах.

У четвертому розділі проведено дослідження технологічних процесів очищення від домішок, різних способів сушіння (конвективного, інфрачервоного і комбінованого конвективно-мікрохвильового) та зберігання зерна амаранту.

На основі дослідження гранулометричного складу свіжозібраного зерна амаранту встановлено, що незважаючи на майже однакові розміри та форму зерна, для виділення основних його засмічувачів можна застосовувати набір решіт з круглими отворами таких розмірів (мм): Б1 – 1,0...1,1; Б2 – 1,0...1,1; В – 0,6...0,8; Г – 0,6...0,8; та продовгуватими отворами з розмірами (мм): Б1 – (0,8...1,0)×20, Б2 – (0,5...0,7)×20, В1 – (0,4...0,6)×20. Показано також, що використовуючи розраховані за певними ознаками подільності значення коефіцієнтів трансгресії, можна прогнозувати можливість розділення суміші свіжозібраного зерна амаранту та його домішок, зокрема від важко відокремлюваної щиріці.

Досліджено кінетику конвективного, комбінованого конвективно-мікрохвильового (МХ) та інфрачервоного (ІЧ) сушіння амаранту, встановлено закономірності та запропоновано емпіричні рівняння для опису кінетики сушіння зерна амаранту за різних способів, режимів та умов підведення енергії.

Показано, що досягти кондиційної вологості зерна в межах допустимої температури його нагрівання без погіршення якості просушеного амаранту можна за таких режимів сушіння: при конвективному сушінні амаранту продовольчого призначення в шахтних зерносушарках за температури сушильного агента 50...60 °С, а для амаранту насінневого призначення — за температури сушильного агента не вище 50 °С; при ІЧ сушінні за потужності ви-

промінювача не вище 100 Вт; при МХ сушінні за імпульсних (осцилюючих) режимів за тривалості імпульсів подачі енергії 4 с та тривалості імпульсів продування зовнішнім повітрям 20...40 с.

Встановлено вплив сушіння на показники якості просушеного зерна амаранту. Показано, що найбільше зниження кількості сквалену відбувається при використанні ІЧ-сушіння. Однак цей спосіб можна використовувати, якщо планується отримувати не олію, а борошно, підірвані зерна та інші продукти.

Науково-обґрунтовані технологія та оптимальні режими різних способів сушіння зерна амаранту дозволяють отримати кондиційне за вологістю та якістю зерно, а також зменшити енерговитрати на його післязбиральну обробку.

Досліджено спільний вплив температури і вологості зерна амаранту на інтенсивність його дихання, отримано емпіричне рівняння, що описує цю залежність. Показано, що зниження вологості зерна та зберігання його при низьких температурах призводить до зниження інтенсивності дихання, зменшення втрат сухих речовин зерна та сприяє його тривалому зберіганню.

Визначено зміни якості зерна амаранту при зберіганні. Дослідження хімічних показників якості зерна амаранту показало, що при його зберіганні за відносної вологості повітря $\varphi = 75\%$ і температури $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ найбільше змінюється кислотне число жиру (з 5,56 до 38,20 мг КОН) і кислотність (з 2,45 до 7,15 град. кислотності) в спиртовій витяжці. Тому зниження температури зберігання зерна до $+4...+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в умовах відносної вологості повітря $\varphi = 55...75\%$ гарантує подовження термінів зберігання.

Результати мікробіологічних досліджень показали, що консервувальна дія понижених температур, за яких помітно знижується життєдіяльність мікроорганізмів відбувається за температур $+5...15\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$. За цих умов у зерні амаранту з вологістю до 12% затримується розвиток бактерій і навіть плісневих грибів, що захищає зерно від активного впливу мікроорганізмів та зберігає його якість. Таким чином, охоло-

дження зернової маси – корисний захід, який необхідно використовувати для захисту зерна від активного впливу мікроорганізмів та збереження його якості.

Встановлено, що гарантувати безпечне зберігання зерна амаранту протягом 12 місяців без погіршення його якості можна за температури повітря не більше 15 °С і відносній вологості повітря не більше 55 %.

У п'ятому розділі розроблено технологічні схеми післязбиральної обробки зерна амаранту з використанням різних типів зерносушарного та зерноочисного обладнання; визначено економічну ефективність від впровадження рекомендацій роботи.

Результати роботи перевірені у виробничих умовах ВАТ «Березівський елеватор», ФГ «Туманове», ФГ «Олена». Розроблена технологія може бути рекомендована для використання на зернозаготівельних підприємствах та у фермерських господарствах України.

У додатках наведено статистичні характеристики розмірів зернівок амаранту за різної вихідної вологості зерна; результати дослідження хімічного складу зразків зерна амаранту після за різних способів сушіння; акти виробничої перевірки показників якості зерна амаранту після конвективного сушіння, мікрохвильового сушіння та при зберіганні; висновок експертного дослідження сквалену в зразках зерна амаранту, що проведено Одеським науково-дослідним експертно-криміналістичним центром; розроблені рекомендації та встановлені терміни гарантованого зберігання зерна амаранту для різних умов зберігання.

Ключові слова: амарант, післязбиральна обробка зерна, сушіння амаранту, очищення амаранту, зберігання амаранту

ANNOTATION

Valentyuk Nataliia. Improvement of the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain. – Qualification scientific work with the manuscript copyright.

Thesis for a Candidate Degree in Engineering (Doctor of Philosophy), specialty 05.18.02 – technology of cereals, legumes, cereals and compound feeds, oilseeds and bast crops”. – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2019.

The thesis is focused on the improvement of the technology of post - harvest processing and storage of amaranth grain, which will guarantee its proper quality and safe long - term storage. The object of research was the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain, the subject of research was the amaranth grain of the Ultra and Kharkovsky varieties of 2006-2014 crops grown in Kherson region.

In recent years, more and more requirements have been placed not only on the quality of food products, but also on the raw materials from which they are made, which leads to the search for both new non-traditional types of raw materials and methods and modes of its processing, which would allow to preserve the useful properties of the latter. This kind of raw material is amaranth. The main feature of the grain of this crop is that its chemical composition, in comparison with traditionally grown grain and oil crops in Ukraine, includes a large amount of energy and biologically valuable substances, among which special attention is drawn to amaranth oil. In addition to a sufficiently large amount of unsaturated fatty acids (according to studies by various authors from 65 to 75%), squalene is a unique hydrocarbon of a triterpene series of natural origin belonging to the group of carotenoids. It is an intermediate in the biological synthesis of steroids, including cholesterol (via lanosterol), and is involved in metabolism. As a source of oxygen supply, squalene actively contributes to the normalization of microcircular blood circulation.

The unique consumption properties of amaranth grain open up an extremely wide range of its use and allow it to be used in many directions: various products for diet and functional nutrition, medicines, cosmetics, animal feed.

The introduction and the first section provide an analysis of the current state and problems of post-harvest amaranth grain processing. The general characteristics of amaranth, its chemical composition and nutrition are given. An analysis of the scientific and popular literature shows that amaranth is one of the promising agricultural crops of Ukraine. However, despite the large number of publications devoted to the study of the chemical properties of amaranth oil, its impact on the human body and animals, as well as agrotechnology for the cultivation and use of amaranth grain in the food and pharmaceutical industries and green mass in feeding farm animals, today there are insufficient physics - mechanical, aerodynamic and hygroscopic properties, thermophysical characteristics, grain breathing intensity, their dependence on grain moisture and other effects are not established. The study of kinetics of bacterial, fungal microflora development and changes in chemical composition that occur in amaranth grain mass during storage under different conditions is also required. In addition, technological lines of purification and drying and a schematic diagram of the technological process of primary amaranth grain processing are required, which is impossible without studying the regularities of the kinetics of amaranth grain drying when applying different drying methods, which will allow to substantiate expedient grain processing modes that will improve the quality and maintain it until the next targeted processing. Specific tasks and questions for further research are identified on the basis of the literature review.

In the second section the scientific problem is formulated, the choice of objects and the direction of research are substantiated, the methods of theoretical and experimental researches are presented. In accordance with the objectives of the study, a program of work was developed, which envisages both conventional physico-mechanical, hygroscopic and thermophysical studies, as well as studies of individual technological processes of post-harvest amaranth grain processing to

determine the effective modes of its cleaning, drying and storage. For realization of the set tasks the methods and methodics of researches are grounded, the description of the basic experimental installations is given.

In the third section, the particle size distribution of the freshly harvested amaranth grain mass and the geometric parameters of amaranth grains at different values of its moisture content in the range of 9.2... 19.3% were determined in the framework of the study of physical and mechanical properties. It has been shown that with increasing grain moisture the geometric dimensions of grain, the mass of 1000 grains increases, the porosity, the rate of tilting, the angle of natural slope, and the coefficients of external friction at rest and motion. The nature (volume mass) decreases with increasing grain moisture.

Based on studies of the aerodynamic properties of amaranth grain, it has been established that the amaranth grain grain velocity is 3.28... 3.51 m / s, and the coefficient of sail respectively is 0.91... 0.79 depending on the initial moisture content of the grain. It is shown that with increasing moisture content of amaranth grain, its rate of flywheel increases as well, and the coefficient of soaring decreases, which allows you to set the air flow rate at which it can be actively ventilated and to select the necessary costs of air and drying agent in the drying plants. The empirical dependence of the aerodynamic resistance of the layer of amaranth grain on its humidity and the height of the blown layer has been established.

Hygroscopic properties of amaranth were investigated and the equilibrium moisture content of amaranth grain was determined depending on the temperature and relative humidity of the environment. It is shown that the equilibrium humidity increases with increasing relative humidity and decreasing its temperature.

The thermophysical characteristics of amaranth grain (specific heat, coefficients of thermal conductivity, thermal conductivity and thermal activity) are determined, depending on its humidity and temperature. Empirical equations are proposed that allow to calculate thermophysical characteristics at grain moisture content of 9.4 ... 19.6% and temperature 5 ... 25 ° C. The data obtained can be used

to justify the technological modes of drying and active cooling of amaranth grain in production conditions.

The fourth section investigates the technological processes of impurity removing, different methods of drying (convective, infrared and combined convective microwave) and storage of amaranth grain.

Based on the study of the particle size distribution of freshly harvested amaranth grain, it is established that, despite the almost identical size and shape of the grain, a set of sieves with circular openings of the following sizes (mm) can be used to isolate its main contaminants: Б1 – 1.0...1.1; Б2 – 1.0...1.1; Б – 0.6...0.8; Г – 0.6... 0.8; and oblong holes with dimensions (mm): Б1 – (0,8...1,0) × 20, Б2 – (0,5...0,7) × 20, Б1 – (0,4...0,6) × 20. It is also shown that using the values of the transgression coefficients calculated on the basis of certain separability, it is possible to predict the possibility of separating a mixture of freshly harvested amaranth grain and its impurities, in particular from the hard separating flint.

The kinetics of convective, combined convective microwave and IR amaranth drying were investigated, regularities were established and empirical equations were proposed to describe the kinetics of amaranth grain drying under different modes, modes and conditions of energy supply.

It is shown that it is possible to achieve the conditioning moisture content of grain within the permissible temperature of its heating without deteriorating the quality of dried amaranth in the following drying modes: for convective drying of amaranth for food purposes in mine grain dryers at a drying agent temperature of 50 ... 60 °C, and for drying – at a temperature of the drying agent is not higher than 50 °C; for IR drying at radiator power not exceeding 100 W; at MV drying under pulsed (oscillating) modes with duration of pulses of energy supply of 4 s and duration of pulses of purging with outside air 20...40 s.

The effect of drying on the quality of dried amaranth grain has been established. It is shown that the largest reduction of squalene occurs when using IR

drying. However, this method can be used if you plan not to receive oil, but flour, blown grains and other products.

Science-based technology and optimal modes of different ways of drying amaranth grain allow you to obtain grain moisture and quality conditionally, as well as reduce energy costs for its post-harvest processing.

The joint effect of temperature and humidity of amaranth grain on the intensity of its respiration was investigated, an empirical equation describing this dependence was obtained. It is shown that reducing the moisture content of the grain and keeping it at low temperatures leads to a decrease in the intensity of respiration, reducing the loss of dry matter of the grain and promotes its long-term preservation.

Changes in the quality of amaranth grain during storage were determined. The study of the chemical indicators of the quality of amaranth grain showed that when stored at a relative humidity of air $\varphi = 75\%$ and a temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ the acidic number of fat (from 5.56 to 38.20 mg KOH) and acidity (from 2.45 to 7), 15 degrees of acidity) in an alcohol extract. Therefore, reducing the storage temperature of the seed to $+4\dots+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ under conditions of relative humidity $\varphi = 55\dots75\%$ guarantees the extension of the life.

The results of microbiological studies have shown that the conservative effect of low temperatures, which significantly reduces the life of microorganisms occurs at temperatures of $+5\dots15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity $\varphi = 55\%$. Under these conditions, amaranth grains with humidity up to 12% delay the development of bacteria and even molds, which protects the seeds from the active influence of microorganisms and preserves their quality. Thus, cooling the grain mass is a useful measure that should be used to protect the grain from the active influence of microorganisms and to preserve their quality.

It is established that it is possible to guarantee safe storage of amaranth grain for 12 months without deteriorating its quality at an air temperature of not more than $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of no more than 55% .

In the fifth section, the technological schemes of postharvest amaranth grain processing using different types of grain drying and grain cleaning equipment have been developed; certain cost-effectiveness from implementing work recommendations.

The results of the work were tested under the production conditions of OJSC “Berezovsky Elevator”, FE “Tumanove”, FE “Olena”. The developed technology can be recommended for use in grain-harvesting enterprises and in Ukrainian farms.

The annexes provide the statistical characteristics of amaranth grain sizes at different grain output humidity; the results of the study of the chemical composition of amaranth grain samples after different methods of drying; acts of production verification of amaranth grain quality indicators after convective drying, microwave drying and storage; the conclusion of the expert study of squalene in amaranth grain samples, carried out by the Odessa Scientific-Forensic Expert Center; recommendations and terms of guaranteed storage of amaranth seeds for different storage conditions have been developed.

Keywords: amaranth, post-harvest grain processing, amaranth drying, amaranth cleaning, amaranth storage.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Овсянникова Л., Валентюк Н. Уперше отримані дані оптимального очищення, вентилявання і зберігання насіння амаранту // *Зерно і хліб*. 2007. № 4. С.35-36.
2. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Вплив режимів зберігання на зміну мікрофлори насіння амаранту // *Зернові продукти і комбікорми*. 2007. № 4. С.17-19.

3. Єгорова А., Євдокимова Г., Овсянникова Л., **Валентюк Н.** Насіння амаранту можна уберегти від згубної дії мікрофлори // *Зерно і хліб*. 2008. № 1. С. 34-35.
4. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., **Валентюк Н.О.** Зміна мікрофлори насіння амаранту в залежності від умов зберігання // *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 30. Том 2. С.121-125.
5. Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., **Валентюк Н.О.** Вплив режимів зберігання на зміну біохімічних властивостей насіння амаранту // *Хранение и переработка зерна*. 2008. № 1. С.33-35.
6. Яковенко А.І., **Валентюк Н.О.**, Дмитренко Л.Д. Визначення режимів очищення насіння амаранту на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // *Наукові праці ОНАХТ*, 2008. Вип. 34. Том 1. С. 76-79.
7. Овсянникова Л., Євдокимова Л., Черній В., **Валентюк Н.**, Лукіна Г. При -5°C ферментативні процеси в дрібно насінневих олійних культурах сповільнюються // *Зерно і хліб*. 2009. № 3. С. 33-34.
8. Яковенко А., **Валентюк Н.**, Дмитренко Л. Насіння амаранту можна успішно очистити від щиряці на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // *Зерно і хліб*. 2009. № 4. С. 38-40.
9. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Вплив умов сушіння на посівні якості насіння амаранту // *Аграрний вісник Причорномор'я*. Зб. наук. праць, 2018. Вип. 87. С. 43-50.

Статті у наукових виданнях інших держав:

10. **Valentyuk N. A.**, Zadorozhnyj V. G., Chulak Yu. L., Chulak O. L. The Influence Of Drying Method On The Chemical Amaranth Seed Structure // *Nauka i studia*. 2015. NR 10 (141) 2015. P.24-33.
11. Станкевич Г.Н., **Валентюк Н.А.** Исследование кинетики сушки зерна амаранта // *Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сборник научных статей Первых Международных Лыковс-*

ких научних чтений (22-23 сентября 2015 года)/ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015. С. 244-246.

Монографії:

12. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Проблеми та перспективи післязбиральної обробки насіння амаранту // Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. / За ред. Савенка І.І., Станкевича Г.М., Седікової І.О. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 373-390.

Тези доповідей:

13. Станкевич Г.Н., **Валентюк Н.А.** Теоретическая проработка способов сушки зерна амаранта // Materials of X International scientific and practical conference, "Prospects of world science". 2014. V.8. P. 21-27.

14. Станкевич Г.М. Дослідження процесу сушіння зернових дрібнонасіньових культур / Г.М. Станкевич, Л.К. Овсянникова, **Н.О. Валентюк**, В.В. Юрковська // «Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини»: Всеукр. наук.-практ. конф., присвячена 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі, 01-02 червня 2017 р.: [тези] / редкол.: О.І. Черевко [та ін.]. Х.: ХДУХТ, 2017. С. 71-72.

15. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Визначення посівних якостей насіння амаранту в залежності від способу та умов сушіння // Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва: Зб. матеріалів міжнарод. науково-практич. Конференції, 20-21 вересня 2018 р. Одеса, 2018. С. 55-56.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА АМАРАНТУ.....	13
1.1. Загальна характеристика амаранту.....	13
1.2. Хімічний склад та поживність амаранту	16
1.3. Технологічні властивості зернової маси.....	22
1.4. Гігроскопічні властивості зерна.....	26
1.5. Теплофізичні властивості зерна.....	27
1.6. Очищення зернових мас.....	29
1.7. Технологія сушіння зерна.....	31
1.8. Методи зберігання зерна.....	36
Висновки до РОЗДІЛУ 1.....	38
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
2.1. Амарант як об'єкт досліджень.....	40
2.2. Програма, методи досліджень та експериментальна база.....	40
2.2.1. Методики досліджень фізико-механічних властивостей.....	43
2.2.2. Методика досліджень гранулометричного складу.....	46
2.2.3. Методика дослідження гігроскопічних властивостей зерна.	46
2.2.4. Дослідження аеродинамічних характеристик зерна	47
2.2.5. Дослідження теплофізичних характеристик (ТФХ) зерна...	51
2.2.6. Дослідження мікрофлори зерна під час зберігання.....	54
2.2.7. Дослідження зміни хімічного складу	54
2.2.8. Методика визначення інтенсивності дихання	55
2.2.9. Методика визначення енергії проростання.....	56
2.2.10. Методика дослідження кінетики сушіння.....	56
2.2.11. Методика визначення можливості розділення зернової суміші.....	62
2.2.12. Математична обробка результатів досліджень.....	63

Висновки до РОЗДІЛУ 2.....	63
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА АМАРАНТУ.....	64
3.1. Дослідження фізико-механічних властивостей зерна амаранту. ...	64
3.2. Дослідження аеродинамічних властивостей зерна амаранту	67
3.3. Дослідження гігроскопічних властивостей зерна амаранту.....	69
3.4. Дослідження теплофізичних властивостей зерна амаранту	72
Висновки до РОЗДІЛУ 3.....	74
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА АМАРАНТУ	75
4.1. Визначення можливості розділення зернової суміші	75
4.2. Розробка схеми розділення зернової суміші.....	77
4.3. Дослідження кінетики сушіння та нагрівання зерна амаранту ...	80
4.3.1. Конвективне сушіння.....	82
4.3.2. Конвективно-мікрохвильове сушіння.....	84
4.3.3. Інфрачервоне сушіння.....	86
4.4. Дослідження впливу різних способів сушіння на зміну хімічного складу зерна амаранту.....	88
4.5. Визначення впливу умов сушіння на посівні якості насіння амаранту.....	89
4.6. Дослідження процесу зберігання зерна амаранту.....	90
4.6.1. Дослідження інтенсивності дихання.....	90
4.6.2. Дослідження хімічного складу.....	93
4.6.3. Дослідження мікробіологічних показників.....	98
Висновки до РОЗДІЛУ 4.....	102
РОЗДІЛ 5. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА.....	105
5.1. Розробка технологічних схем та рекомендацій з післязбиральної	

обробки зерна амаранту	105
5.1.1. Рекомендації з очищення зерна амаранту.....	105
5.1.2. Технологічна лінія та рекомендації з сушіння зерна амаранту.....	107
5.1.3. Сушіння зерна амаранту в карусельних сушарках.....	110
5.1.4. Технологія післязбиральної обробки амаранту з використанням «зернового насоса».....	112
5.1.5. Технологічна схема лінії післязбиральної обробки зерна амаранту.....	114
5.1.6. Розробка принципової схеми технологічного процесу міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання амаранту та різних «нішевих» культур.....	115
5.1.7. Визначення місткостей накопичувальних, оперативних бункерів і силосів міні-елеватора.....	117
5.2. Техніко-економічне обґрунтування проекту міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту.....	118
5.2.1. Маркетингові дослідження з обґрунтування проекту міні-елеватора для післязбиральної обробки та зберігання амаранту.....	118
5.2.2. Розрахунок техніко-економічних показників міні-елеватора для доробки та зберігання зерна амаранту.....	121
5.2.3. Оцінка науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій	130
Висновки до РОЗДІЛУ 5.....	134
ВИСНОВКИ	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138
ДОДАТКИ.....	154
ДОДАТОК А. Статистичні характеристики розмірів зернівок амаранту.....	154

ДОДАТОК Б. Хроматограми зерна амаранту, просушеного різними методами	160
ДОДАТОК В. Висновок експертного дослідження.....	168
ДОДАТОК Г. Акт виробничої перевірки показників якості зерна амаранту після конвективного сушіння.....	171
ДОДАТОК Д. Акт виробничої перевірки технології конвективно- мікрохвильового сушіння зернових і олійних культур.....	172
ДОДАТОК Е. Акт виробничої перевірки показників якості зерна ама- ранту при зберіганні.....	174
ДОДАТОК Ж. Акт виробничої перевірки показників якості зерна амаранту при сушінні.....	176
ДОДАТОК И. Рекомендації по очищенню, сушінню та зберіганню зерна амаранту	178
ДОДАТОК К. Акт впровадження результатів наукового дослідження в навчальний процес.....	184
ДОДАТОК Л. Список праць, опублікованих за темою дисертації	185

ВСТУП

Використання нетрадиційних видів сировини та інноваційних підходів до його обробки, зберігання і переробки в харчові продукти і корми, є найбільш прогресивним напрямком розвитку харчової галузі. До одного з таких, нетрадиційних для нашого регіону видів сировини, відноситься амарант. Амарант є зерновою культурою, яку застосовують у різних галузях народного господарства (харчовій, медичній, тваринницькій) багатьох країн світу. Особливістю цієї зернової культури є те, що в її хімічний склад, порівняно з традиційними зерновими, входить порівняно велика кількість енергетично і біологічно цінних речовин, співвідношення і склад яких формує унікальні особливості і високі споживчі властивості продуктів переробки амаранту, наприклад – амарантова олія. Амарантова олія – це природний збалансований комплекс біологічно активних речовин, здатний відновити гормональну та імунну системи, а також поліпшити обмін речовин в організмі людини і тварин. Сквален, який входить до складу амарантової олії, має здатність гасити вільні радикали, завдяки ненасиченим зв'язкам, і може виступати в ролі антиоксиданту. Ці особливості амаранту використовують в медицині, косметології і при виробництві функціональних продуктів харчування.

Актуальність теми. Амарант є однією з перспективних видів сировини, яку можливо використовувати в багатьох напрямках, основними з яких є харчова технологія, медицина, тваринництво. Амарант – одна з перших найдавніших рослин, що використовується в харчуванні людини.

Амарант широко вирощується, переробляється та використовується в харчовій промисловості багатьох країн світу. Сьогодні нараховується більш ніж 50 сортів, які відрізняються хімічними складом. Вивчення амаранту в наші дні підтверджує унікальність його властивостей.

У відповідь на підвищення споживчого попиту, викликаного інтересом до використання в переробці цієї зернової культури, виробники стикаються з низкою проблем, викликаних відсутністю сучасних ефективних технологічних рішень в галузі післязбиральної обробки та зберігання такої сировини.

Дані обставини викликані тим, що для післязбиральної обробки і подальшого зберігання цієї культури, відсутні нормуючі ці процеси нормативні акти і регламенти. Однак, існують рекомендації до ряду фізико-хімічних показників та вимог до безпеки вихідної сировини при переробці. У зв'язку з цим стає актуальним пошук оптимальних шляхів післязбиральної обробки та підготовки до зберігання свіжозібраного зерна амаранту, які б враховували біохімічні та технологічні особливості цієї культури, і дозволяли зберегти його споживчі властивості до подальшої цільової переробки.

Огляд літератури показує, що більшість статей присвячена проблемам насінництва, агротехніці вирощування і використання амаранту. Питанням вирощування амаранту присвячені роботи Brenner D., Early D., Kauffman C., Гопцій Т., Щербаков В., Когут І., Жаркова Г., Кадиров С., Мирошніченко Т. та інші. Питання хімічного складу зерна амаранту в своїх дослідженнях розглядали Bressani R., Garcia-Vela L., Височина Г.І., Єгорова А., Євдокимова Г., Овсянникова Л., Чиркова Т., та ін. Способи переробки та використання амаранту в різних галузях народного господарства розглядали Железнов А., Казумян А., Офіцеров Е., Росляков Ю., Смирнов С., Соколов С., Струа А., Уажанова Р., Изтаев А., Шнейдер Т., Петрова Е. та ін. Проблемам післязбиральної обробки зерна амаранту присвячені роботи Abalone R., Cassinera A., Roberts J., Ronoh E., Станкевича Г., Черноусова І., та ін.

Але від збирання врожаю до переробки амарант треба зберегти від утрат та погіршення якості. А для цього зерно повинно пройти комплекс операцій післязбиральної обробки, до якої входять очищення, активне вентилування, сушіння, зберігання. Комплекс післязбиральної обробки зерна має забезпечити поліпшення якості та надійне зберігання зерна без втрат до його наступної переробки.

Аналіз літературних джерел свідчить, що на даний час ще не проводилися комплексні дослідження властивостей зерна амаранту як об'єкту післязбиральної обробки. В літературі немає узагальнених результатів технологіч-

них, гігроскопічних, теплофізичних та деяких інших характеристик цієї культури.

У зв'язку з відкриттям «Інституту амаранту» Української академії наук і виконання рішень галузевої програми «Амарант України» Міністерства аграрної Політики України на 2007 р. Академією Наук України було запропоновано Одеській національній академії харчових технологій взяти участь в дослідженнях присвячених розробці ефективної технології очищення, активного вентилявання, сушіння та безпечного зберігання зерна амаранту.

Таким чином, розробка та обґрунтування ефективних режимів очищення, сушіння і зберігання зерна амаранту є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології зберігання зерна та Проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій 2006-2008 рр. за темою № 8/06-П «Розробка науково-технічних основ енергоощадних і екологічно безпечних технологічних процесів первинної обробки та зберігання зерна дрібно насінневих культур» (номер держреєстрації 0106U001446).

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є удосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту, яка буде гарантувати належну його якість, безпечне та довготривале зберігання.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі основні завдання:

- визначити фізико-механічні властивості зерна різних сортів амаранту як об'єктів післязбиральної обробки та зберігання та встановити їх залежність від вологості зерна;
- визначити аеродинамічні характеристики зерна амаранту в залежності від вологості зерна, параметрів зернового шару та умов його продування повітрям;

– дослідити гігроскопічні властивості амаранту та визначити рівноважну вологість зерна амаранту в залежності від температури та відносної вологості зовнішнього середовища;

– визначити теплофізичні характеристики зерна амаранту в залежності від його вологості і температури та запропонувати емпіричні рівняння для їх прогнозування;

– визначити раціональні ознаки подільності зерна амаранту та його за-смічувачів та обґрунтувати режими його очищення від домішок;

– встановити закономірності кінетики нагрівання та зневоднення зерна амаранту продовольчого і насінневого призначення за різних способів сушіння;

– дослідити залежність ефективності дихання зерна амаранту від його вологості та температури;

– дослідити зміни хімічного складу та мікробіологічних показників амаранту при зберіганні за різних температур і відносної вологості повітря та обґрунтувати терміни його безпечного зберігання;

– розробити рекомендації з післязбиральної обробки та безпечного зберігання зерна амаранту у виробничих умовах та визначити економічну ефективність від впровадження рекомендацій роботи.

Об'єкт дослідження – технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту.

Предмет досліджень – властивості зернової маси амаранту, процеси сушіння, нагрівання, охолодження та зберігання.

Методи дослідження – експериментальні, аналітичні, хімічні, математико-статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– отримано нові дані з фізико-технологічних властивостей зерна амаранту; вперше досліджено гігроскопічні властивості;

– встановлено закономірності залежності теплофізичних та аеродинамічних властивостей зерна амаранту від його вологості та температури;

- встановлено закономірності кінетики сушіння амаранту за різних способів та режимів підведення енергії;
- встановлено вплив різних способів сушіння на показники якості зерна амаранту;
- встановлено залежність зміни хімічного складу та стану мікрофлори амаранту від умов та тривалості його зберігання;
- науково-обґрунтована технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту, що дозволяє зменшити енерговитрати на його доробку, покращити якість та гарантувати надійне зберігання.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі експериментальних та теоретичних досліджень удосконалено технологію післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту, яка дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів післязбиральної обробки та гарантувати надійне зберігання зерна. Удосконалена технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту перевірені у лабораторних умовах Південної філії відділу промислової радіоелектроніки, а також у виробничих умовах ВАТ «Березівський елеватор», ФГ «Туманове», ФГ «Олена». Отримані результати у виробничих умовах підтвердили ефективність запропонованих режимів сушіння та зберігання зерна амаранту.

На підставі отриманих результатів розроблено проект рекомендацій по очищенню, сушінню та зберіганню зерна амаранту.

Запропонована технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту може бути рекомендована до впровадження на хлібоприймальних підприємствах, міні-елеваторах та невеликих фермерських господарствах. Результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі при вивченні дисциплін «Зернознавство», «Технологія зберігання та сушіння зерна», «Науково-дослідна робота студентів» для студентів за напрямом підготовки 181 – харчові технології, які навчаються за навчальними планами бакалаврів та магістрів.

Особистий внесок здобувача. Автор дисертації особисто організував і здійснив аналітичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах, провів аналіз та обробку одержаних результатів, сформулював висновки і рекомендації, підготував матеріали досліджень до публікації, брав участь в апробації результатів та рекомендацій роботи у промислових умовах. Особистий внесок здобувача підтверджено наданими документами та науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень оприлюднено на 9 наукових та науково-практичних конференціях і спеціалізованих виставках, а саме: Наукова студентська конференція 16-20.04.2007 р.; 72, 74 Наукова конференція науково-викладацького складу ОНАХТ (20-27.04.2012 р., 22-25.04.2014 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Хлібопродукти -2014» 17-18.09.2014 р. Одеса; X International scientific and practical conference, “Prospects of world science”. 30.07-07.08.2014, Sheffield, S Yorkshire, England; «Первые Международные Лыковские научные чтения» 22-23.09.2015 г., Курск; Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва» 20-21.09.2018 р.; спеціалізованій виставці «Агросфера. Зерносфера» (Одеса, 2014, 2017 рр.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено в 1 наукових працях, з яких 9 статей у фахових виданнях України та 2 – у закордонних виданнях, 1 – монографія, тези 2 доповідей на науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, основного змісту, що включає 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 170 найменувань (17 стор.) та 10 додатків (34 стор.). Основний зміст роботи викладено на 130 стор., включаючи 33 рисунки та 37 таблиць.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА АМАРАНТУ

Найскладнішою задачею післязбиральної обробки зерна залишається зберігання його до переробки. Вирішити її можна тільки завдяки глибокому вивченню процесів, що відбуваються в зерні, цілеспрямованому використуванню його фізіологічних властивостей при обробці та зберіганні. На сьогодні залишаються не достатньо вивченими та визначеними фізико-механічні, аеродинамічні і гігроскопічні властивості, не встановлено їх залежність від вологості зерна. Відсутні дані про методи та режими сушіння зерна амаранту.

1.1. Загальна характеристика амаранту

Амарант є новою для нашої країни культурою, що привертає до себе увагу дослідників і практиків сільського господарства багатством і збалансованістю білка, високою врожайністю, підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин. У майбутньому ця рослина здатна зайняти провідне положення не тільки як продовольча і кормова, але також і лікарська культура. Крім того, у зв'язку з очікуваними глобальними змінами клімату на Землі використання амаранту стає ще актуальнішим завдяки його унікальній особливості пристосовуватися до різних умов навколишнього середовища [2, 16, 19, 49, 59, 60, 93, 120, 138, 141, 152-155, 160, 163].

Рослина амарант відноситься до сімейства амарантових або псевдо злакових і являє собою різновид дводольної трав'янистої рослини. Амарант – рослина швидкого росту з особливим типом фотосинтезу (C_4), який дозволяє використовувати сонячну енергію та вологу з високою ефективністю, що в свою чергу дозволяє більш раціонально використовувати ґрунтово-кліматичні умови. До особливостей цієї рослини відносяться досить висока насіннева продуктивність (20-25 ц/га) та надзвичайно високий коефіцієнт розмноження (до 5000), що дозволяє на невеликих ділянках отримувати прис-

корене розмноження та стабільне насінництво у районах із достатньою кількістю тепла. Амарант добре росте на всіх основних видах ґрунтів, добре переносить низьку вологозабезпеченість, витримує засоленість ґрунтів [19, 68, 120, 141, 156].

Амарант в Україні вирощується порівняно недавно. Характерною рисою цієї культури є стійкість до умов навколишнього середовища до тривалої дії низьких температур, цінність зеленої маси та зерна, пристосованість до вирощування в умовах малого зрошення. Виробничий досвід агропідприємств з вирощування амаранту на зерно свідчить, що урожайність зерна в регіонах України з різними ґрунтово-кліматичними умовами становила від 10 до 53 центнерів з одного гектару, зеленої маси – досягає 1000 ц/га [2, 19, 48, 121, 141].

Зелена маса амаранту може використовуватися у тваринництві як у свіжому вигляді, так і для приготування силосу та білково-вітамінного концентрату. За амінокислотним складом білків листя амаранту наближається до листя люцерни і відрізняється більш високим вмістом лізину порівняно з традиційними зерновими і деякими бобовими культурами. Протеїн листя амаранту близький до ідеального протеїну та може використовуватись для відгодівлі свиней. Висока врожайність зерна, дає змогу використовувати його для одержання білкового концентрату. З досвіду вчених США відомо, що використання зерна особливо ефективно при відгодівлі бройлерів [19, 141, 150, 152, 154, 160].

Амарант можна застосовувати і в харчуванні людини [64, 105, 119, 138, 140, 157, 163, 166]. Продукти харчування, які одержують з зерна цієї рослини, запобігають шкідливій мутації у дітей і атеросклерозу у літніх людей. Молоді паростки і листя амаранту надзвичайно багаті на незамінні амінокислоти, каротин, мікро- і макроелементи, вітаміни (А, С, рибофлавін і фолієву кислоту), йдуть на виготовлення дуже поживних і лікувальних салатів та страв. Зелень амаранту корисна ще й тим, що виводить з організму радіонукліди та важкі метали. Деякі види амаранту із забарвленим листям і звисаю-

чим суцвіттям здавна застосовують у декоративному садівництві [16, 138, 152, 155].

Аналіз щодо використання продукції амаранту в традиційній етичній медицині показує широкий спектр її можливостей. Препарати на основі амаранту застосовують при простудах, інфекційних, легеневих, серцевних, кишкових захворюваннях, малокрів'ї, ревматизмі, опіках, поліартриті, ожирінні та ін. Наукою підтверджено, що препарати амаранту зменшують кількість холестерину в крові, захищають організм від наслідків радіоактивного опромінення, сприяють розкладу злоякісних пухлин [2, 19, 49, 59, 93].

При вивченні хімічного складу амаранту виявляється, що усі без виключення частини самої рослини є їстівними і мають надзвичайно високу харчову цінність. Наявність білку в амаранті майже вдвоє більша, ніж у пшениці, а за якістю перевершує білок коров'ячого молока. Кількість амінокислоти – лізину у амаранту найбільше від усіх відомих рослин. Із зерна амаранту сорту «Ультра» виробляють дуже цінну олію, яка містить від 15 до 18 % сквалену, та близько 1 % токоферолу (Вітамін Е). Сквален активно сприяє нормалізації мікроциркулярних процесів кровообігу, являючись джерелом кисневого забезпечення [2, 19].

Сквален вступає в реакцію з водою живого організму, в результаті чого виділяється кисень. Дані професора Колоура (Швейцарія) – лауреата Нобелівської премії : $C_{30}H_{50} + 6 H_2O = C_{30}H_{62} + 3 O_2$

Отже, сквален безпосередньо являється джерелом забезпечення організму киснем, сприяє його переміщенню в організмі, а також має високу спроможність проникати в клітини організму через шкіру, що надає велику ефективність його застосування при опіках, дерматологічній практиці, стоматології, косметології [2, 16, 19].

Тривалий час для забезпечення фармацевтичної промисловості світу скваленом, його отримання проводилося переважно із печінки глибоководних акул, в результаті чого вартість препарату дуже висока і масове використання неможливе. Ідентичним за своїм хімічним складом являється сквален в

олії амаранту. Але існуючі на сьогодні у світі зернові сорти амаранту містять до 8...9 % сквалену в олії і не забезпечують фармацевтичну промисловість, яка ставить вимогу не менше 12 %. Лише один у світі сорт зернового амаранту «Ультра» відповідає вимогам фармакології – в олії міститься 15...18 % сквалену [2, 19].

При переробці зерна амаранту, крім олії, виробляється 62 % від об'єму зернової маси високобілкового борошна. Продукти харчування з компонентами амарантових білків вважаються дієтичними, оскільки амінокислотний склад їх близький до складу ідеальних білків та молока. Комбіновані амарантові продукти переробки із пшеничним та вівсяним борошном за своїми харчовими якостями близькі до природних інгредієнтів дитячого харчування. В даний час набуває розвитку нове покоління продуктів із компонентами амарантового крохмалю, білку та олії [95, 110]. Але поки що споживчий ринок не насичений в належній мірі продукцією амаранту, і визначається в основному дієтичними продуктами харчування [2, 16, 19, 141, 152].

Сьогодні цією культурою цікавиться увесь світ [149]. У дієтичних магазинах США вже нині можна купити печиво, пасту, заморожені хлібці — близько чотирьох десятків продуктів, які містять добавки з амаранту. Продають також зерно, борошно, олію, крохмаль, біомасу для виробництва фуражу і етанолу. У Китаї під амарантом зайнято понад 100 тис. га. В Індії за його допомогою намагаються вирішити проблему харчового білка [138, 151].

1.2. Хімічний склад та поживність амаранту

З проведених різними авторами експериментальних досліджень біохімічних властивостей зерна амаранту наведемо деякі дані його хімічного складу, харчової і поживної цінності у порівнянні з традиційними зерновими культурами (табл. 1.1) [16, 19, 60, 121, 129, 138, 152, 158, 163-165].

З табл. 1.1 видно, що вміст білка, кальцію, заліза, фосфору у амаранті значно вищий ніж у традиційних зернових культур.

Таблиця 1.1

Порівняльний хімічний склад деяких зернових культур

Назва культури	Білок, %	Лізин, %	Вуглеводи, г/100 г	Кальцій, мг/100 г	Залізо, мг/100 г	Фосфор, мг/100 г
Амарант	16	0,85	63	162	10,0	455
Кукурудза	9	0,25	74	20	1,8	256
Жито	13	0,40	73	38	2,6	376
Гречка	12	0,58	72	33	2,8	282
Пшениця	10	0,35	71	41	3,3	372
Рис	7	0,27	77	32	1,6	360

З проведених різними авторами експериментальних досліджень можна зробити висновок, що в залежності від виду амаранту хімічний склад зерна в значній мірі варіює (табл.1.2) (R.M. Saunders., R. Becker, 1984; Hussein Mustafa, 1984; C.Gupta, G. Dobos, R. Gretzmacher, 1996 ; P. Jamriska, 1996) [19, 163].

За даними досліджень деяких авторів встановлено, що вид *A. cruentus* містить найбільшу кількість азоту та протеїну, а також високу кількість жиру [16, 19].

Крім того, за даними досліджень, що були проведені різними авторами, у амаранті не тільки високий вміст протеїну, але і найбільш збалансований амінокислотний склад. Причому встановлено, що в 100 г білка амаранту міститься 6,2 г лізину – незамінної амінокислоти, якої немає в такій кількості у інших рослин. Як відомо, при недостатній кількості лізину їжа просто не засвоюється і білок "проходить" організм транзитом. Також дослідження свідчать, що за вмістом незамінних амінокислот – треоніну, фенілаланіну, тірозіну і триптофану структура амаранту прирівнюється до білка жіночого молока [16, 19, 119, 138].

Амарант із вмістом протеїнів 13 – 19 % має найбільший збіг з теоретично розрахованим ідеальним білком. Для порівняння, коефіцієнт оцінки до ідеального білка: амарант – 75, коров'яче молоко – 72, соя – 68, ячмінь – 62, пшениця – 60, кукурудза – 44, арахіс – 32 [2, 16, 19].

Для амаранту характерним є низький вміст цукрів і високий білків. З макроелементів переважно йде накопичення К (1,2 %), Са (2,5 %), Р (0,2 %). З мікроелементів Si (0,8 %) і Mg (1,1 %). Також відмічені значущі концентрації таких біогенних елементів як бор, залізо, марганець, титан, цинк. Вміст клітковини – 14 %, протеїну – 18 %, цукру – 18 %. За даними досліджень (Хазієв, Офіцеров, 1990) деякі види амаранту містять до 3 % рутину або вітаміну Р, який використовується для отримання аскорутину, флакарбіну і ін. До хімічного складу зерна амаранту входить пектин, який сприяє виведенню важких металів [19, 59, 93].

У зерні міститься багато вітаміну Е, який має антиоксидантну дію і його можна використовувати, зокрема, як ліки для зниження холестерину в крові. Зерно амаранту на відміну від інших зернових містить дуже мало глютелінів. Це важливо для харчування тих, хто має підвищену чутливість до зернових через відсутність у них ферментів, які гідролізують глютелін, і тому потребують аглютелінової дієти. Вуглеводний компонент крохмалю зерна цікавий тим, що його гранули дуже малі і зручні для використання як наповнювач в харчових аерозолях [2, 16, 19, 138].

За вмістом білка та жиру амарант перевищує найбільш поширені культури: пшеницю, кукурудзу (І.А. Чернов, Б.Я. Земляной, 1991). Амарант також переважає пшеницю та кукурудзу за вмістом незамінної амінокислоти лізину (табл. 1.2) [16, 19, 138].

Таблиця 1.2

**Порівняльний вміст амінокислот (мг/100 г)
у зерні амаранту, пшениці та кукурудзи**

Амінокислота	Амарант	Пшениця	Кукурудза
Ізолейцин	4,8-6,2	4,0-5,7	3,5-4,6
Лейцин	7,5-9,2	7,6-8,9	11,9-13,0
Лізін	7,0-9,1	2,9-3,7	1,9-2,7
Метіонін	5,9-7,5	4,2-5,3	2,9-3,3
Фенілаланін	9,6-12,5	9,0-11,5	8,3-10,6
Треонін	4,0-5,8	3,2-3,8	3,4-4,0
Триптофан	1,4-2,2	1,4-1,6	0,5-0,7
Валін	5,7-7,2	5,2-6,2	4,6-5,1

Як свідчать дані досліджень за співвідношенням амінокислот зерно амаранту наближається до ідеального білка (табл. 1,3) [16, 19, 49, 138].

Вивчення амінокислотного складу деяких видів амаранту, яке проведено американськими вченими (R.M. Saunders, R. Becker, 1984), не виявило суттєвої різниці за вмістом основних амінокислот між видами амаранту [16, 163].

Таблиця 1.3

Амінокислотне співвідношення (в грамах на 100 г основних амінокислот)

Вид білка	Треонін	Валін	Лейцин	Ізолейцин	Лізин	Метіонін	Фенілаланін	Триптофан	Сумарний білок
Ідеальний білок	11,1	13,9	19,4	11,1	15,3	9,7	16,7	2,8	100
Пшениця	8,9	13,5	20,4	10,0	8,7	12,3	22,9	3,3	56,9
Соеві боби	9,8	12,2	19,8	11,6	16,2	6,6	20,6	3,3	68,0
Коров'яче молоко	9,4	12,3	20,2	10,0	16,5	7,0	21,5	3,0	72,2
Зерно амаранту	11,4	10,6	14,8	10,25	16,6	11,2	23,1	2,1	75,0

Коефіцієнт включення азоту в білок для злаків дорівнює 5,8; згідно з більш пізніми роботами він дорівнює 5,85 для *A. edulis* (R Becker et al., 1981). Для різних видів амаранту цей показник може бути в межах 5,2-5,6. Деякі дослідники вважають, що він дорівнює 6,25 (R.M. Saunders, R. Becker 1984) [19, 138, 163]. Середня кількість білка в зерні амаранту вища, ніж у зерні зернових культур, за винятком очищеного вівса.

За допомогою анатомічного препарування A.A. Betschart et al. (1981), а також електронної мікроскопії Y. Konishi et al. (1995) показали, що 65 % білка *A. cruentus* знаходиться в зародку і насінній оболонці, 35 % – у крохмалістому периспермі. Анатомічне розташування білкових запасів у зерні інших видів амаранту аналогічне (D.V. Irving, R. Becker 1985), Було проведено

дослідження локалізації білка на основі його розчинності у воді, солях, спирті та лугах (N. Abdi, M.R. Sahib 1976) [19].

Вивчення біохімічного складу показало, що у насінні амаранту значну частину білка становлять глобуліни. Вони входять до складу всіх основних фракцій: соляної, лужної та залишкової. Глобуліни амаранту представлені двома типовими для інших дводольних глобулінами, які позначаються як 7S і 11S. Порівняльний аналіз електрофореграм показав, що зародки амаранту практично не відрізняються за складом поліпептидів невідновлених білків (І.М. Камишева, І.П. Гаврилюк, З.В. Чмелева, 1997). Відмінність стосується високо- і низькомолекулярних поліпептидів, що дозволяє розрізнити види і сорти амаранту. Фракційний склад білка зерна амаранту значно кращий за поживністю, ніж у зернових культур (Л.П. Солоненко, Н.Б. Железнова, А.В. Железнов, 1997) [19, 49]. Легкозасвоювані білки із збалансованим амінокислотним складом, альбуміни і глобуліни становлять 50 % загальної суми фракцій (18,8 % – глобуліни і 38,4 % – альбуміни). Не збалансовані за амінокислотним складом, з вмістом незамінних амінокислот, спирторозчинні білки – проламіни становлять всього 12,6 %, а в зерні злаків їх вміст досягає 40 % від сумарного білка. Суттєву частину становлять близькі за поживністю до альбумінів і глобулінів лугорозчинні білки – глютеліни (до 21 %) [16, 19, 138, 151, 164].

За даними досліджень (R. Becker et al., 1981) основний цукор – цукроза в зерні амаранту майже вдвічі перевищував її вміст в зерні жита, пшениці, проса. Вміст цукрів був такий: цукроза – 1,08...2,26 % (в середньому 1,65 %), рафіноза 0,45...1,23 % (в середньому 0,84 %), стахіоза – 0,02...0,15 % (в середньому 0,06 %), мальтоза 0,02...0,36 % (в середньому 0,22 %). Це може вказувати на наявність амілозної активності [19, 163].

Найбільш поширеним вуглеводом у зерна амаранту є крохмаль. В світлих зернах амаранту його вміст становить 69 ± 3 %. За допомогою скануючої електронної мікрофотографії було досліджено крохмаль в *A. cruentus* і *A. hypochondriacus*. Зерна мали форму багатокутника. Вміст амілози в крохмалі

A. hypochondriacus дорівнював 7,2 % (R. Becker et al, 1981). Крохмальні гранули перетравлювались глюкоамілазою майже в п'ять разів швидше, ніж із зерна злаків [16, 19, 138, 163].

Загальний вміст жиру в насінні амаранту, як встановили американські вчені, коливається в межах від 5,1 до 17,0 % (R.M. Saunders, R. Becker, 1984) [16, 163].

Амарантова олія містить велику кількість лінолевої (C 18:2), олеїнової (C 18:1) і пальмітинової (C 16:0) кислот і тільки сліди ліноленової (C 18:3) й інших кислот. Таким чином, амарантова олія містить майже 76 % ненасичених жирних кислот і нагадує олію із насіння бавовнику або з рисових висівок. Вміст основних жирних кислот в олії амаранту становить: лінолева 37...62 %, олеїнова 19...35 %, пальмітинова 12...25 % і стеаринова 2...25 %. Також встановлено, що за вмістом незамінних жирних кислот сорти амаранту значно різняться між собою (табл. 1.4) [19, 138, 163].

Таблиця 1.4

Вміст жирних кислот у насінні амаранту

Вид, сорт амаранту	Жирні кислоти					Сума кислот
	16:0 пальмітинова	18:0 стеаринова	18:1 олеїнова	18:2 лінолева	18:3 ліноленова	
<i>A. cruentus</i> , Легінь, % від сухої речовини % від суми кислот	0,95	0,12	1,63	2,11	0,03	4,84
	19,60	2,50	33,70	43,6	0,60	100
<i>A. hypochondriacus</i> , Котигорошок, % від сухої речовини % від суми кислот	0,96	0,11	1,00	2,60	сліди	4,67
	20,50	2,40	21,40	55,70	–	100
<i>A. cruentus</i> , Атлант, % від сухої речовини % від суми кислот	1,03	0,12	1,70	2,23	сліди	5,08
	20,30	2,40	33,40	43,90	–	100
<i>A. hypochondriacus</i> , Ацтек, % від сухої речовини % від суми кислот	0,98	0,09	1,18	2,71	сліди	4,96
	19,80	1,80	23,80	54,60	–	100
<i>A. hypochondriacus</i> , Орхідея, % від сухої речовини % від суми кислот	1,06	0,12	1,11	2,79	сліди	5,08
	20,90	2,40	21,8	54,90	–	100

Зерно амаранту містить приблизно 90 % неполярних ліпідів, в тому числі тригліцериди (більше 90 %), стероли і стеролові ефіри. Гліколіпіди, голо-

вним чином моногалактозил- і дигалактозилгліцериди, становили 6,4 % загальних ліпідів, а фосфоліпідна фракція – біля 3,6 % і була представлена, головним чином, фосфатидилхоліном, фосфатидилетаноламіном і фосфатидилінозитолом. Абразивний помел *A. cruentus* дозволяє отримати фракцію насінневих оболонки, які містять в цілому 19,2 % неочищеної олії, або 74 % від загальною вмісту олії в насінні (А.А. Betschart et al, 1981).

При лабораторних дослідженнях було встановлено, що питома вага олії із *A. gangeticus* (*A. tricolor*) дорівнює 0,9021 при 29 °С, а його кислотне число – 12,4, тоді як неочищена олія з *A. retroflexus* має питому вагу 0,9236 при 24 °С і кислотне число 3,9 [19, 163].

Загальний вміст мінеральних речовин золи у різних видів амаранту, як правило, вищий, ніж у зерні злаків (R.M. Saunders, R. Becker, 1984) [163].

В дослідженнях, проведених американськими вченими [159, 160, 163] з вивчення вмісту макроелементів в двох зразках *A. hypochondriacus* і восьми зразках *A. cruentus* були одержані такі результати: Mn 29 і 31; Cu 7 і 6; Al 41 і 44; Zn 36 і 35; Sr 2 і 5; Pb 3 і 3; Si 30 і 27 частин на мільйон. Аналіз неочищеного зерна амаранту і пшениці свідчить про те, що зерно амаранту містить майже в п'ять разів більше заліза, ніж зерно пшениці.

Молотий перисперм амаранту (борошно) містить більше, ніж в 10 разів заліза, в сім разів кальцію і в чотири рази цинку, ніж пшеничне борошно промислового помелу (А.А. Betschart et al, 1981).

Подрібнення зерна амаранту показало, що вітаміни сконцентровані в зародку (А.А. Betschart et al, 1981) [19, 138, 163].

1.3. Технологічні властивості зернової маси

Зерновою масою вважають суміш наступних компонентів: суміші неоднорідних зерен (або насіння) основної культури і зерен (насіння) інших культур, схожих за характером використання із зерном основної культури; домішок органічного і мінерального походження; мікроорганізмів; комах і кліщів, а також повітря міжзернових просторів, яке може істотно відрізнитися

від повітря навколишнього середовища за температурою, відносною вологістю і тиском [5, 8, 11, 14, 50, 53, 76].

Зернова маса має певні фізичні властивості – сипкість, самосортування, шпаруватість, здатність до сорбції та десорбції різних парів і газів (сорбційна ємність), тепло-, температуро- і термовологопровідність, теплоємність. Знання і врахування фізичних властивостей зернових мас набувають особливого значення у зв'язку з механізацією й автоматизацією процесів обробки зерна в потоці, впровадженням нових способів сушіння, застосуванням пневматичного транспорту та зберіганням значних партій його у великих сховищах (силосах сучасних елеваторів, металевих бункерах, на складах) [8, 14, 15, 52].

Фізико-механічні властивості. Для розв'язання великої кількості прикладних задач, які мають практичне значення, необхідними є знання фізико-механічних властивостей зернової маси як сипкого матеріалу. Так, на фізичних властивостях зернової маси базуються механізація і автоматизація транспортування, післязбиральна обробка і зберігання в сховищах (складах, силосах, металевих бункерах). Для моделювання поведінки зернової маси при переміщенні по самопливах, ситах, тощо необхідним є розрахунок показників, що визначають її сипкість. Правильний розрахунок і використання цих властивостей дозволяє скоротити втрати, визначити комплекс операцій для поліпшення якості партій зерна й знизити витрати у всіх галузях народного господарства, пов'язаних з виробництвом і використанням зерна [53].

Властивості зернової маси, що використовуються практикою, можна умовно розділити на дві групи. До першої групи відносяться властивості, що характеризують зернову масу (структурно-механічні, силові й фрикційні). До другої групи відносяться властивості, що характеризують процеси, які протікають у зерновій масі (теплофізичні, аеродинамічні та електрофізичні властивості) [11, 14, 15, 50, 66].

До фізико-механічних властивостей зернової маси належать такі показники як натура, кут природного укусу, маса 1000 зерен, шпаруватість, розмірні характеристики окремих зернин, коефіцієнти тертя та інші [11, 14, 113].

Натурою називається маса одного літру зерна в грамах. На величину натури впливають такі фактори як наявність домішок, вологість, зернової маси, стан поверхні, форма, крупність, зрілість, виповненість окремих зернин, маса 1000 зерен, тощо [11, 14, 50, 113].

Наявність домішок унеможлиблює отримання точних даних про натуру зерна. Важкі домішки (шматочки землі, галька, пісок) збільшують, а легкі (квіткові плівки, шматочки соломи) – зменшують натуру зерна. Дрібні сміттєві домішки, розподіляючись в міжзерновому просторі, підвищують натуру [74].

Сипкість зернової маси залежить від багатьох факторів, основними з них є гранулометричний склад і грануломорфологічні характеристики зерна. Найменший кут тертя і кут природного укусу, тобто найбільшу сипкість, мають зернові маси, які складаються із зерен та насіння шароподібної форми з гладкою поверхнею. Чим більше відхиляється форма зерен від шароподібної форми і чим менш гладка їх поверхня, тим менша сипкість зернової маси [131]. З підвищенням вологості зернової маси її сипкість значно зменшується, а кут природного укусу значно збільшується. В меншій мірі це проявляється в зерновій масі із шароподібних зерен з гладкою поверхнею [78].

Відомо, що на теплопровідні і сорбційні властивості зернової маси впливає шпаруватість (відношення об'єму міжзернового простору до всього об'єму зернової маси, у відсотках), що особливо важливо при зберіганні. Чим менше шпаруватість, тим більше щільність укладання, тобто більше насипна маса одиниці об'єму зерна. Шпаруватість зернової маси залежить від форми та розмірів окремих зернин основної культури, стану їх поверхні, засміченості. Крім того на шпаруватість зернової маси значною мірою впливає спосіб укладання зернин. Так, засипання одного і того самого зерна у сховища з різною висотою, різні ущільнення зернової маси можуть суттєво змінити частку міжзернового простору. Відомо, що з підвищенням вологості шпаруватість зернової маси зростає внаслідок збільшення об'єму зернин [128, 131].

Шпаруватість зернових мас сприяє передачі теплоти конвекцією, переміщенню вологи через зернову масу у вигляді пари. Через міжзернові проміжки здійснюються сушіння, активне вентилявання і газация зерна [52].

Гранулометричний склад визначає геометричні розміри частинок і співвідношення їх розмірів в загальному об'ємі сипкого матеріалу, тобто гранулометричний склад – це розподіл за крупністю частинок, визначається розміром найбільших частинок, що містяться в пробі, якщо їх не менше 10.

При розрахунках термодинамічного характеру, визначенні розмірів місткостей, діаметрів самопливів, матеріалопроводів пневмотранспорту використовуються такі показники: форма, об'єм і стан поверхні одиничних зернин.

Окрема зернина за формою відрізняється від шару. Сферичність ψ оцінює ступень цієї відмінності і представляє собою відношення площі поверхні кулі F_k , рівної за об'ємом зернині до дійсної поверхні зернини F_z .

На об'єм зернини V_z , площу зовнішньої поверхні F_z , сферичність ψ і питому поверхню (відношення V_z/F_z) зернини впливають зміни в розмірах окремих зернин. Крім того такі зміни відображаються на вирівненості за крупністю, а останнє, як відомо, визначає ефективність ведення технологічного процесу [53].

Об'єм зернини визначають за допомогою волюмометра або пікнометра. Однак для одиничної зернини помилка може бути значною. Задовільні результати отримують, використовуючи формулу [53]:

$$V_z = k \cdot a \cdot b \cdot l, \quad (1.1)$$

де V_z – об'єм зернини, мм³;

k – коефіцієнт, що враховує форму зерна;

a, b, l – лінійні розміри зернівки, мм

Площу зовнішньої поверхні зернівки визначають використовуючи розрахунковий метод:

$$F = 4\pi R(l + 3R) \quad (1.2)$$

де R – радіус зернівки, мм:

$$R = \frac{5a + 6b}{60}. \quad (1.3)$$

Для характеристики гранулометричного складу дисперсного матеріалу, що складається з часток неправильної форми, зазвичай вводять поняття еквівалентний діаметр d_e , що визначається як діаметр шару з об'ємом, що дорівнює об'єму зернівки [53].

1.4. Гігроскопічні властивості зерна

Як відомо, зернини всіх культур є гігроскопічними і поглинають пару води з навколишнього середовища. Кількість вологи, що поглинається, залежить від таких основних факторів, як температура t та відносна вологість ϕ зовнішнього повітря, вид зернової культури та її вологість w [3-5, 8, 13, 14, 50, 113].

На стан зернової маси при зберіганні і, особливо, при первинній обробці гігроскопічні властивості мають важливий вплив. Під час зберігання в результаті сорбції відбувається зволоження зерна, що створює умови для підвищення життєдіяльності насіння, мікроорганізмів та інших живих організмів [113]. Крім того гігроскопічні властивості мають особливе значення для обґрунтування методів та режимів активного вентилявання і сушіння зерна [3-5, 8, 13, 17, 43, 52, 62].

Механізм сорбційної взаємодії зерна з парою води може бути поданий так. Зерно на 90 % за масою сухої речовини складається з білків і вуглеводів, які є гідрофільними біополімерами. Їх макромолекули містять велику кількість функціональних груп, що мають запас вільної енергії. Кожна з груп здатна захопити й утримати одну, дві та більше молекул води. Центри, що утримують молекули води, утворюють активну поверхню, здатну створити моно- або полімолекулярний шар води. Адсорбовані на цій поверхні молекули води можуть проникати всередину зерна, що зумовлює його набухання [3-5, 52, 113]. Різні зернові культури при одних і тих самих умовах поглинають неод-

накову кількість вологи, що пов'язано з будовою та біохімічним складом зерна [3-5, 62].

Вологообмін між повітрям і зерном припиняється, коли парціальні тиски водяної пари в повітрі і над зерном досягають однакових значень. В цьому випадку настає стан динамічної рівноваги. Вологість зерна, яка відповідає цьому стану, називається рівноважною вологістю [13, 17, 43, 62].

Зв'язок рівноважної вологості з вологістю та температурою повітря навколишнього середовища слід враховувати при добових перепадах температури та змінах температури в приміщенні і зовнішньому середовищі.

Даних стосовно гігроскопічних властивостей зерна амаранту у розглянутих нами літературних джерелах не виявлено.

1.5. Теплофізичні властивості зерна

Проведення удосконалення та інтенсифікації процесів теплової і волого-теплової обробки зерна, вибір методів і оптимальних режимів процесу сушіння, створення конструкцій теплообмінних апаратів неможливі без урахування знань і аналізу теплофізичних властивостей зерна як об'єкта обробки [18, 43, 111, 113, 125, 133, 139].

Як відомо, кількісною мірою теплофізичних властивостей продуктів і матеріалів, що визначає характер перебігу теплових процесів є їх теплофізичні характеристики (ТФХ) – питома теплоємність c , коефіцієнти теплопровідності λ і температуропровідності a та тепла активність ϵ . На дані характеристики значною мірою впливають хімічний склад, фізичні і структурні характеристики, параметри стану (вологість, температура, щільність, пористість, об'ємна маса, шпаруватість й ін.) [18, 50, 113].

Питома теплоємність показує, яка кількість тепла необхідна для нагрівання одиниці маси матеріалу на один градус. Теплоємність для зернівок і зернового шару практично однакова, оскільки маса повітря в між зерновому просторі шару дуже мала в порівнянні з масою зерна. Вона залежить від вологості й температури зерна [18, 113, 125].

Питома теплоємність є складною функцією його вологості і температури. Дослідженнями встановлено, що при вологості зерна більше 25 % вона не залежить від температури. При меншій вологості зерна зі збільшенням вологості зерна його теплоємність зростає, а при більшій, навпаки зменшується. Питома теплоємність зерна майже у два рази більше питомої теплоємності повітря й менше у два рази теплоємності води [18, 113].

Теплопровідність характеризує теплопровідну здатність зерна. Коефіцієнт його теплопровідності λ коливається в межах від 0,13 до 0,20 Вт/(м·К), що вказує на низьку теплопровідність. Теплопровідність одного і того ж матеріалу може змінюватися в широких межах залежно від температури, кількості домішок, пористості, тиску середовища й т.д. [18].

У зерновому шарі з підвищенням вологості теплопровідність спочатку збільшується, а потім зменшується [113].

Температуропровідність показує швидкість зміни температури в зерні, його теплову інерцію. Встановлено, що чим вище значення температуропровідності, тим більша швидкість поширення температурної хвилі (ізотерми) і менша різниця температур між різними точками зернової маси. У зерновому шарі з підвищенням вологості від 10 до 25 % температуропровідність неперервно знижується. Температуропровідність окремих зернин приблизно в два-три рази вища, ніж зернового шару [18, 94, 113].

Поширення температурної хвилі в зерновій масі під час зберігання від верхніх шарів до нижнього відбувається дуже повільно. Внаслідок чого температура в середньому шарі зернового насипу залишається незмінною тривалий час. При підвищенні температури навколишнього середовища навесні та улітку охоложені маси зерна прогріваються вкрай повільно. У цьому полягає позитивне значення малих величин тепло- і температуропровідності зернової маси, що дозволяють зберігати в ній низьку температуру навіть у теплу пору року, сповільнюючи всі фізіологічні процеси на тривалий час [18, 113].

Коефіцієнт теплосасвоєння (теплової активності) характеризує відвід теплоти з поверхні усередину тіла (або підведення теплоти зсередини до поверхні)

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} = c \cdot \rho \sqrt{a}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (1.4)$$

тобто це комплексна характеристика матеріалу, що враховує його теплоакмуляційну здатність і теплоінерційні властивості [18, 50, 113, 125].

Коефіцієнт теплосасвоєння необхідно враховувати при розробці і експлуатації систем дистанційного та місцевого контролю температури зерна і газів у зерносушарці.

Таким чином, для техніко-технологічних розрахунків, що стосуються процесів нагрівання, сушіння та охолодження необхідно знати теплофізичні характеристики, що залежить від температури t , вологості w та виду зернової культури [5, 8, 18, 71, 113].

1.6. Очищення зернових мас

Свіжозібраний врожай є багатокомпонентною сумішшю, яка крім зерен основної культури містить багато домішок (насіння бур'янів і сторонніх культурних рослин, рештки стеблин, листів, а також биті, щуплі і дефектні насінини). Домішки негативно впливають на процес зберігання зерна, тому що більшість з них мають значно вищу гігроскопічність, життєздатність і інтенсивність дихання, ніж основна культура. Тому ефективне очищення є необхідною умовою для запобігання втрат при зберіганні [11, 14, 15, 66, 78, 80, 102, 103, 128, 131].

Видалення насіння смітних рослин, як і інших домішок, ґрунтується на відмінності фізико-механічних властивостей насіння бур'янів від зерен основної культури.

При очищенні зерна від домішок використовують відмінності таких фізико-механічних властивостей зерна і домішок [15, 52, 78, 80]:

- геометричні розміри (довжина, ширина і товщина) домішок і основної культури;
- густина;
- аеродинамічні властивості (швидкість витання) зерна і домішок;
- форма (круглі, довгасті) і стан поверхні (гладкі, шорсткі) зерна і домішок;
- магнітні властивості металомагнітних домішок;
- колір.

Як відомо, основне завдання очищення зерна від домішок або розділення його на фракції за крупністю зводиться до встановлення відмінностей у властивостях зерен та знаходження оптимального способу розділення на основі відмінностей одного або декількох характеристик.

Одним з основних показників для організації і ведення процесу очищення є форма і розміри основної культури та домішок [15, 78, 80].

Якщо зерно та домішки відрізняються довжиною, розділення даної суміші можливо механічним шляхом за допомогою трієрних поверхонь. Якщо зерно та домішки відрізняються за шириною, то їх можна розділити на ситах із круглими отворами, а якщо за товщиною – на ситах із продовгуватими отворами. Зерна, що відрізняються між собою за формою розділяють на гладкій, а ті, що відрізняються за станом поверхні – на ворсистій похилій поверхні [15, 52, 80].

Компоненти що розрізняються за аеродинамічними характеристиками (швидкість витання, парусність) розділяють за допомогою повітряного потоку.

Існують також фото сепаратори, які дозволяють розділяти суміш за кольором окремих компонентів.

Послідовність і кількість операцій з очищення зерна від домішок залежить не тільки від стану вихідного матеріалу, а саме засміченості та вологості, але й його безпосереднього призначення.

За призначенням всі машини для очищення зерна поділяють на: машини попереднього, первинного, вторинного очищення а також машини для фінішного обробітку (калібрування).

Попереднє очищення є допоміжною операцією і має на меті підготовку зернової маси до наступних операцій. При цьому зернова маса розділяється на дві фракції, а саме зерно та відходи [11, 15, 66, 80, 102].

Первинне очищення призначено для виділення сторонніх домішок та забезпечення при цьому мінімальних втрат основної культури. Зерно розділяється при цьому на основну фракцію (продовольче зерно та насіння) та фуражну. Зерно після первинного очищення має відповідати нормам заготівельних базисних кондицій [11, 15, 78, 103].

Вторинне очищення зерна проводиться для зерна, що пройшло первинне очищення і має на меті доведення якості до кондицій насіннєвого або продовольчого зерна [15, 78, 103].

Сортування призначено для розділення зерна основної культури на фракції за розміром, щільністю, швидкістю витання та ін. Калібрування також відноситься до операцій сортування і призначено для розділення насіння за розмірами [11, 14, 15, 102].

1.7. Технологія сушіння зерна

Природно-кліматичні умови нашої країни та фізіологічні особливості даної культури обумовлюють досить високу (20...25 %) вологість зерна амаранту під час збору врожаю. Закладати амарант на зберігання рекомендовано з вологістю не більше 9 % [132], отже правильно і своєчасно проведене сушіння дозволить зберегти зерно амаранту без погіршення його якості.

В технології післязбиральної обробки зерна процес сушіння – найбільш енергоємний.

З усіх існуючих на сьогоднішній момент методів сушіння зерна (теплових, спеціальних і механічних) найбільшого поширення отримав тепловий метод з використанням конвективного, кондуктивного, терморадіаційного

сушіння, а також сушіння зернових мас в електромагнітному полі струмів надвисокої частоти (НВЧ) – мікрохвильове (МХ) сушіння [5, 7, 8, 12, 14, 50, 58, 77, 83, 89, 96, 97, 102-104, 106, 111-113, 134, 161, 167, 168].

Як відомо, при конвективному сушінні теплова енергія передається зерну від нагрітого газу (нагрітого повітря або його суміші з продуктами згоряння палива). Те, що нагрітий газ одночасно виступає як теплоносій і вологопоглинач, зумовлює відносну простоту конструкцій конвективних зерносушарок. Під час конвективного сушіння зерно може перебувати в різних станах: щільному нерухомому, гравітаційно-рухомому, псевдозрідженому (віброкиплячому), падаючому або зваженому. Стан зернового шару визначає активну поверхню зерна, яка контактує з агентом сушіння, а, отже, інтенсивність процесу сушіння. Чим більше ця поверхня і рівномірніше омивається кожна зернівка агентом сушіння, тим більш рівномірний її нагрів і вище інтенсивність вологовіддачі [5, 8, 103, 113, 115, 122, 137, 167].

Особливостями сушіння дрібнонасіненних культур, зокрема амаранту, є те, що вони мають високу насипну щільність, яка мало залежить від способу укладання (гравітаційного або інерційного), і обумовлюється їх ботанічними властивостями, вираженими у формі, лінійних розмірах і крупності. Наслідком цього є незначна величина міжзернових просторів в зерновому шарі дрібнонасіненних (амаранту), і відповідне цьому високе значення аеродинамічного опору такого шару. Саме цей показник призводить до низької швидкості руху сушильного агента і нерівномірного його поширенню в щільному нерухомому або гравітаційно-рухомому стані зерна під час сушіння, що в свою чергу призводить до низьких коефіцієнтів тепло-і масопередачі, а також нерівномірного нагрівання зернової маси. Використання псевдорозрідженого, віброкиплячого, падаючого або зваженого стану при конвективному сушінні дрібнонасіненого зерна є більш перспективним, але при цьому містить ряд труднощів у реалізації. Основними з яких є високе значення парусності і низька швидкість вітання дрібнонасіненних. Ці особливості

ускладнюють підбір режимів роботи відповідних сушильних установок [5, 79, 112, 113].

Під час кондуктивного сушіння зерна, теплота передається йому кондукцією від нагрітої, гріючої поверхні, яка обігрівается паром, гарячою водою або газом. Волога, що випаровується з поверхні зерна, поглинається холодним або підсушеним повітрям, який подається в сушильну камеру. Швидкість сушіння залежить від температури гріючої поверхні і товщини зернового шару. Негативними аспектами використання кондуктивного сушіння для дрібнонасінного зерна є те, що внаслідок низької тепло-і температуропровідності такого зерна, посиленого високою насипною щільністю, відбувається нерівномірний нагрів шару зернової маси. При цьому спостерігається перегрівання і погіршення якості нижнього шару зерна, який контактує з гріючою поверхнею [5, 50, 112, 113].

Терморадіаційне сушіння зерна здійснюють шляхом використання для цієї мети інфрачервоного випромінювання або сонячного світла [5, 50, 77, 113].

Однак, з урахуванням того, що зерно відноситься до категорії матеріалів, які володіють малою проникністю для інфрачервоного випромінювання, його використання для обробки партій у великих промислових масштабах є недоцільним. Цей спосіб використовують в основному для попереднього нагрівання поверхневих шарів зернової маси в комбінації з іншими методами сушіння [5, 50, 106, 112, 113].

Природне сушіння зерна сонячними променями можливо провести тільки в суху і ясну погоду. Слід зазначити, що даний підхід є дуже трудомістким, і в значній мірі залежить від погодних умов [5, 8, 113]. Тим не менш, цей спосіб глибоко вивчається і рекомендується для сушіння амаранту закордонними фахівцями [162].

Сушіння зерна в електромагнітному полі надвисокої частоти заснована на явищі поляризації. Під впливом високої частоти у вологому матеріалі полярні молекули води (диполі) змінюють розташування своїх осей вздовж еле-

ектричного поля. При цьому виникають процеси взаємодії молекул між собою, внаслідок чого всередині матеріалу, схильного до МХ обробки, утворюється теплота, а також виникає градієнт температури, спрямований всередину зернової маси, під впливом якого волога переміщується до поверхні зерна. Кількість виділеної теплоти залежить від напруженості електричного поля і його коливань, а також від діелектричних властивостей зерна [5, 8, 15, 57, 65, 73, 75, 83, 85, 113, 145]. Складністю використання МХ обробки для сушіння дрібнонасіненних культур є те, що внаслідок маленьких геометричних розмірів зернівок, в них відбувається досить швидке підвищення температури, і вони перегріваються.

Виходячи з вищевикладеного, актуальною є задача, не тільки з розробки технологічних рекомендацій і регламентів сушіння, але і комплексного опрацювання способів які забезпечать оптимальні режими десорбції зайвої вологи в промислових партіях зерна амаранту.

Найбільш доцільним рішенням для забезпечення сушіння амаранту, з урахуванням його фізико-хімічних особливостей, можна вважати комбінований підхід з одночасним використанням декількох методів сушіння. До таких методів відноситься конвективно-мікрохвильове сушіння з використанням імпульсних режимів МХ обробки для нагрівання зерна, і одночасно з цим, конвективної подачі повітря для охолодження зернівок і сорбції вологи з їх поверхні. Ефективність такого підходу підтверджується вже на стадії теоретичного аналізу комбінованого впливу конвективно-мікрохвильового сушіння на зв'язок вологи в колодних капілярно-шпаруватих тілах.

Згідно класифікації П.А. Ребіндера всі форми зв'язку вологи в тілах діляться на три великі групи, які охоплюють хімічні, фізико-хімічні та механічні зв'язки води в тілах [5, 8, 50, 113].

Відповідно до даної класифікації, волога в зерні має різну силу зв'язку з його твердим скелетом: від найбільш міцної, зумовленої молекулярними силами, до суто механічного утримування води на поверхні зернівки. Виходячи з цього при конвективному, кондуктивному і терморадіаційному сушінні зе-

рна, залежно від режимів обробки зернової маси, технічних і технологічних властивостей обладнання, відбувається послідовне руйнування зв'язків, і видалення вільної води, починаючи з поверхневої, механічно зв'язаної вологи. По мірі нагрівання зерна відбувається послідовна деструкція зв'язків вологи в насінні, з початку рвуться механічні зв'язку: зумовлені змочуванням і далі макро-, і, відповідно, після цього – мікрокапілярного зв'язку. Після видалення механічно зв'язаної води, йде також послідовно, видалення фізико-хімічно зв'язаної вологи з внутрішніх шарів зернівки, починаючи зі структурної, після видалення якої, зачіпається осмотично-пов'язана волога. В процесі десорбції необхідною умовою для видалення осмотично-зв'язаної вологи є наявність більшої концентрації розчинної фракції поза клітини, ніж усередині неї. Адсорбційно-зв'язана вода, з фізико-хімічної групи, володіє найбільшою енергією зв'язку з твердим скелетом зерна. Саме тому, видалення адсорбційно-пов'язаної вологи супроводжується додатковими витратами енергії, внаслідок чого значно знижується К.К.Д. сушіння як такої. Крім того, застосування конвективного, кондуктивного і терморадіаційного сушіння для видалення адсорбційно-зв'язаної води, супроводжується значним підвищенням температури зерна, що перевищує його термостійкість, що, в свою чергу, тягне за собою не тільки зниження товарно-продовольчої якості, а й призводить до втрати життєздатності зерна. Хімічно зв'язана волога настільки міцно пов'язана з зерном, що її при сушінні не видаляють, навіть не враховують вміст у зерні, відносячи її кількість до маси сухої речовини. З вищевикладеного випливає, що при конвективному, кондуктивному і терморадіаційному сушінні руйнування зв'язків вологи з твердим скелетом зернівки і її видалення відбувається, починаючи з поверхні послідовно просуваючись до внутрішніх шарів зерна [8, 50, 113] .

На відміну від конвективного, кондуктивного і терморадіаційного сушіння, при МХ обробці в першу чергу нагріваються внутрішні шари, що містять найбільшу кількість вологи. Крім того, у внутрішніх шарах зернівки найбільш швидко відбувається випаровування вологи, що призводить до збі-

льшення внутрішнього тиску водяної пари, відносно тиску парів на поверхні матеріалу. З чого випливає, що при сушінні зерна із застосуванням електромагнітного поля надвисокої частоти послідовне руйнування зв'язків вологи з твердим скелетом зернівки відбувається, починаючи з внутрішніх шарів, і волога під дією різниці тисків водяної пари всередині зернівки і на її поверхні переміщується до периферійних шарів зерна [112]. Імпульсні режими МХ обробки дозволяють вирівнювати температуру і вологість в окремих зернівках зернової маси. Крім того, завдяки періодичній організації процесу МХ сушіння, з'являється можливість інтенсифікувати цей процес, шляхом використання більш високої температури нагрівання сировини, градієнт якої компенсується в перервах між імпульсами, і відповідно не призводить до погіршення біохімічних властивостей компонентів зерна [8, 112].

1.8. Методи зберігання зерна

Вибір методу та режиму зберігання зерна ґрунтується в залежності від параметрів навколишнього середовища та стану зернової маси. На сьогоднішній день використовуються наступні режими зберігання зерна:

- зберігання зерна у сухому стані, при вологості нижче критичної;
- зберігання зерна в охолодженому стані, при температурах, які практично гальмують життєві функції усіх компонентів зерна;
- зберігання зерна у безкисневому середовищі – у герметичних умовах, без доступу кисню [11, 14, 15, 43, 52, 66, 67, 78, 80, 91, 98-101, 103, 123, 124, 128, 130, 131].

Вибір та застосування того чи іншого методу зберігання зернових мас визначається в залежності від вихідних показників якості зерна та напрямку його подальшого використання, особливостей кліматичних умов регіону зберігання, наявних технічних можливостей підприємства а також економічною доцільністю [11, 15, 56, 67, 98, 101].

Зберігання зерна у сухому стані базуються на зниженій фізіологічній активності усіх компонентів, які входять у склад об'єктів зберігання. При во-

логості нижче критичної зерно впадає у стан анабіозу: життєдіяльність і дихання їх загальмовуються, а розвиток мікроорганізмів і більшості шкідників майже зупиняється у наслідок відсутності для цього сприятливих умов [11, 52, 78, 80, 91].

Зберігання зерна в охолодженому стані засноване на тому, що вже при температурі 10 °С інтенсивність дихання зернової маси знижується. Подальше охолодження призводить до того, що всі комахи та кліщі перестають розмножуватись та через деякий час гинуть. При понижених температурах зупиняється розвиток мікробів, однак їх загибель не відбувається. Цей спосіб дає хороші результати для збереження якості зерна при нетривалому зберіганні. Для довготривалого зберігання зерно треба сушити [11, 78, 91, 128].

Дуже хороші результати дає сполучення двох способів – зберігання сухого зерна в охолодженому стані [78, 80, 103, 146, 170].

Зберігання зерна у безкисневому середовищі на сьогоднішній час мало розповсюджений спосіб зберігання. Це пов'язано з додатковими вимогами до ємкостей. Обов'язковою вимогою для виконання режимів зберігання зерна у безкисневому середовищі є наявність герметичної ємкості, наприклад, металевих силосів. Умови зберігання у безкисневому середовищі можливо створити одним з трьох відомих способів: створення модифікованого газового середовища – МГС (природне зниження вмісту кисню і збільшення вмісту діоксиду вуглецю); створення регульованого газового середовища – РГС (введення в ємність з об'єктами зберігання інертних газів і витіснення звідти повітря); створення вакууму. Всі ці способи несуть за собою додаткові витрати, зусилля, що несе за собою зменшення привабливості у використанні цього методу зберігання [78, 80].

Оптимальним способом зберігання зерна амаранту є його тарне зберігання (у мішках). Рекомендують застосовувати поліетиленові укладки. Зерно амаранту затарюють у джутові мішки по 50 кг. При температурі не вище 10 °С висота штабеля може становити 6 мішків, при більш високій температурі – 4 мішка [70, 84].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Аналіз літературних джерел показав, що амарант є однією з перспективних сільськогосподарських культур України, в хімічному складі якої, в порівнянні з традиційно культивованими і вирощуваними зерновими, входить досить велика кількість енергетично і біологічно цінних речовин, співвідношення і склад яких формує унікальні особливості і високі споживчі властивості продуктів переробки амаранту.

2. Незважаючи на велику кількість публікацій присвячених дослідженню хімічних властивостей амарантової олії, впливу її на організм людини та тварин, а також агротехнології вирощування та використання зерна амаранту у харчовій та фармацевтичній промисловостях та зеленої маси при годівлі сільськогосподарських тварин, на сьогодні є недостатньо вивченими фізико-механічні, аеродинамічні і гігроскопічні властивості, розмірні і теплофізичні характеристики, інтенсивність дихання зерна, не встановлено їх залежність від вологості та температури зерна.

3. Потребують дослідження кінетика розвитку бактеріальної, грибної мікрофлори та зміни в хімічному складі, які відбуваються в зерновій масі амаранту під час зберігання в різних умовах, що дозволить науково обґрунтувати доцільні режими зберігання амаранту.

4. Потребують розробки технологічні лінії очищення та сушіння і принципова схема технологічного процесу післязбиральної обробки зерна амаранту.

5. Необхідні дослідження закономірностей кінетики сушіння зерна амаранту при застосуванні різних методів сушіння, що дозволить обґрунтувати доцільні режими обробки зерна, які сприятимуть поліпшенню якості амаранту та дозволять зберегти його до наступної цільової переробки.

6. У відповідь на підвищення споживчого попиту, викликаного інтересом до використання в переробці цієї зернової культури, виробники стикаються з рядом проблем, викликаних відсутністю сучасних ефективних техно-

логічних рішень в галузі післязбиральної обробки та зберігання такої сировини. Необхідно розробити рекомендації з науково обґрунтованими режимами очищення, сушіння та зберігання зерна амаранту, які будуть сприяти зниженню енергоємності післязбиральної обробки та гарантованого зберігання зерна цієї культури.

Все зазначене вище підтверджує актуальність роботи, визначає мету та завдання досліджень.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У розділі обґрунтовано вибір об'єктів та напрямку досліджень, наведено методики експериментальних і теоретичних досліджень. У відповідності з поставленою метою та сформульованим завданням розроблена програма теоретичних та експериментальних досліджень. Для реалізації поставлених завдань обґрунтовано методи та методики досліджень. Наведено опис основних експериментальних установок.

2.1. Амарант як об'єкт досліджень

Об'єктом досліджень була технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту.

Предметом досліджень – властивості зернової маси амаранту, процеси його сушіння, нагрівання, охолодження та зберігання. Дослідження проводили на зразках зерна амаранту сортів «Ультра» та «Харківський» врожаїв 2006-2014 років, вирощеного в Херсонській області.

2.2. Програма, методи досліджень та експериментальна база

Програма досліджень наведена на рис. 2.1.

Дослідження проводилися на кафедрах Одеської національної академії харчових технологій: технології зберігання зерна; процесів, апаратів та енергетичного менеджменту, біохімії, мікробіології та фізіології харчування.

У відповідності до задач дослідження було розроблено програму роботи, яка передбачає проведення як загальноприйнятих фізико-технологічних, гігроскопічних та теплофізичних досліджень, так і досліджень способів післязбиральної обробки зерна амаранту для визначення ефективних режимів очищення, сушіння, тимчасового зберігання і виявлення найбільш раціонального способу обробки.

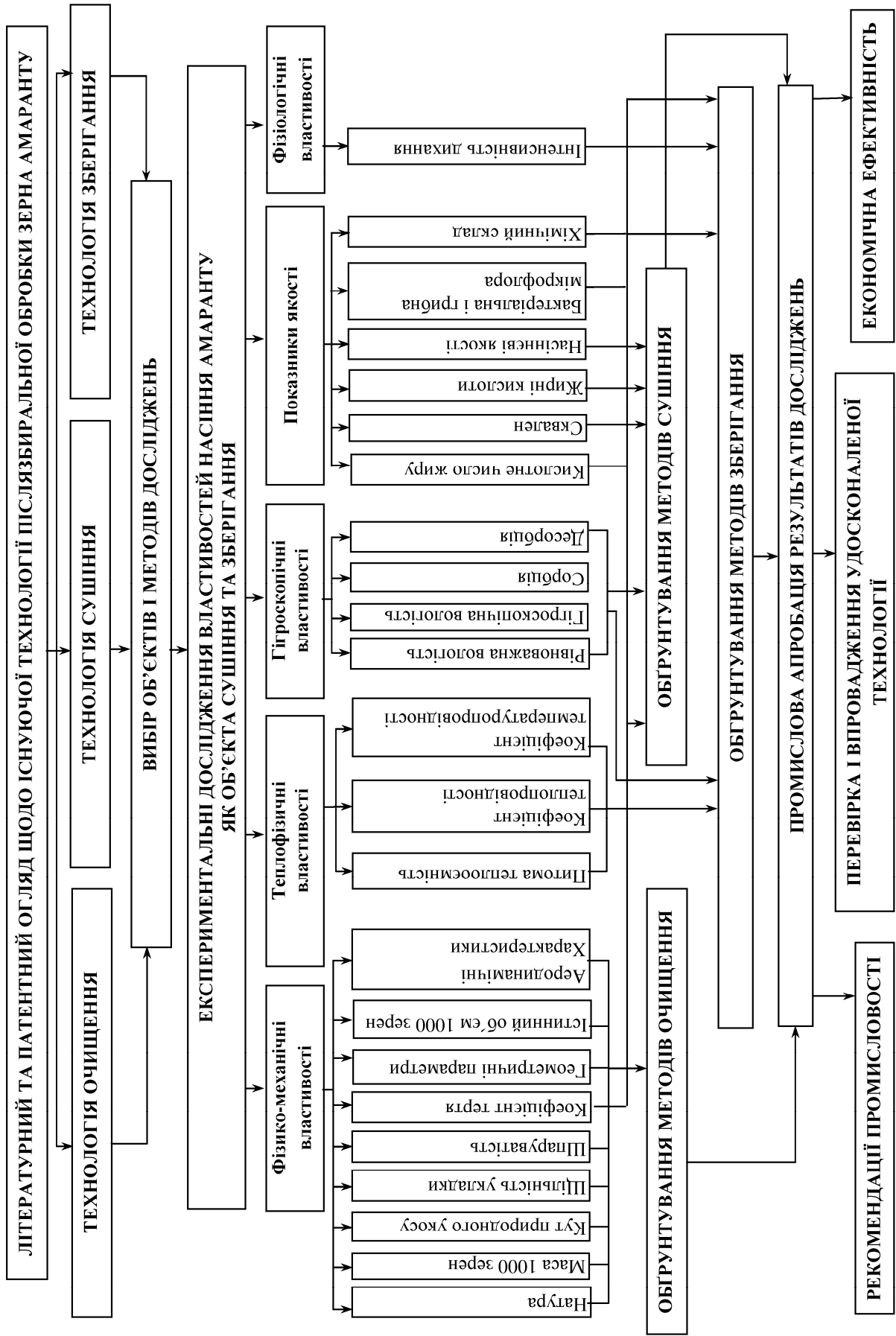


Рис. 2.1. Програма досліджень.

На першому етапі були досліджені:

- фізико-механічні властивості (ФМВ) зерна амаранту за такими показниками: натурна маса, маса 1000 зерен, щільність, шпаруватість, кут природного укусу, коефіцієнти внутрішнього та зовнішнього тертя по різних поверхнях (по сталі, пластмасі, гумі), гранулометрична характеристика;
- аеродинамічні властивості: швидкість витання, коефіцієнт парусності, аеродинамічний опір зернового шару;
- гігроскопічні властивості;
- теплофізичні характеристики (ТФХ) зерна амаранту (питома теплоємність, коефіцієнти теплопровідності, температуропровідності та теплової активності).

На другому етапі для обґрунтування та вибору найбільш ефективного способу та режиму сушіння проводили дослідження закономірностей процесу сушіння зерна амаранту, а також вивчали вплив температури повітря що подається в зерновий шар на швидкість зневоднення при різних вихідних параметрах зерна. Визначено можливість розділення зернової суміші свіжозібраного амаранту.

З метою зменшення кількості дослідів та підвищення достовірності результатів було використано метод планування багатофакторних експериментів. моделі, які були отримані при цьому мали відносно просту структуру та були представлені у вигляді поліному:

$$Y = B_0 + B_i x_i + B_{ij} x_i x_j, \quad (2.1.)$$

де Y – критерій оцінки процесу;

B_0, B_i, B_{ij} – коефіцієнти регресії;

x_i, x_j – кодовані значення факторів.

Дослідження виконували шляхом планування повного факторного експерименту типу ПФЕ- 2^k . Перехід від натуральних до кодованих значень проведено за формулою

$$x_i = (X_i - X_{0i}) / \lambda_i, \quad (2.2)$$

де X_i – натуральне значення i -того фактору;

X_{0i} – нульовий (основний) рівень фактору;

λ_i – інтервал (шаг) варіювання i -того фактору.

Застосування методів планування дозволило значно скоротити кількість дослідів, а також провести обробку і статистичний аналіз отриманих результатів. До статистичного аналізу входили обчислення остаточних дисперсій, оцінка значущості коефіцієнтів, перевірка адекватності отриманих моделей. Методи статистичної обробки описано в спеціальній літературі [90, 92]. Обробку результатів проведено на ЕОМ за допомогою пакету стандартних а також розроблених на кафедрі технології зберігання зерна ОНАХТ програм. Після перевірки значущості коефіцієнтів регресії і оцінки адекватності отриманих моделей було побудовано необхідні графічні залежності.

На третьому етапі визначали зміни мікробіологічних і біохімічних показників якості зерна амаранту за загальноприйнятими методиками.

На четвертому етапі було проведено апробацію розроблених режимів сушіння та зберігання, а також визначено економічний ефект від технології обробки зерна амаранту, яка рекомендована.

2.2.1. Методики досліджень фізико-механічних властивостей. Визначення фізико-механічних показників досліджуваного об'єкту післязбиральної обробки і зберігання було проведено за допомогою методів, які затверджені відповідними ГОСТами, ДСТУ, або тих, що застосовуються в науково-дослідних роботах та рекомендовані у відповідній літературі.

Відбір проб проводили за ГОСТ 13586.3-83 [33]. Вологість зерна визначали згідно ДСТУ 29144:2009 (ISO 711-85). Були визначені наступні показники: кут природного укосу згідно ГОСТ 28254-89, коефіцієнти тертя, гранулометричний склад, об'ємна маса (натура) (ГОСТ 10840-64), маса 1000 зерен за (ДСТУ 10842-89), шпаруватість, щільність укладання зерна [20, 21, 38, 81, 135].

Визначення істинного об'єму 1000 зерен. Істинний об'єм 1000 зерен визначають зануренням їх у мірний циліндр, заповнений до певного (10...50

см³) об'єму рідиною, що не змочується, — гасом тощо. Збільшення об'єму рідини (V , см³) відповідає істинному об'єму 1000 зерен.

Фізико-технологічні показники зерна мають практичне значення при проведенні розрахунків складських приміщень, а також для розв'язання таких задач як переміщення насінневої маси, очищення, сушіння, наступне зберігання. До таких показників відносяться форма і розміри насінин, гранулометричний склад насінневої маси, сипучість, насипна щільність, шпаруватість, коефіцієнти тертя спокою і руху, тощо.

Для ретельного вивчення зерна та домішок брали наважку середнього зразку, яку складали за Держстандартом 15895-77.

У дослідах із зерном амаранту різної вологості застосовували метод штучного зволоження.

Визначення шпаруватості. Шпаруватість дослідного зразка визначають за формулою

$$S = 100 - V \cdot \gamma / (10 \cdot M), \quad (2.3)$$

де S – шпаруватість, %;

V – істинний об'єм 1000 зерен, см³;

M – маса 1000 зерен, г;

γ – натура (об'ємна маса) зерна, г/дм³.

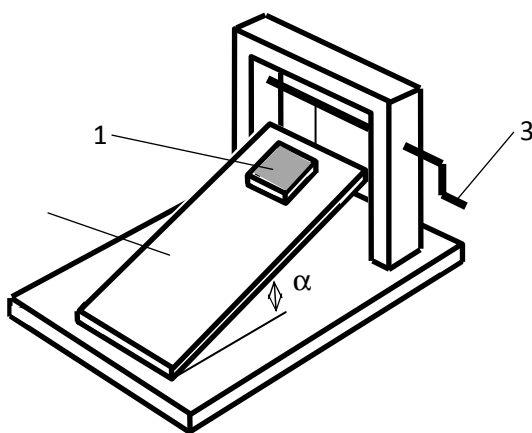


Рис. 2.2. Прилад для визначення коефіцієнта тертя спокою: 1 – рамка для зерна; 2 – планка; 3 – рукоятка

Визначення коефіцієнта тертя спокою. Коефіцієнт тертя спокою f_0 визначають за кутом тертя зерна по поверхні. Коефіцієнт тертя спокою чисельно дорівнює тангенсу граничного кута нахилу площини, при якому зерно починає рухатися по похилій площині

$$f_0 = \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.4)$$

Коефіцієнт зовнішнього тертя спокою визначають за допомогою приладу,

зображеного на рис 2.2. Досліджуваний зразок зерна засипають у рамку 1 так, щоб частки виступали за край посудини. Рамка поміщена на горизонтально встановлену планку 2; при цьому повинен забезпечуватися контакт зернин із поверхнею планки. Матеріал поверхні можна змінювати.

Рукою 3 повільно змінюють нахил планки до горизонту. Кут, при якому починається рух рамки з матеріалом, і є кутом зовнішнього тертя зернин об поверхню матеріалу [81].

Визначення коефіцієнта тертя в русі. Коефіцієнт зовнішнього тертя вантажу в русі менше, ніж у спокої, як правило, на 10...30 %. Його визначають за допомогою приладу (рис. 2.3), що складається з нахиленої площини 1, кутоміра 2, прозорого екрана з координатною сіткою 3 і завантажувального бункера 4.

Для визначення коефіцієнта зовнішнього тертя руху необхідно встановити похилу поверхню 1 під таким кутом до площини горизонту, при якому відбувається стійкий рух зернин по площині.

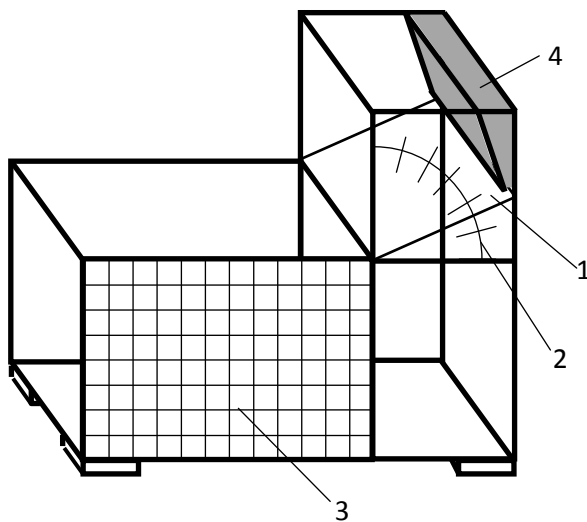


Рис. 2.3. Прилад для вимірювання коефіцієнта зовнішнього тертя руху зернової маси: 1 – нахилена площина; 2 – кутомір; 3 – прозорий екран з координатною сіткою; 4 – завантажувальний бункер

Коефіцієнт зовнішнього тертя руху розраховують для всіх експериментальних точок траєкторії руху зерна за формулою

$$F = \operatorname{tg} \alpha \cdot 1/4L \cdot x^2 / (y - x \cdot \operatorname{tg} \alpha), \quad (2.5)$$

де α – кут нахилу площини до горизонту, град;

L – довжина площини, см;

x , y – координати траєкторії вільного польоту зернин, виражені в метричних одиницях, см.

Потім розраховують середнє арифметичне значення коефіцієнта зовнішнього тертя руху зерна за експериментальним значенням $f_{\text{рух } i}$, що i є остаточною результатом визначення. Розрахунки проводили за спеціальною про-

грамою, що наведена в додатку 1.

грамою (*Microsoft Excel*), розробленою на кафедрі технології зберігання зерна ОНАХТ [81].

2.2.2. Методика досліджень гранулометричного складу. Геометричні розміри частинок і співвідношення їх розмірів в загальному об'ємі сипкого матеріалу, тобто гранулометричний склад – це розподіл за крупністю частинок, що визначається розміром найбільших частинок, які містяться в пробі [15, 53, 81].

Для кожного зразка зерна амаранту визначено гранулометричний склад методами математичної статистики, для чого визначили розмах варіювання лінійних розмірів, класи, частоту та моду (значення геометричних розмірів частинок a_i , яке спостерігається найбільшу кількість разів).

Середній діаметр насінин розраховували за даними гранулометричного складу насінневої маси та прямим вимірюванням мікрометром.

2.2.3. Методика дослідження гігроскопічних властивостей зерна. Дослідження гігроскопічних властивостей зерна проводили за методикою, наведеною в спеціальній літературі [118].

Величину рівноважної вологості w_p встановлюють шляхом висушування наважки (стандартний метод визначення вологості зерна [81, 118]) і розраховують за формулою

$$w_p = 100 - G_n (100 - w_n) / G_i, \% \quad (2.6)$$

де G – початкова маса вихідного зерна, г;

G_i – маса зерна в момент часу τ , г;

w_n – початкова вологість зерна, %.

Для згладжування експериментальних даних їх можна апроксимувати виразом

$$w = w_0 - \tau / (a + b\tau), \quad (2.7)$$

де a і b – коефіцієнти, що визначають методом найменших квадратів;

w – поточні значення вологості зерна, %;

τ – тривалість проведення дослідження, год.

Цей вираз зручно використовувати для розрахунку вологості зерна в залежності від тривалості його зберігання τ при різних значеннях ϕ .

Якість апроксимації залежності $w = f(\tau)$ оцінюють за величиною середньоквадратичного відхилення

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i - \hat{w}_i)^2 / (n-1)}, \quad (2.8)$$

де w_i , \hat{w}_i – експериментальне і розрахункове значення вологості зерна в i -му досліді, %;

n – число дослідів.

За отриманими даними будують графічні залежностям $w = f(\tau)$ з яких визначають рівноважну вологість зерна w_p . Далі встановлюють залежність зміни рівноважної вологості w_p від відносної вологості повітря і температури, а також час τ_p досягнення рівноважної вологості.

Рівноважну вологість зерна амаранту визначали тензиметричним методом [81, 118].

2.2.4. Дослідження аеродинамічних характеристик зерна. **Визначення швидкості витання зерна.** Швидкість витання зерна визначали за допомогою лабораторного повітряного класифікатора [10, 81].

Установка складається з прозорої конічної труби, вентилятора і осадової камери. Для регулювання витрати повітря, що прокачується через установку, встановлена ірисова діафрагма. Зміна швидкості повітряного потоку контролюється після вхідного колектора U-подібним манометром, встановленим в перетині труби на відстані одного діаметра від колектора. Товщина стінки прозорої конічної труби 3 мм, внутрішній діаметр 48,5 мм, кут розкриття колектора $\alpha=52,7^\circ$.

На вході й виході конічної труби масові витрати повітря однакові, тобто

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{або} \quad v_1 F_1 = v_2 F_2, \quad (2.9)$$

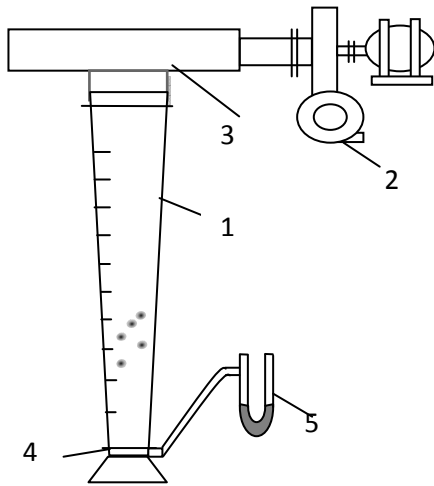


Рис. 2.4. Установка для визначення швидкості витання зерна: 1 – конічна труба; 2 – вентилятор; 3 – осадова камера, 4 – колектор; 5 – U-подібний манометр.

звідки

$$v_2 = v_1 (F_1 / F_2). \quad (2.10)$$

Для визначення швидкості витання повітряного потоку в перетині, де витає зерно, вводять поправковий коефіцієнт

$$K = F_1 / F_2. \quad (2.11)$$

Оскільки $F = \pi d^2 / 4$, то $K = d_1 / d_2$.

В експериментальній установці діаметр конусної труби у вхідному перетині $d_1 = 48,5$ мм. Оскільки труба являє собою конус, то на відстані l від вхідного перетину діаметр труби складе

$$d_2 = d_1 + \Delta d = d_1 + 2 l \sin \alpha, \quad (2.12)$$

де α – кут при вершині косинуса.

l – висота, біля якої коливається частка досліджуваного зразка.

З огляду на те, що в установці при $l = 100$ мм $\Delta d = 2,5$ мм, то $\sin \alpha = 0,025$.

Тоді поправковий коефіцієнт K буде дорівнювати

$$K = \frac{d_1^2}{(d_1 + \Delta d)^2} = \frac{48,5^2}{(48,5 + \Delta d)^2} = \frac{2325,25}{(48,5 + 0,05 \cdot l)^2}, \quad (2.13)$$

де l – висота (число поділок на конусній трубці, мм), біля якої коливаються зернівки досліджуваного зразка.

Визначивши у вхідному перетині динамічний тиск

$$H_d = gh, \text{ Па}, \quad (2.14)$$

де h – тиск, визначений U-подібним манометром,

і, з огляду на те, що в цьому перетині $H_d = H_{ст}$, можна розрахувати швидкість повітряного потоку у вхідному перетині

$$v = 1,29 \sqrt{H_d}, \text{ м/с} \quad (2.15)$$

а, потім, і швидкість витання досліджуваного зразка зерна

$$v_s = VK, \text{ м/с} \quad (2.16)$$

Досліди повторюють для 10 зернин. Залежність швидкості витання досліджуваного матеріалу від вологості представляють у вигляді графіка. Якщо на цей же графік нанести значення швидкості витання домішок, то можна зробити висновок про можливість їхнього відділення від зерна в аспіраційних каналах повітряно-ситових сепараторів.

Відомо, що залежність між швидкістю витання v_{vit} та коефіцієнтом парусності K_{Π} виражається наступним чином:

$$v_{vit} = \sqrt{\frac{g}{K_{\Pi}}}, \quad (2.17)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с.

Методика визначення опору шару сипкого матеріалу. Опір шару сипкого матеріалу в залежності від товщини шару та швидкості потоку повітря визначають для встановлення параметрів проведення активного вентилявання зернової маси [10, 54].

Аеродинамічний опір визначають за відомою в літературі [81] методикою на експериментальній установці (рис. 2.5), що складається з вентиляємої труби, до якої підключено вентилятор з режимом регулювання швидкості подачі повітря. Визначення проводиться для декількох шарів матеріалу з регулюванням швидкості від меншої до більшої. При цьому за допомогою манометрів визначається статичний та динамічний тиски, за якими розраховується опір шару.

У повітропровід 4 поміщають зразок зерна з певною товщиною шару, крізь який проходить повітря, що нагнітається вентилятором 1. Витрати повітря задаються за допомогою регулятора 2. Динамічний та повний опір вимірювали мікроманометрами 7 та 8 за допомогою трубки Піто 6.

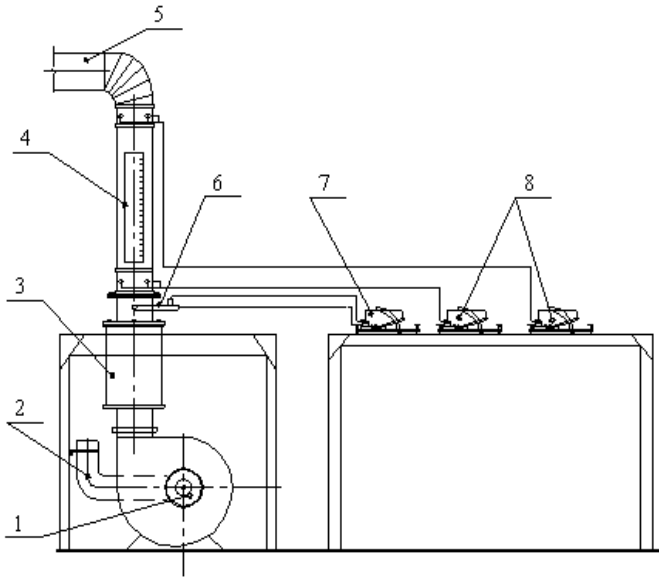


Рис. 2.5. Експериментальна установка для визначення аеродинамічного опору зернового шару: 1 – вентилятор; 2 – повітропровід з засувкою; 3 – повітропровід; 4 – повітропровід для шару зерна; 5 – вихідний повітропровід; 6 – трубка Піто; 7 – мікроманометр для динамічного опору; 8 – мікроманометри для повного тиску.

Загальний аеродинамічний опір зернового шару визначається за формулою

$$H_{\text{заг}} = H_1 - H_2, \quad (2.18)$$

де H_1 – статичний опір на вході у повітропровід, Па;

H_2 – статичний опір на виході з повітропроводу, Па.

Спочатку визначаємо аеродинамічний опір установки при холостому ході (без зерна):

$$H_{\text{хол}} = H_{1\text{хол}} - H_{2\text{хол}}. \quad (2.19)$$

Тоді, аеродинамічний опір зернового шару буде дорівнювати

$$H_{\text{ш}} = H_{\text{заг}} - H_{\text{хол}}, \quad (2.20)$$

Швидкість повітряного потоку у повітропроводі визначаємо:

$$v = 1,2\sqrt{H_{\text{д}}}, \quad (2.21)$$

де $H_{\text{д}}$ – динамічний опір, Па.

Витрати повітря на подолання аеродинамічного опору шару зерна визначаємо за формулою

$$Q = v \cdot S, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.22)$$

де S – площа перетину повітропроводу, м^2 .

2.2.5. Дослідження теплофізичних характеристик (ТФХ) зерна. З численних методів визначення ТФХ матеріалів нами був використаний порівняно простий і достатньо точний зондовий метод остигаючої пластини [18, 81], заснований на розв’язанні задачі про розповсюдження в необмеженому тілі температури, що віддається протягом деякого часу заздалегідь нагрітою пластиною. При цьому вважають, що напрям теплового потоку в центральній частині пластини перпендикулярна до її поверхні, а температура в цій області залежить тільки від однієї координати x [18, 81, 125, 133].

Основним елементом установки (рис. 2.6) є вимірювальний осередок, виготовлений з термоізолюючого матеріалу розміром $20 \times 15 \times 15$ см, у середині якої перпендикулярно до її довжини розташовується зонд 4 – латунна пластина розміром $15 \times 15 \times 0,3$ см. Її центральна частина, розміром $5 \times 5 \times 0,3$ см вирізана і обрамлена ебонітовою рамкою 5 шириною 0,3 см для відділення від навколишніх її частин пластини. Останні виконують роль “захисного кільця” по відношенню до центральної частини пластини.

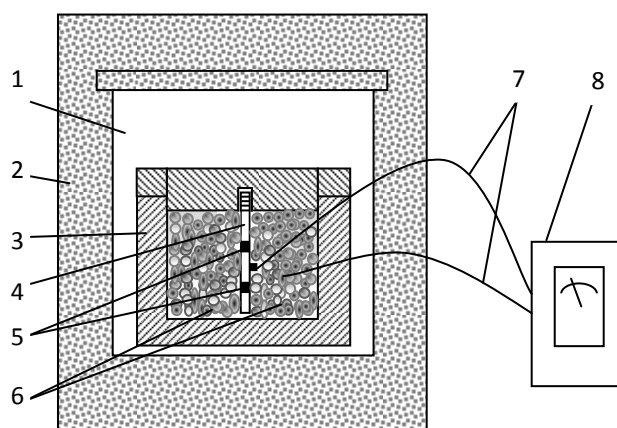


Рис. 2.6. Схема експериментальної установки для визначення теплофізичних характеристик зерна: 1 – термокамера; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 – вимірювальна камера, 4 – латунна пластина (зонд); 5 – ебонітова рамка; 6 – насіння; 7 – термопар; 8 – потенціометр.

Методика проведення дослідів полягала у тому, що латунну пластину попередньо нагрівали до температури, яка на $18 \dots 20$ °С перевищувала температуру досліджуваного матеріалу, вводили її в матеріал і через кожні 3 хви-

лини контролювали температуру матеріалу і пластини. Досліди проводили в трикратній повторності. Температуру матеріалу і пластини вимірювали за допомогою хромель-копелевих термоелектродів (термопар) завтовшки 0,2 мм в комплексі з потенціометром ПП-63. Підігрів матеріалу і пластини до заданої температури вимірювального осередку проводили в термокамері SPT-200. Для забезпечення заданих значень вологості матеріалу, його штучно зволожували і витримували протягом трьох діб для рівномірного перерозподілу вологи.

Визначення теплофізичних характеристик зерна на описаній експериментальній установці проводили за наступними розрахунковими формулами:

$$a = 3336 \cdot 10^{-9} / \tau_{\max}, \quad (2.23)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{с}$;

τ_{\max} – час з початку досліду до настання максимального значення температури в точці виміру, хв.

$$\ln(c \cdot \gamma) = 11,63 + \ln(\Delta T_n / \Delta T_m), \quad (2.24)$$

де c – питома теплоємність, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{Дж})$;

γ – об'ємна маса матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ΔT_n – зміна температури протягом досліду, $^{\circ}\text{C}$;

ΔT_m – зміна температури в даній точці дослідженого матеріалу за час досліду, $^{\circ}\text{C}$.

$$\lambda = a \cdot c \cdot \gamma, \quad (2.25)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}, \quad (2.26)$$

де ε – коефіцієнт теплової активності, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

У формулу (2.23) для визначення коефіцієнта температуропровідності a входить значення τ_{\max} . Як правило, це значення знаходять з графіків залежності температури матеріалу від часу. Проте, для матеріалів, що характеризуються порівняно високими теплоізоляційними властивостями, визначення

τ_{\max} графічним методом пов'язано з великими похибками, що виникають через відсутність чітко вираженого максимуму температури матеріалу в процесі дослідження (максимум “розмитий”). Тому для підвищення точності визначення τ_{\max} експериментально одержана залежність зміни температури зерна θ_3 від часу дослідження τ була апроксимована квадратичним поліномом вигляду

$$\theta_3 = b_0 + b_1 \cdot \tau + b_2 \cdot \tau^2, \quad (2.27)$$

на підставі якого, обчислювали екстремальне значення τ_{\max} і відповідне йому значення θ_3 , використовувані при розрахунку $\Delta\theta_3$ у формулі для визначення питомої теплоємності. Коефіцієнти полінома b_0 , b_1 та b_2 визначали методом найменших квадратів [81].

Перед початком дослідження температуру пластини доводять до величини, що перевищує температуру зерна на 18...20 °С, потім її вводять в зернову масу. У цей момент відлічують по приладу значення ЕРС, що розвивається термопарами № 1 (робочий спай прикріплений до зернівки) і № 2 (робочий спай прикріплений до пластини), пускають в хід секундомір.

Після цього відлік роблять через кожні три хвилини при вимірюванні ЕРС пластини і через кожну хвилину при вимірюванні ЕРС зерна. Потім за градуированими графіками термопар визначають температуру зерна і пластини.

З графічних побудов змін температури зерна в часі знаходять τ_{\max} . Його значення підставляють у формулу (2.23) для обчислення коефіцієнта температуропровідності a . Потім за формулою (2.24) визначають значення питомої теплоємності c . Значення γ можна обчислити для різних моментів часу, бо, як показав аналіз експериментальних даних, всі ці значення трохи відрізняються один від одного. Величини λ і ϵ знаходять розрахунковим шляхом за формулами (2.25) і (2.26).

Для отримання узагальнених емпіричних залежностей теплофізичних характеристик дрібнонасіненних культур в дослідженій області зміни їх початкової вологості проводили обробку експериментальних даних послідов-

ним множинним регресійним аналізом з наступною статистичною оцінкою результатів [81].

2.2.6. Дослідження мікрофлори зерна під час зберігання. Однією з можливих причин погіршення якості зерно при зберіганні є розвиток на них мікроорганізмів [107, 109].

Аналіз мікрофлори зерно амаранту проводили традиційними методами [126]. Родову належність установлювали за культуральними та морфологічними ознаками [107, 109, 126].

2.2.7. Дослідження зміни хімічного складу. Боротьбу з втратами і зниженням споживчих властивостей зерно і зернових продуктів можливо здійснити тільки на основі глибоких знань їхнього хімічного складу і складних біологічних і хімічних процесів, які протікають у продуктах, інтенсивність яких залежить від особливостей об'єкта та умов зберігання [9, 61, 63, 127, 142-144].

В зразках зерно визначали вологість, вміст крохмалю, клітковини, зольність, «сирий» жир і його якість загальноприйнятими методиками, загальний азот – методом Кьельдалю, небілковий азот – по Барнштейну [22-26, 28-32, 34-37, 39-42, 82].

Після проведення сушіння зерна амаранту різними способами проводили дослідження його хімічного складу.

Для встановлення кількості омильних речовин, навішування зерна масою 10г. Перетирали з піском і тричі екстрагували гексаном по 2год. Об'єднані екстракти упарювали до сухого залишку на водяній бані, додавали по 20мл водного розчину 20 % NaOH і кип'ятили на водяній бані із зворотним холодильником 2год. Отримані розчини тричі екстрагували гексаном. Потім додавали 10 % HCl до рН = 3 і також екстрагували гексаном. Отримані гексановий екстракти упарювали до сухого залишку і зважували.

Визначення сквалену проводили методом нормування з використанням хроматос-спектрометра. Для цього неомилюваний залишок розчиняли в 10 мл гексану, що містить сквален в концентрації 1 мг / мл. Отримані розчини

досліджували за таких умов: капілярна колонка - HP-5MS, довжина - 30 м, діаметр - 0,25 мм, фаза - 0,25мкм., Постійний потік - 1,0мл / хв., Газ-носії - гелій, інжектор - автоінжекторів 7683, Split - 20: 1, температура випарника Т-280 ° С, Термостат: Тнач - 200 ° С, витримка 2 хв., нагрівання - 10 ° С / хв, Ткон - 300 ° С, іонізація - електронним ударом, енергія іонізації - 70eV, температура іонного джерела Т-230 ° С; температура квадруполя Т-150 ° С. Обсяг введеної проби - 1мкл.

2.2.8. Методика визначення інтенсивності дихання. Зерно — це живий організм. Життєдіяльність проявляється тому, що воно дихає. В процесі дихання клітини зерна використовують енергію за рахунок розщеплення своїх органічних речовин. Таким чином, дихання зерна під час його зберігання супроводжується втратою сухих речовин, яке називають природною втратою.

Енергію дихання зерна зазвичай виражають кількістю міліграмів вуглекислого газу, виділеного 100 г сухої речовини зерна за 24 години (при відповідних умовах досліду).

Метод визначення енергії дихання базується на уловлюванні розчином їдкого барію вуглекислого газу, який виділяє зерно при диханні [118].

Енергію дихання (X) розраховують за формулою

$$X = 2,2 \cdot (A \cdot K_a - 2 \cdot B \cdot K_b), \quad (2.28)$$

де A – кількість 0,1 моль/дм³ розчину Ва(ОН)₂, взятого для досліду, см³;

K_a – поправковий коефіцієнт для перерахунку на точно 0,1 моль/дм³ розчину Ва(ОН)₂;

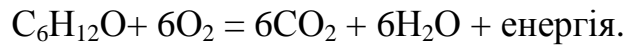
2,0 – множник, який вказує, що на титрування було взято 1/2 частину розчину бариту, що прореагував;

B – кількість 0,1 моль/дм³ розчину НСІ, яка пішла на титрування непрореагованого бариту, см³;

K_b – поправковий коефіцієнт для перерахунку на точно 0,1 моль/дм³ розчину НСІ;

2,2 – перевідний коефіцієнт: 1 см³ точно 0,1 моль/дм³ розчину Ва(ОН)₂ зв’язує 2,2 мг СО₂.

Одержані результати перераховують на 1 кг зерна за 24 години зберігання. Для визначення втрат в масі зерна при зберіганні за рахунок його дихання виходять з основного рівняння аеробного дихання:



2.2.9. Методика визначення енергії проростання. Придатність зерна до посіву і зберігання характеризують посівні якості, до яких відносять енергію проростання, схожість, життєздатність і деякі інші [27]. Вважається, що життєздатне зерно – цінна біологічна сировина для виробництва таких продуктів, як борошно і печений хліб.

Схожість – це кількість насіння, яке проросло у встановлений для певної культури термін (сім-десять днів). Вона виражається у відсотках від загальної кількості насіння, взятого для пророщування, і характеризує здатність утворювати нормально розвинені проростки при оптимальних умовах пророщування.

Під показником енергії проростання розуміють відсоток зерен, що проросли за 3 доби, під показником здатності проростання - відсоток зерен, що проросли за 5 діб.

Стандартом передбачено, що показник здатності проростання повинен бути не менше 95 %. Методи визначення енергії проростання і здатності проростання викладені в ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості».

2.2.10. Методика дослідження кінетики сушіння. У зв’язку з нерівномірністю окремих зерен за вологістю, неможливістю формування партій у досліджуваному діапазоні початкової вологості, а також із труднощами збереження вологого зерна, досліди проводили на штучно зволоженому зерні. Для цього зерно зволожували з наступним його відлежуванням для рівномірного розподілу вологи в матеріалі [81].

Витрати води, необхідні для зволоження зерна, визначають за формулою:

$$\Delta m = M_0 (w_n - w_k) / (100 - w_k), \quad (2.29)$$

де M_0 – маса зерна, що міститься у вимірювальному осередку, г;

w_n – початкова вологість зерна, %;

w_k – кінцева вологість зерна, %.

Діапазон зміни вологості для дослідження кінетики сушіння $w = 14,6 \dots 19,5$ %.

Значення вологості зерна перед дослідами визначали за стандартною методикою [24], а значення поточної — розрахунковим шляхом. Для цього в процесі сушіння касету періодично зважують на електронних вагах і за зменшенням маси зерна за рахунок випаровування води, розраховують значення вологості за формулою

$$w_i^3 = 100 - \frac{G_n}{G_i} \cdot (100 - w_n^3), \quad (2.30)$$

де G_n – початкова маса зерна до сушіння, г;

G_i – маса зерна в i -тий момент часу, г;

w_i^3 – початкова вологість зерна до сушіння на загальну масу, %.

Перераховують вологість зерна на суху масу w^c для кожного зафіксованого моменту часу за формулою

$$w^c = \frac{100 \cdot w^3}{100 - w^3}, \quad \% \quad (2.31)$$

Методика дослідження конвективного сушіння зерна. Для експериментального для вивчення кінетики сушіння зерна амаранту була використана лабораторна сушильна установка кафедри технології зберігання зерна ОНАХТ для нагрівання і сушіння зерна [114]. Експериментальна установка (рис. 2.7) складається з наступних основних вузлів: двох вентиляторів 1, калорифера 3, сушильної камери 9, ваг 6, контрольно-вимірювальних приладів 7, 13. Калорифер 3, сушильна камера 9 і трубопроводи зовні покриті шаром теплоізоляції. У сушильну камеру 9 можна подавати як нагріте у калорифері

повітря, так і зовнішнє повітря. Вологе повітря засмоктується вентилятором *1* із приміщення і подається в калорифер *3*, де нагрівається від електронагрівників до заданої температури. Витрати повітря, що подається в калорифер, вимірюються за допомогою нормальної діафрагми *2* у комплекті з дифманометром-тягионапороміром *7*. Обертаючи маховик вентиля *8*, установлюють на дифманометрі типу ТНЖ перепад тиску ΔH , що відповідає розрахованими за формулою (2.32) витратам сушильного агента *V*.

Потім установлюють регулятор температури потенціометра *13* на задане значення t_1 . Включають електронагрівники і досягають задану температуру сушильного агента на вході в сушильну камеру.

Через установлений час знімають показання електронного секундоміра *5* та всіх приладів і ваг.

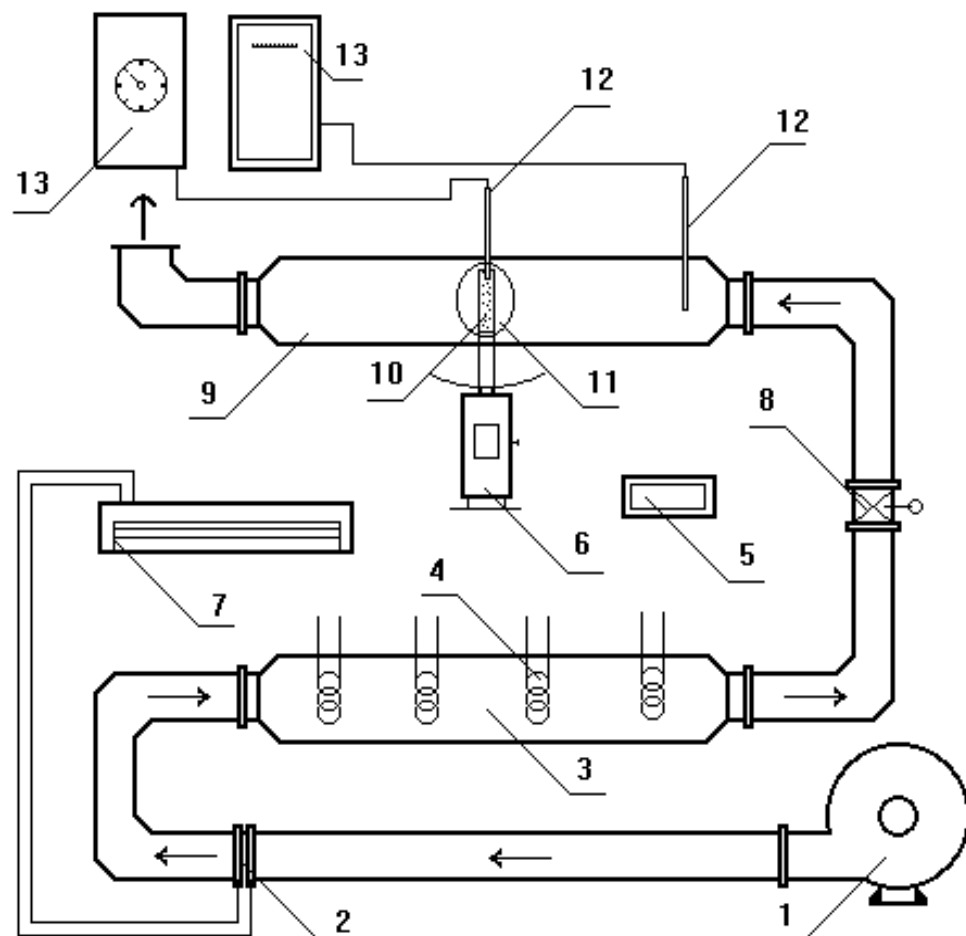


Рис. 2.7. Експериментальна установка для дослідження процесу сушіння

Для зважування сушильної камери використовують електронні ваги ВЛКТ8-2-М. Під час експерименту підтримують постійним перепад ΔH на дифманометрі 7. По закінченні експерименту спочатку виключають електронагрівники 4, а потім, після продування повітрям калорифера і сушильної камери протягом 5...10 хв., виключають вентилятор 1 і електроживлення установки.

Розраховують об'ємні витрати сушильного агента V за формулою

$$V = 3600 f v_{ac} 293 / (273 + t_{c.a.}), \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.32)$$

де f – площа поперечного перерізу сушильної камери, м^2 ;

v_{ac} – швидкість сушильного агента в сушильній камері, умовно віднесена до площі поперечного перерізу сушильної камери, м/с ;

$t_{c.a.}$ – температура сушильного агента, $^{\circ}\text{C}$.

Потім за графіком знаходять відповідні витрати V та перепад ΔH , Па.

Як фактори, що визначають кінетику сушіння були обрані початкова вологість w_0 і температура θ_0 амаранту, а також температура агента сушіння t . Значення висоти зернового шару було прийнято $h = 0,1$ м, а швидкість агента сушіння $v = 0,3$ м/с , що відповідає умовам сушіння в шахтних зерносушарках (наприклад, типу ДСП) з діагональним розташуванням коробів. Діапазони зміни факторів w_0 , θ_0 і t обрані з реальних умов.

Дослідження проводили при двох температурних режимах:

$$t_{c.a} = 50^{\circ}\text{C} \text{ та } t_{c.a} = 60^{\circ}\text{C}.$$

На першому етапі обробки результатів дослідів за експериментальними даними w_i^c і τ_i будують криву сушіння, відкладаючи по осі ординат значення вологості w^c (%), а по осі абсцис значення часу τ (хв.). Нанесені експериментальні точки з'єднують плавною кривою.

За експериментальними даними будують також і криву температури нагрівання зерна в координатах: на осі ординат — значення температури зерна θ ($^{\circ}\text{C}$), а на осі абсцис — значення часу τ (хв.).

Методика дослідження конвективно-мікрохвильового сушіння зерна.

Експериментальна установка розроблена на кафедрі теплоенергетики і трубопровідного транспорту енергоносіїв Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С.Мартинівського ОНАХТ, загальний вигляд якої наведено на рис. 2.8.

Касету з зерном амаранту розміщували у мікрохвильовому полі. Обробку проводили імпульсно ($\tau_e = 4\text{с.}, 8\text{с}$) Одночасно крізь касету з матеріалом протягувалося зовнішнє повітря ($Q = 2,3\text{м}^3/\text{с}$), що не дозволяло досліджуваному матеріалу перегріватися.

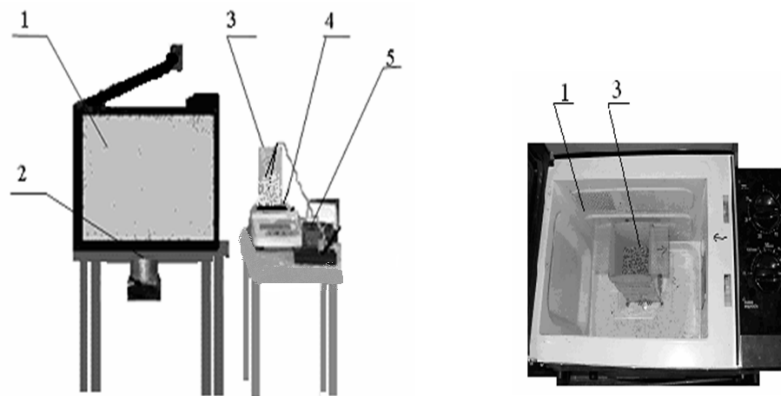


Рис.2.8. Експериментальна установка для дослідження конвективно-мікрохвильового сушіння зерна

Установка працює таким чином. У робочу камеру 1 поміщається касета з зерном 3, виготовлена з радіопрозорі сітки. Енергія у робочу камеру надходить через хвилевід від магнетрона з частотою генерації $f = 2450$ МГц, максимальна потужність $P = 800$ Вт, робоча довжина хвилі $\lambda = 0,125$ м.

Для продування шару зерна повітрям використовували всмоктуючий вентилятор 2, швидкість повітря $v = 0,3 \dots 0,5$ м/с.

Для контролю поточної вологості зерна касету з зерном зважували на електронних вагах 4, температуру зерна в період відсутності подачі імпульсу енергії вимірювали термопарою 5.

Дослідження проводили при чотирьох режимах корисної потужності, яку регулювали зміною тривалості подачі енергії τ_p та тривалості паузи τ_{Π} :

- | | |
|---|---|
| 1) $\tau_e = 4$ с, $\tau_{\Pi} = 20$ с; | 2) $\tau_e = 8$ с, $\tau_{\Pi} = 20$ с; |
| 3) $\tau_e = 4$ с, $\tau_{\Pi} = 40$ с; | 4) $\tau_e = 8$ с, $\tau_{\Pi} = 40$ с. |

Висота шару зерна $h = 60$ мм.

Подальшу обробку отриманих даних (розрахунок вологості зерна, побудова кривих сушіння та нагрівання і т.д.) проводили аналогічно дослідженням конвективного способу сушіння.

Методика дослідження кінетики ІЧ-сушіння. Досліди у нерухомому шарі проводились на експериментальному стенді розробленому на кафедрі процесів, апаратів та енергетичного менеджменту (рис. 2.9).

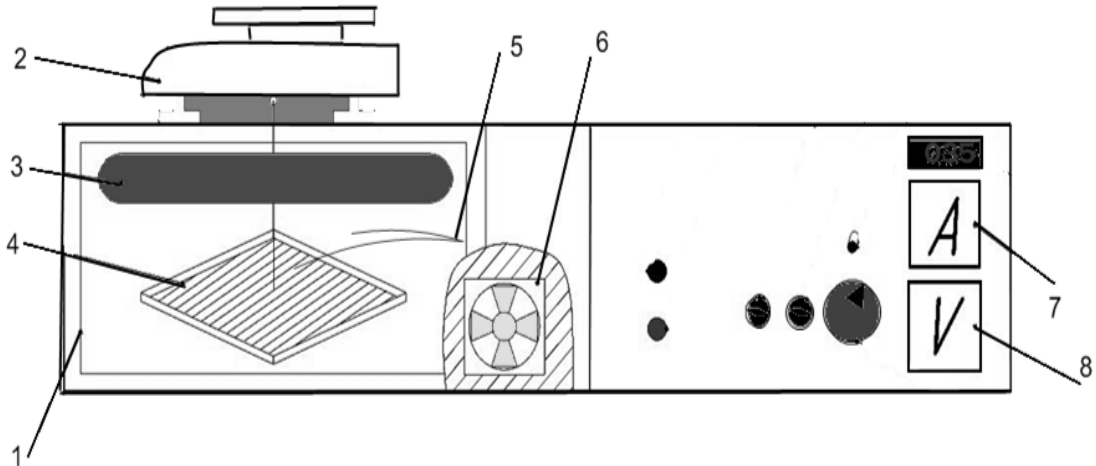


Рис. 2.9. Лабораторна установка для дослідження процесу ІЧ-сушіння в нерухомому шарі.

Експериментальний стенд складається з ІЧ-камери (1), електронних ваг (2), двох ІЧ-генераторів (3), касети з продуктом (4) системи вимірювання температури продукту та повітря в камері (5) і витрат енергії (7, 8).

Рух повітря у камері забезпечується вентилятором (6). Касета квадратної форми зі сторонами 200 мм та бортиками висотою 10 мм для продукту виконана з металевої сітки. Касета підвішується до ваг системою металевих тросів, довжина яких регулюється, що дозволяє задавати необхідну відстань

продукту від випромінювачів. Система дозволяє регулювати відстань у межах 7...15 см.

Генераторами ІЧ-випромінювання виступають кварцеві короткохвильові світлі ІЧ-випромінювачі потужністю 550 Вт, які забезпечують швидкий вихід на температурний режим (30 секунд). Напруга живлення регулювалась системою, яка складається з лабораторного трансформатора, амперметра класу точності 2,5 та вольтметра класу точності 1,5. За показниками амперметра та вольтметра визначалась споживана потужність.

Швидкість повітря на виході з камери вимірювалась електронним анемометром термогігрометром Testo 410-2 і зумовлена швидкістю обертання вентилятора, яка також регулюється ЛАТРОм. Швидкість повітря змінюється в межах 0,5...2,5 м/с.

Система вимірювання температури продукту та повітря в камері складається з двох хромель-копелевих термопар, екранованих від дії ІЧ-випромінювання азбестовим шнуром і алюмінієвою фольгою та цифрового мікрвольтметра РТ-0193 з компенсатором температури оточуючого середовища.

Електронні ваги фіксують зміну маси продукту. За зменшенням маси можна судити про кількість видаленої вологи.

Дослідження проводили при трьох режимах потужності ІЧвипромінювача: 50, 100, 150 Вт

Подальшу обробку отриманих даних (розрахунок вологості зерна, побудова кривих сушіння та нагрівання і т.д.) проводили аналогічно дослідженням конвективного способу сушіння.

2.2.11. Методика визначення можливості розділення зернової суміші. Для вивчення зерна та засмічувачів беруть наважку середнього зразка та розбирають її на фракції. Визначивши їх кількість в зерновій масі відраховують підряд 100-500 зерен основної культури і таку ж кількість із кожної фракції засмічувачів. У відібраних зерен заміряють ширину, товщину та довжину. Розподіляють зерна за класами та будують кореляційні

таблиці із варіаційними кривими. За отриманими результатами визначають можливість розділення суміші та будують схему технологічного процесу [15].

2.2.12. Математична обробка результатів досліджень. Відповідно обраному плану експерименти (досліди) проводили в декількох паралелях. Для виключення впливу неврахованих випадкових впливів дослідни ранжували, тобто черговість їхньої реалізації визначали не порядком у плані експериментів, а за таблицями випадкових чисел, наведеними у спеціальній літературі [6, 90, 92, 136].

Після виконання всіх дослідів плану експериментів проводили статистичну оцінку отриманих результатів, яка зводиться до виключення грубих похибок дослідів, обчисленню середніх за дослідом значень спостережень \bar{y}_i , визначенню вибірових дисперсій S_y^2 для оцінки випадкових похибок, а також обчисленню відносних похибок і ряду інших статистичних характеристик.

Для чисельної оцінки коефіцієнтів в емпіричних математичних формулах використовували метод найменших квадратів.

Обчислення коефіцієнтів у рівняннях математичних моделей проводили на ЕОМ за стандартними програмами та програмами, розробленими на кафедрі технології зберігання зерна ОНАХТ [81]. Статистичну оцінку рівнянь регресії також проводили на ЕОМ, що дозволило суттєво скоротити час обробки і значно підвищити їх точність.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Відповідно до поставленої мети та сформульованим завданням розроблена програма теоретичних та експериментальних досліджень.
2. Для реалізації поставлених завдань обґрунтовано методи та методики досліджень. Наведено опис основних експериментальних установок.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА АМАРАНТУ

У розділі досліджено основні фізико-технологічні, гігроскопічні і аеродинамічні властивості, теплофізичні характеристики зерна амаранту, які можуть бути використані на практиці при організації технологічного процесу його сушіння та зберігання.

3.1. Дослідження фізико-механічних властивостей зерна амаранту

Як підкреслено у розділі 1, на теперішній час, не зважаючи на підвищення інтересу до амаранту, відсутні нормативні науково-обґрунтовані режими і інструкції з очищення, сушіння та зберігання зерна цієї культури.

Розробка необхідних нормативних документів для раціональної організації та проведення технологічних процесів післязбиральної обробки зерна амаранту базується на дослідженні його фізико-технологічних властивостей. Знання вказаних властивостей дозволяє вирішувати велику кількість прикладних задач, які мають практичне значення. Так знання такого показника як сипкість дозволяє моделювати поведінку зернової маси при переміщенні по самопливах, ситах тощо. Вміле використання цих властивостей дозволяє скоротити втрати, поліпшити якість партій зерна й знизити витрати у всіх галузях народного господарства, пов'язаних з виробництвом і використанням зерна.

При визначенні фізико-технологічних властивостей зерна амаранту використовували методи, затверджені відповідними ДСТУ, а також застосовувані в науково-дослідних роботах і рекомендовані у відповідній літературі. Узагальнені результати досліджень представлені у табл. 3.1.

Першим етапом проведення досліджень було визначення вологості зерна, далі визначали об'ємну масу зерна, масу 1000 зерен, густину, кут природного укосу, сипкість, шпаруватість, коефіцієнт зовнішнього тертя в русі та стані покою, швидкість витання, а також геометричні розміри зернівок.

Таблиця 3.1

**Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей
зерна амаранту**

(n = 3, p ≥ 0,95)

Найменування показника	Дослідний зразок			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Масова частка вологи w, %	8,21	9,88	14,47	18,94
Натура γ , г/дм ³	812	762	740	715
Маса 1000 зерен M, г	0,656	0,687	0,699	0,701
Істинний об'єм 1000 зерен V, см ³	0,51	0,54	0,57	0,58
Шпаруватість S, %	36,87	40,10	39,66	40,84
Швидкість витання, м/с	3,15	3,27	3,41	3,49
Кут природного укусу α , град.	21	25	27	29
Коефіцієнти зовнішнього тертя спокою:				
– по пластмасі	0,251	0,314	0,327	0,349
– по сталі	0,244	0,309	0,318	0,335
– по гумі	0,271	0,363	0,382	0,389
Коефіцієнт зовнішнього тертя в русі	0,247	0,287	0,308	0,311

Щільність зерна амаранту, сорт, стан поверхні, а також вологість впливають на натурну масу зерна. З аналізу літературних видно, що натура є дуже змінним показником (коливання складають від 600 до 800 кг/м³) і залежить від способу укладки зерен і фізико-механічних властивостей.

Наведені дані свідчать, що зі збільшенням вологості зерна зростають маса 1000 зерен, шпаруватість, швидкість витання, кут природного укусу і коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою та руху. Натура (об'ємна маса) зерна при цьому зменшується.

Відомо, що коефіцієнти зовнішнього тертя спокою і руху є показниками сипкості матеріалу. Експериментально встановлено, що вони відрізняються незначно. Як видно з табл. 3.1, зразок амаранту відноситься до дуже сипких компонентів, оскільки кут природного укусу дорівнює 25°, що не перевищує даних, наведених в літературних джерелах. Маса 1000 зерен також не перевищує літературні данні.

Для визначення середнього об'єму однієї зернівки наважку зерна занурювали в мірну скляну колбу з відомим обсягом рідини, що не викликає набрякання зерна (ксилол, толуол і ін.). Об'єм однієї зернівки амаранту складав

0,6...2,0 мм³. Зерно амаранту лінзоподібної форми має діаметр від 0,6 до 1,6 мм.

Як відомо, одним з основних показників для організації і ведення процесу очищення є форма і розміри основної культури та домішок.

Основними засмічувачами амаранту є такі рослини як щириця, щетинник сизий, суріпка, чорногівка [108].

Видалення насіння смітних рослин, як і інших домішок, ґрунтується на відмінності фізико-механічних властивостей насіння бур'янів від зерен основної культури.

Для характеристик окремих зернин і шару зерна встановлено стандартні вимірювання їх характеристики: геометричні розміри зерен; маса 1000 зерен; густина зернин; об'ємна маса шару зерна.

Основні геометричні показники зерна амаранту в залежності від вологості наведено у табл. 3.2 – 3.3 та додатку А.

З таблиці 3.2. видно, що зі збільшенням вологості зерна амаранту від 9,2 до 19,3 % збільшуються не тільки геометричні розміри, але й всі параметри зернівки. Розраховані основні геометричні показники зерна амаранту дозволять із достатньою точністю моделювати процеси післязбиральної обробки та підібрати необхідні режимні параметри технологічного обладнання.

Таблиця 3.2

Геометричні характеристики зернівки амаранту в залежності від вологості

($n = 3, p \geq 0,95$)

Параметри зернівки	Вологість зерна амаранту, %		
	9,2	14,9	19,3
Середні арифметичні розміри, мм			
довжина	1,019	1,082	1,232
ширина	0,862	0,936	1,076
товщина	0,861	0,896	0,960
Об'єм V_z , мм ³	0,423	0,508	0,713
Площа F_z , мм ²	0,957	1,017	1,141
Об'єм кулі, мм ³	0,423	0,508	0,713
Площа кулі, мм ²	2,727	3,080	3,858
Еквівалентний діаметр, м	0,932	0,990	1,108
Розрахунковий діаметр, м	0,316	0,335	0,371
Сферичність $F_{ш}/F_z$	2,849	3,028	3,382
Відношення V_z/F_z , м ² /м	0,442	0,500	0,625

Таблиця 3.3

Результати визначення лінійних розмірів та моди зерна амаранту

(n = 3, p ≥ 0,95)

Вологість, %	Довжина (l), мм			Ширина (a), мм				Товщина (b), мм				
	Модальний інтервал			Мода, M _o	Модальний інтервал			Мода, M _o	Модальний інтервал			Мода, M _o
	min	max	частота		min	max	частота		min	max	частота	
9,2	1,02	1,20	98	1,016	0,74	1,10	50	0,799	0,73	1,00	52	0,799
14,9	0,90	1,20	32	1,000	0,60	1,10	30	1,100	0,60	1,10	44	1,000
19,3	0,99	1,50	28	1,300	0,90	1,30	52	1,000	0,80	1,30	50	0,900

3.2. Дослідження аеродинамічних властивостей зерна амаранту

Аеродинамічні властивості зерна характеризуються таким показником як швидкість витання, який необхідно враховувати при проектуванні установок для вентилявання зернової маси. Встановлено, що швидкість повітря у каналах не повинна перевищувати швидкість витання зерна. Залежність між швидкістю витання $v_{вит}$ та коефіцієнтом парусності $K_{п}$ виражається залежністю 2.17 (див. розділ 2).

Результати досліджень аеродинамічних властивостей зерна амаранту наведено у табл. 3.4. та рис. 3.1.-3.2.

Таблиця 3.4

Експериментальні значення швидкості витання та коефіцієнта парусності зерна амаранту

(n = 3, p ≥ 0,95)

Вологість зерна, %	Швидкість витання, м/с	Коефіцієнт парусності, 1/м
9,5	3,28	0,91
12,1	3,32	0,89
14,3	3,38	0,86
16,8	3,45	0,82
19,5	3,51	0,79

Проведена математична обробка результатів досліджень показує, що залежність швидкості витання та коефіцієнту парусності від вологості зерна має лінійний характер. Отримано наступні рівняння для розрахунку швидкості витання та коефіцієнту парусності:

$$v_{вит} = 3,043 + 0,024 w,$$

$$K_{п} = 1,035 - 0,013 w.$$

Зі збільшенням вологості швидкість витання збільшується а коефіцієнт парусності зменшується.

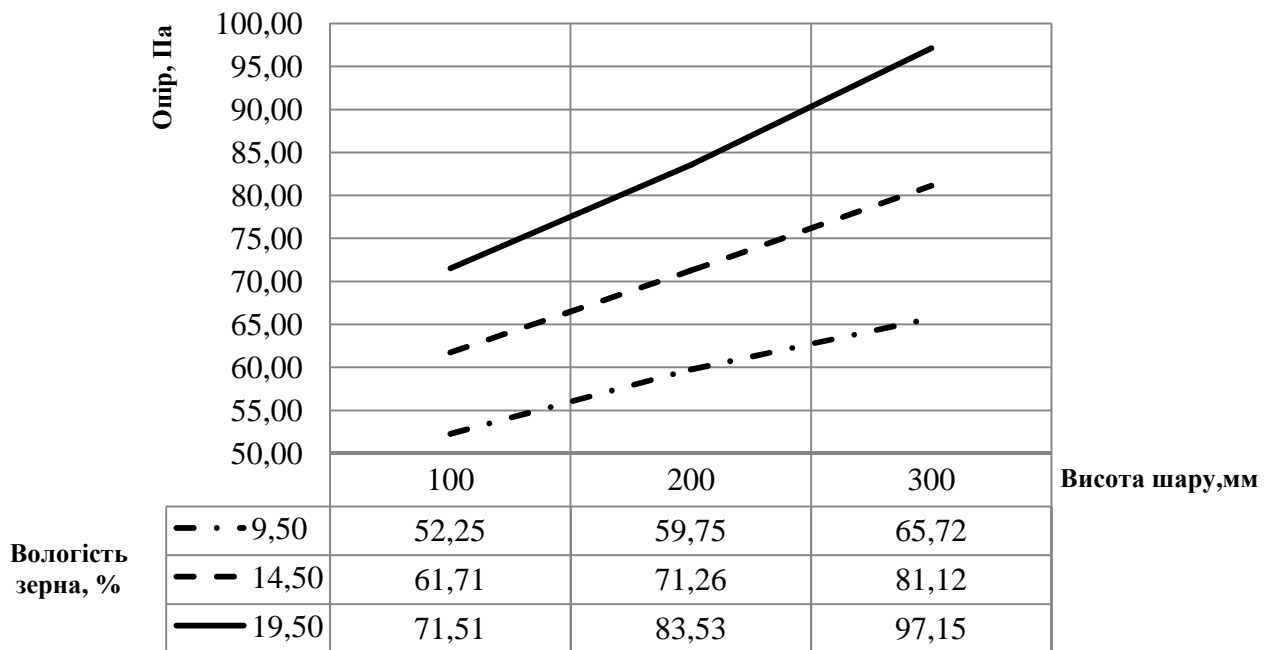


Рис. 3.1. Залежність аеродинамічного опору шару зерна амаранту від висоти шару

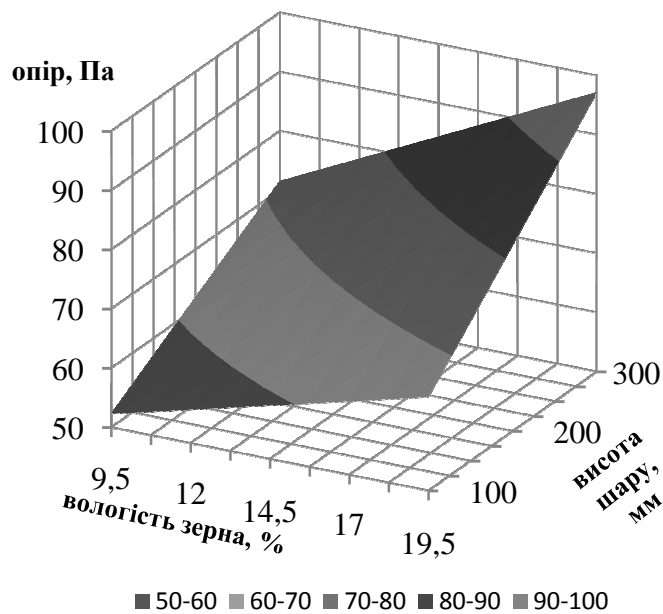


Рис. 3.2. Залежність опору шару зерна амаранту від його вологості та висоти шару.

Залежність аеродинамічного опору шару зерна амаранту від висоти шару носить лінійний характер і може бути описана рівняннями:

- для зерна вологістю 9,5 %: $H_{ui} = 42,56 + 0,09h$;
- для зерна вологістю 14,5 %: $H_{ui} = 47,73 + 0,12h$;
- для зерна вологістю 19,5 %: $H_{ui} = 49,89 + 0,16h$.

Після проведення математичної обробки експериментальних даних отримано рівняння залежності опору шару зерна амаранту від вологості та висоти шару:

$$H_{au} = 45,444 + 0,198w + 0,300h + 0,004wh$$

де h – висота шару зерна, мм;

w – вологість зерна, %.

3.3. Дослідження гігроскопічних властивостей зерна амаранту

Знання гігроскопічних властивостей зернової маси має важливе значення при організації обробки та зберігання, оскільки вологість продукту визначається масою сорбованої води. Від вологості суттєво залежать фізичні і технологічні властивості зерна і зерно-продуктів. Зернини всіх культур, як гігроскопічні речовини, поглинають пару води з навколишнього середовища. Кількість вологи, що поглинається, залежить від таких основних факторів, як температура та відносна вологість зовнішнього повітря, вид зернової культури та її вологість [3, 4, 62, 131].

Вологообмін між повітрям і зерном припиняється, коли парціальні тиски водяної пари в повітрі і над зерном однакові. В цьому випадку настає стан динамічної рівноваги. Вологість зерна, яка відповідає цьому стану, називається рівноважною вологістю [4, 17, 43, 52, 113].

Механізм сорбційної взаємодії зерна з парою води може бути поданий так. Зерно на 90 % за масою сухої речовини складається з білків і вуглеводів, які є гідрофільними біополімерами. Їх макромолекули містять велику кількість функціональних груп, що мають запас вільної енергії. Кожна з груп здатна захопити й утримати одну, дві та більше молекул води. Центри, що утримують молекули води, утворюють активну поверхню, здатну створити моно- або полімолекулярний шар води. Адсорбовані на цій поверхні молекули води можуть проникати всередину зерна, що зумовлює його набухання [4, 113, 131].

Для визначення раціональних режимів зберігання зерна нами був прове-

дений ряд дослідів з визначення рівноважної вологості. Дослідження проводили на зерна сорту «Ультра» 2007 року врожаю.

У дослідях із зерном амаранту різної вологості застосовували метод штучного зволоження. Рівноважну вологість зерна амаранту визначали тензіметричним методом (див. розділ 2).

Результати апроксимації і згладжування експериментальних даних виконані на ЕОМ за програмами розробленими на кафедрі ТЗЗ.

Результати досліджень наведено у табл. 3.5, 3.6 та на рис. 3.3, 3.4.

Таблиця 3.5

**Гігроскопічні властивості зерна амаранту
(вихідна вологість зерна 9,4 %)**

(n = 3, p ≥ 0,95)

№ досліду	Умови досліду		Результати досліду		Коефіцієнти		S, %
	φ, %	t, °C	ω _p , %	T _{рівн} , діб	a	b	
1	50	25	9,4940	13	78,24514	7,0487008	0,0145
2		15	9,5128	20	72,66239	6,5641444	0,0077
3		5	9,5504	21	59,12606	4,4833127	0,0099
4	80	25	9,7444	18	19,37828	2,2577199	0,0153
5		15	9,7572	21	18,91957	1,9956512	0,0118
6		5	9,7948	22	7,50494	2,2780792	0,0096

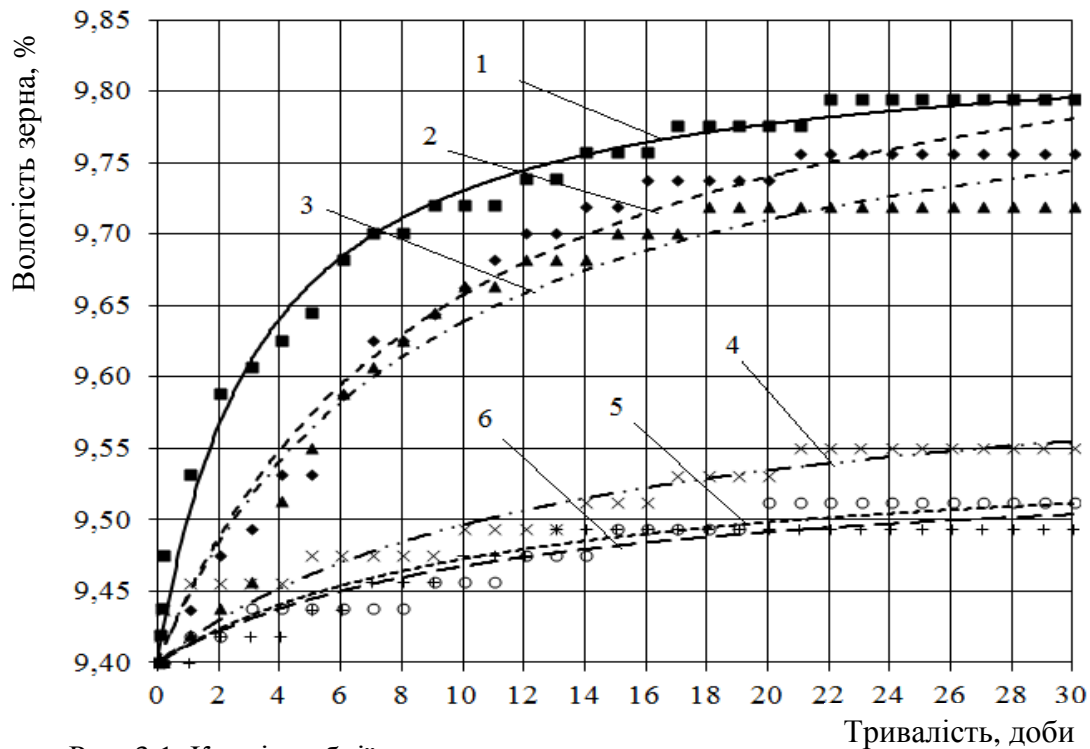


Рис. 3.1. Криві сорбції амаранту за умов:

1 – t = 5 °C, φ = 80 %; 2 – t = 15 °C, φ = 80 %; 3 – t = 25 °C, φ = 80 %;
4 – t = 5 °C, φ = 50 %; 5 – t = 15 °C, φ = 50 %; 6 – t = 25 °C, φ = 50 %

**Гігроскопічні властивості зерна амаранту
(вихідна вологість зерна 18,3 %)**

(n = 3, p ≥ 0,95)

№ дос- ліду	Умови дослідю		Результати дослідю		Коефіцієнти		S, %
	φ, %	t, °C	ω _p , %	T _{рівн} , діб	a	b	
1	50	25	17,31	14	1,266	0,957	0,0489
2		15	17,53	16	2,913	1,174	0,0177
3		5	17,64	19	5,052	1,302	0,0154
4	80	25	17,45	16	1,779	1,112	0,0199
5		15	17,57	18	4,529	1,172	0,0171
6		5	17,75	20	7,169	1,492	0,0210

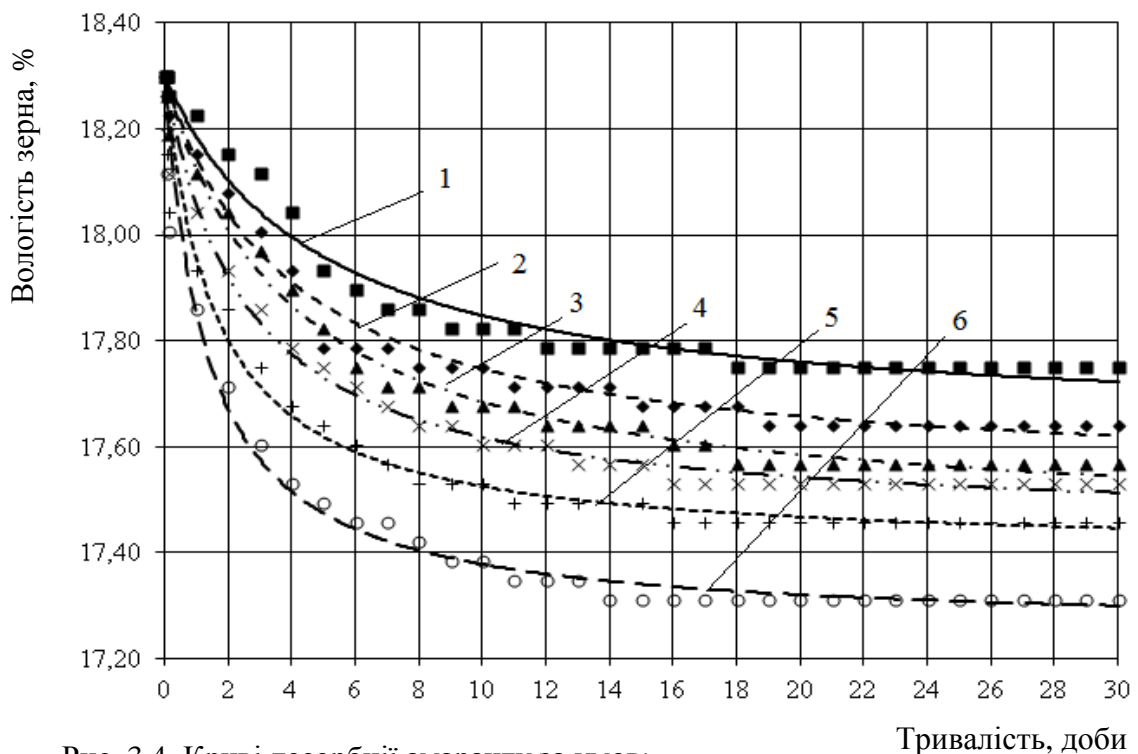


Рис. 3.4. Криві десорбції амаранту за умов:

1 – t = 5 °C, φ = 80 %; 2 – t = 15 °C, φ = 80 %; 3 – t = 25 °C, φ = 80 %;
4 – t = 5 °C, φ = 50 %; 5 – t = 15 °C, φ = 50 %; 6 – t = 25 °C, φ = 50 %

При визначенні залежності між рівноважною вологістю зерна та відносною вологістю повітря за даної температури шляхом поглинання вологи зерном, відповідний графік є ізотермою сорбції; якщо рівноважна вологість досягається шляхом десорбції вологи зерна, то ця залежність є ізотермою десорбції. У більшості випадків ці ізотерми не збігаються (спостерігається явище сорбційного гістерезису), причому крива сорбції знаходиться нижче кривої десорбції, тому що $\omega_{p, \text{сорб.}} < \omega_{p, \text{десорб.}}$ [4, 131]. В наших дослідженнях рівно-

важну вологість зерна амаранту визначали при відносній вологості повітря 50...80 % і температурі повітря 5...25 °С.

Аналіз отриманих результатів показав, що зі зростанням відносної вологості повітря рівноважна вологість зростає. Також з наведених даних видно, що при збільшенні температури зберігання від 5 до 25 °С у межах однієї відносної вологості рівноважна вологість зменшується.

3.4. Дослідження теплофізичних властивостей зерна амаранту

Для визначення теплофізичних характеристик зерна амаранту був використаний один із варіантів зондового методу – метод вистигаючої пластини (див. розділ 2).

Значення теплофізичних характеристик амаранту наведено у табл. 3.7

Таблиця 3.7

Теплофізичні характеристики зерна амаранту

(n = 3, p ≥ 0,95)

Вологість, w, %	Температура, θ, °С	Питома теплоємність c, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт температуропровідності $a \cdot 10^{-9}$ м ² /с	Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/(м·К)	Коефіцієнт теплової активності ε, Дж/(м ² ·К·с ^{-0,5})
9,4	5	1531,12	113,08	0,138	411,65
	15	1507,69	126,84	0,153	429,30
	25	1484,25	136,16	0,162	437,88
14,1	5	1435,71	145,04	0,168	441,53
	15	1392,20	165,97	0,187	457,99
	25	1357,40	175,58	0,192	459,29
19,6	5	1329,86	178,40	0,195	461,26
	15	1310,31	184,31	0,198	461,95
	25	1280,97	193,95	0,204	463,27

Рівняння залежності теплофізичних властивостей зерна амаранту від його вологості та температури мають вигляд:

– питома теплоємність: $c = 1727,85 - 19,68w - 2,25 \cdot \theta - 0,01w\theta$ Дж/(кг·К);

– коефіцієнт температуропровідності

$$a \cdot 10^{-9} = 45,39 + 6,59w + 1,50 \cdot \theta - 0,04w\theta \text{ м}^2/\text{с};$$

– коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = 0,077 + 0,006w + 0,002\theta - 0,001w\theta, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$$

– коефіцієнт теплової активності

$$\varepsilon = 353,79 + 5,46w + 2,46\theta - 0,12w\theta, \text{ Дж}/(\text{м}^2\cdot\text{К}\cdot\text{с}^{-0,5}).$$

Наочний вигляд наведених рівнянь показано на рис. 3.5.

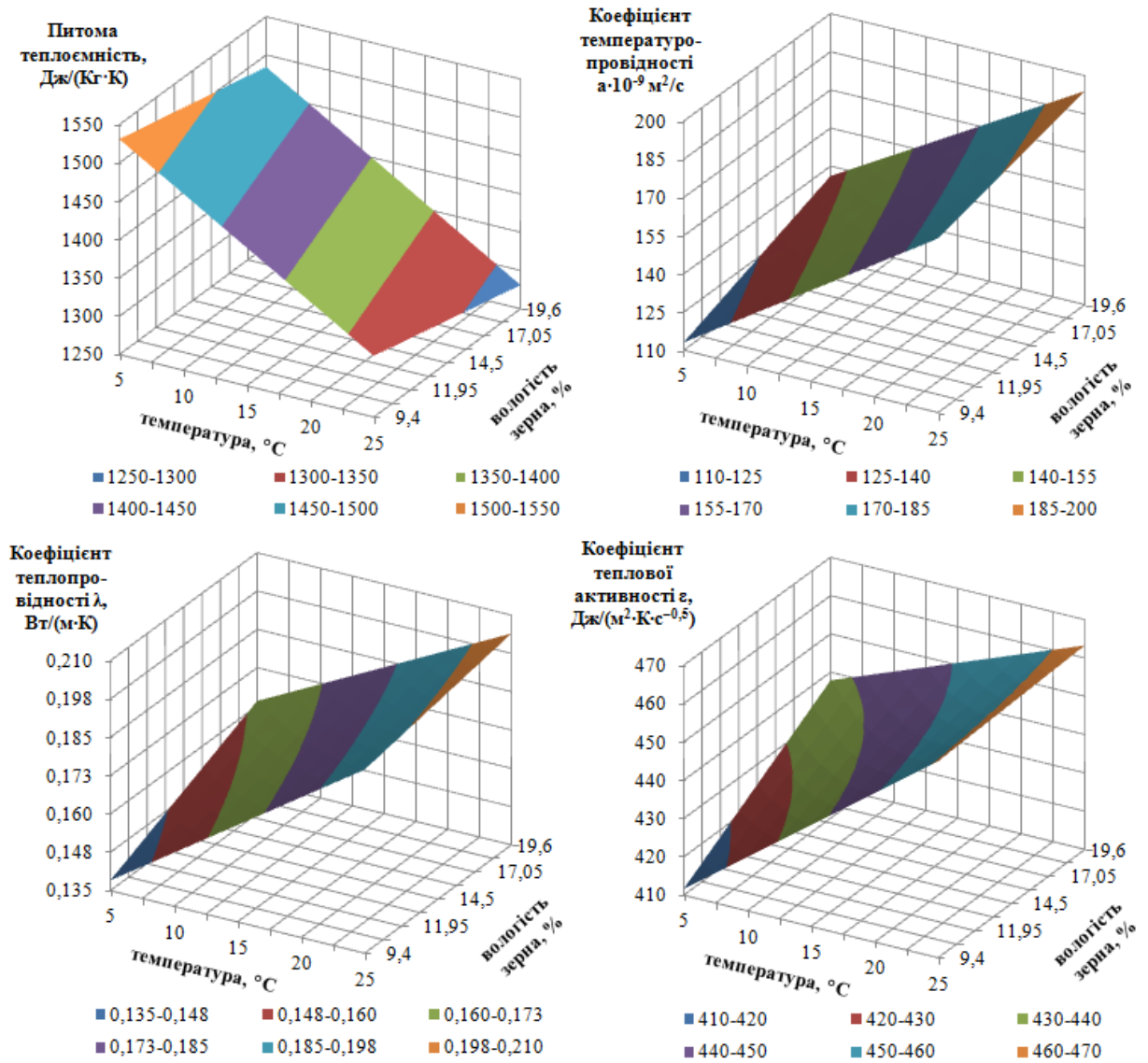


Рис. 3.5. Залежність теплофізичних характеристик зерна амаранту від його вологості та температури

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Визначено фізико-механічні властивості зерна амаранту сортів «Ультра» та «Харківський» як об'єктів післязбиральної обробки і зберігання та встановлено закономірності їх зміни в залежності від вологості зерна в діапазоні 8,21...18,94 %. Показано, що зі збільшенням вологості зерна зростають маса 1000 зерен, шпаруватість, швидкість витання, кут природного укусу і коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою та руху, а натура — знижується. У діапазоні вологості амаранту 9,2...19,3 % середні геометричні розміри зернівок складають (мм): довжина 1,019...1,232, ширина 0,862...1,076, товщина 0,861...0,960. Зростання вологості зерна збільшує геометричні розміри.

2. Встановлено, що швидкість витання зерна амаранту в залежності від вологості зерна складає 3,28...3,51 м/с, а коефіцієнт парусності відповідно 0,91...0,79. Зі збільшенням вологості швидкість витання збільшується, а коефіцієнт парусності відповідно зменшується, що необхідно враховувати при активному вентиляванні та сушіння зерна амаранту. Запропоновано емпіричну залежність, що описує закономірності зміни аеродинамічного опору шару зерна від параметрів зернового шару та умов його продування повітрям.

3. Досліджено гігроскопічні властивості амаранту та визначено його рівноважну вологість в межах температури 5...25 °С та відносної вологості зовнішнього середовища 50...80 %. Встановлено, що рівноважна вологість амаранту знаходиться в межах 9,49...17,75 %. Показано, що з підвищенням відносної вологості повітря і зниженням його температури рівноважна вологість амаранту зростає

4. Визначено теплофізичні характеристики зерна амаранту (питома теплоємність, коефіцієнти температуропровідності, теплопровідності і теплової активності) в залежності від його вологості і температури, отримані емпіричні рівняння, що дозволяють розраховувати теплофізичні характеристики при вологості зерна 9,4...19,6 % та температурі 5...25 °С.

Основні наукові результати дисертації опубліковані в роботах [88, 117].

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА АМАРАНТУ

У даному розділі проведено дослідження технологічних процесів очищення від домішок, сушіння (конвективного, конвективно-мікрохвильового та інфрачервоного сушіння, нагрівання) та зберігання зерна амаранту. Визначено можливість розділення зернової суміші. Обґрунтовано режими сушіння при застосуванні різних методів (конвективного, конвективно-мікрохвильового та інфрачервоного) та їх вплив на якість зерна амаранту. Визначено зміни якості зерна амаранту при зберіганні.

4.1. Визначення можливості розділення зернової суміші

Знаючи статистичні характеристики основної культури та домішок, а також масові частки компонентів на основі відомих закономірностей розподілу ознак подільності можна прогнозувати можливість розділення даної суміші [90, 92].

Для того, щоб оцінити можливість виділення щиріці припустимо, що зернова маса складається з 98 % основної культури та 2 % домішок (табл.4.1). Можна стверджувати, що практично всі зерна (99,7 %) як основної культури (амаранту), так і домішок (щиріці) знаходяться у зоні $x \pm 3s$.

Повне розділення суміші можливе за умови:

$$x_1 + 3s < x_2 - 3s, \quad (4.1)$$

де x_1, x_2 – середні розміри основної культури та домішок;

s – середньоквадратичні відхилення.

Міру подільності суміші можливо визначити за допомогою коефіцієнта трансгресії T , який являє собою частку площі взаємного проникнення (сумісної для розподілу) до загальної площі:

$$T = \frac{m_1 P_1 + m_2 P_2}{m_1 + m_2} \quad (4.2)$$

де m_1, m_2 – масові частки компонентів 1 і 2 (амаранту та щириці);

P_1, P_2 – частки площі взаємного (сумісного) перекриття розподілу компонентів 1 і 2.

Таблиця 4.1

Вихідні параметри зернової суміші

 $(n = 3, p \geq 0,95)$

Компоненти	Вміст в суміші, %	Товщина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм
Амарант	98	0,5-1,3	0,6-1,7	0,7-2
min		0,50	0,60	0,70
max		1,30	1,70	2,00
Середні значення		0,90	1,15	1,35
Середньоквадратичне відхилення		0,13	0,18	0,22
Щириця	2	0,4-1,1	0,6-1,5	0,5-1,7
min		0,40	0,60	0,50
max		1,10	1,50	1,70
Середні значення		0,75	1,05	1,10
Середньоквадратичне відхилення		0,12	0,15	0,20

У випадку нормального закону розподілу P_1 і P_2 визначають за таблицею значень нормованої функції Лапласа:

$$P_1 = 0,5 \pm \Phi(t_1); t_1 = \left| \frac{x_{2 \min} - x_{1 \text{сеп}}}{s_1} \right|; \quad (4.3)$$

$$P_2 = 0,5 \pm \Phi(t_2); t_2 = \left| \frac{x_{1 \max} - x_{2 \text{сеп}}}{s_2} \right|; \quad (4.4)$$

де $\Phi(t)$ – значення функції Лапласа;

t_1, t_2 – нормовані величини нормального розподілу;

$x_{1 \text{сеп}}, x_{2 \text{сеп}}$ – середні значення розмірів компонентів 1 і 2:

$$x_{2 \min} = x_{2 \text{сеп}} - 3s_2; x_{1 \max} = x_{1 \text{сеп}} + 3s_1;$$

s_1, s_2 – середньоквадратичні відхилення розмірів компонентів 1 і 2.

Підставивши у формули значення величин отримаємо коефіцієнти трансгресії:

$$\text{за товщиною: } T = \frac{98 \cdot 0,9463 + 2 \cdot 0,9773}{98 + 2} = 0,95;$$

$$\text{за шириною: } T = \frac{98 \cdot 0,9738 + 2 \cdot 0,9983}{98 + 2} = 0,97;$$

$$\text{за довжиною: } T = \frac{98 \cdot 0,9441 + 2 \cdot 0,9793}{98 + 2} = 0,94.$$

Отже, якщо ознакою подільності виступає товщина – то тільки 5 % домішок може бути вилучено; якщо ширина – то 3 %; якщо довжина – то 6 %. Тому використання якої-небудь однієї ознаки подільності не дасть бажаного ефекту. Для розділення зернової суміші доцільно використовувати декілька ознак подільності одночасно. Таким чином, при відомих статистичних показниках розмірів зерна та домішок можна прогнозувати ефективність очищення зерна за допомогою розрахунку коефіцієнта регресії.

4.2. Розробка схеми розділення зернової суміші.

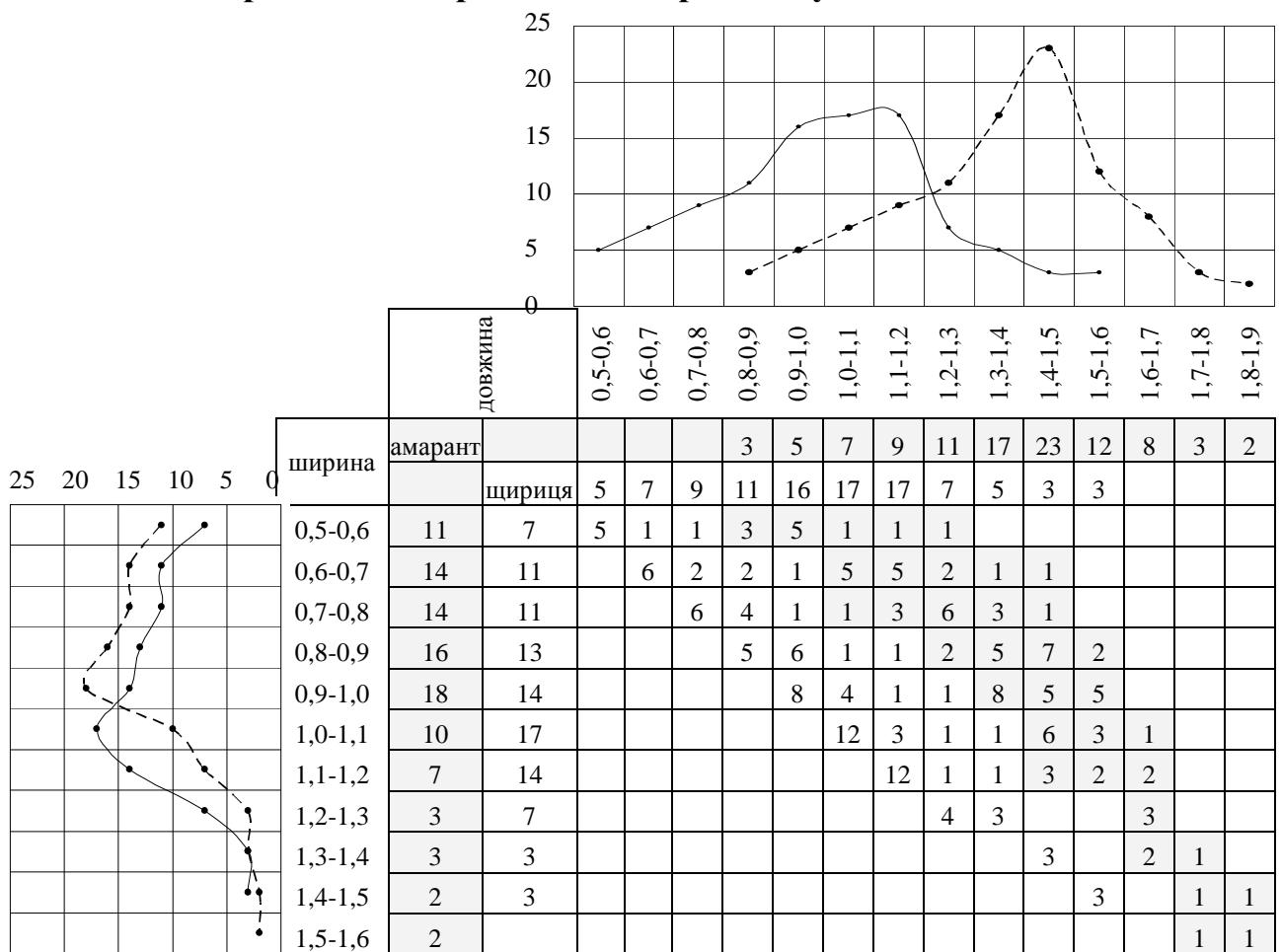


Рис. 4.1 – Кореляційна таблиця з варіаційними кривими ширини та довжини зерен амаранту і щириці: — шириця; --- амарант

Свіжозібране зерно містить багато домішок (насіння бур'янів і сторонніх культурних рослин, рештки стеблин, листів, а також биті, щуплі і дефектні насінини). Домішки негативно впливають на процес зберігання зерна, тому що більшість домішок мають значно вищу гігроскопічність, життєздатність і інтенсивність дихання, ніж основна культура. Тому ефективне очищення є необхідною умовою для запобігання втрат при зберіганні.

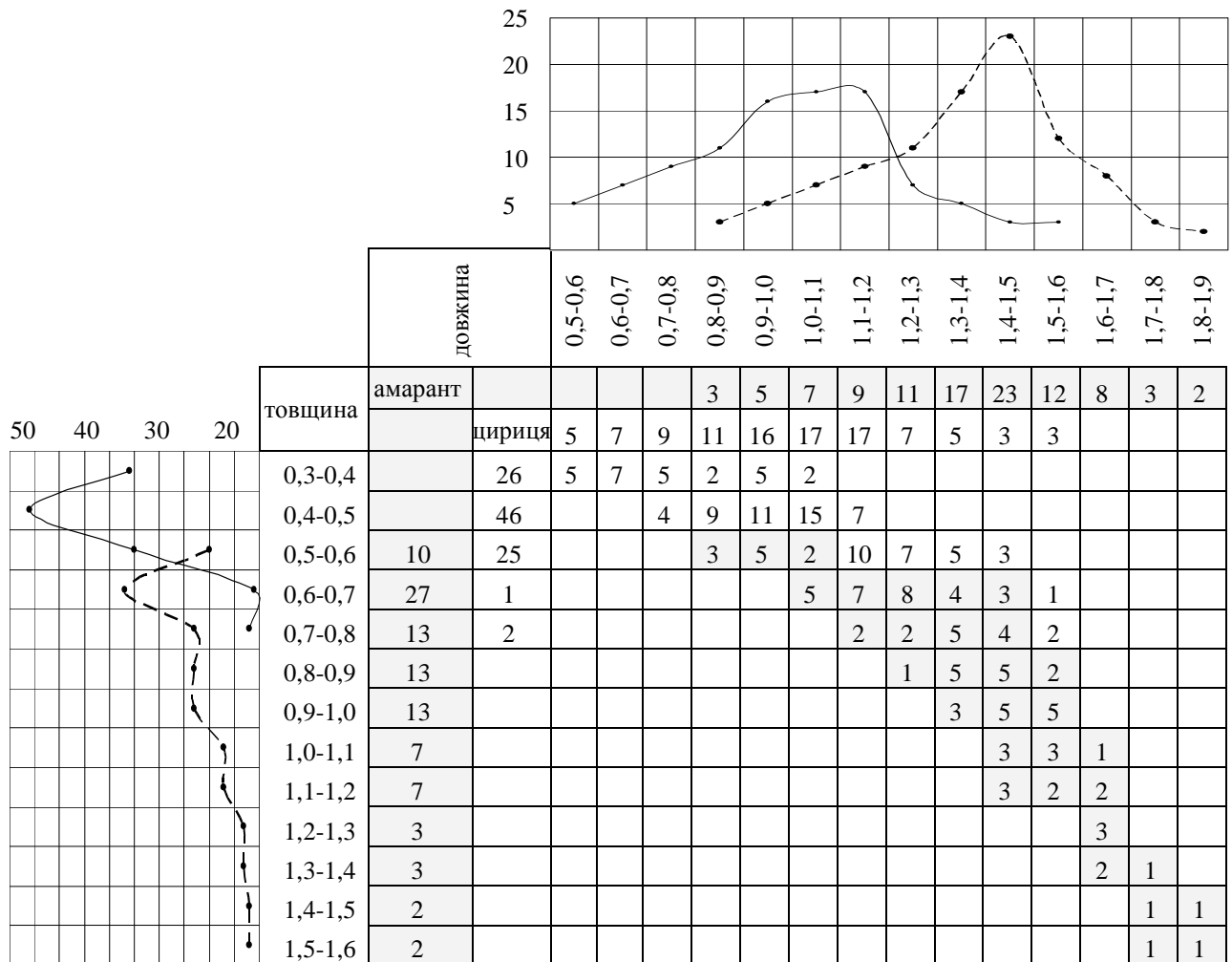


Рис. 4.2 – Кореляційна таблиця з варіаційними кривими товщини та довжини зерен амаранту та щириці: ———— щириця; - - - - - амарант

Як відомо одним з основних показників для організації і ведення процесу очищення є форма і розміри основної культури та домішок.

Основними засмічувачами амаранту є такі рослини як щириця, щетинник сизий, суріпка, чорногловітка [108].

Суміш щириці і амаранту розділити дуже важко, тому що їх геометричні характеристики мало розрізняються.

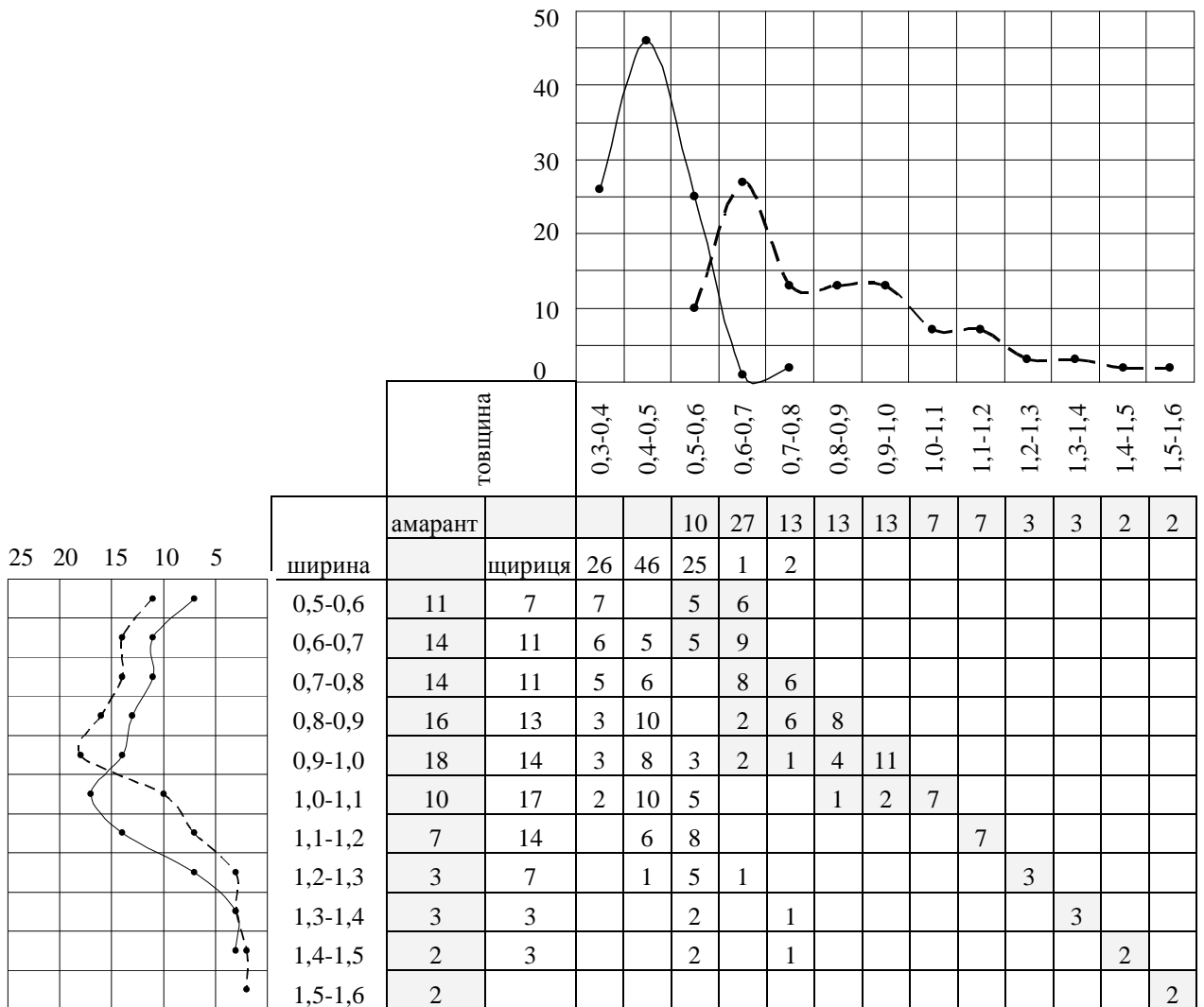


Рис. 4.3 – Кореляційна таблиця з варіаційними кривими ширини та товщини зерен амаранту та щириці: ———щириця; ----амарант

Встановити можливість розділення суміші амаранту і щириці можна на основі статистичного аналізу їх геометричних встановивши межі зміни властивостей окремих зерен кожної з культур, що розділюються. Для цього необхідно визначити середні характеристики для зерен кожної культури та визначитись із найвигіднішим способом розділення, який заснований на використанні відмінностей однієї або декількох властивостей окремо або їх спільної корелятивної залежності.

Для розділення даної суміші доцільніше буде використати в якості ознак розділення товщину та ширину [147, 148]. За цих умов складено схему розділення суміші (рис. 4.4).

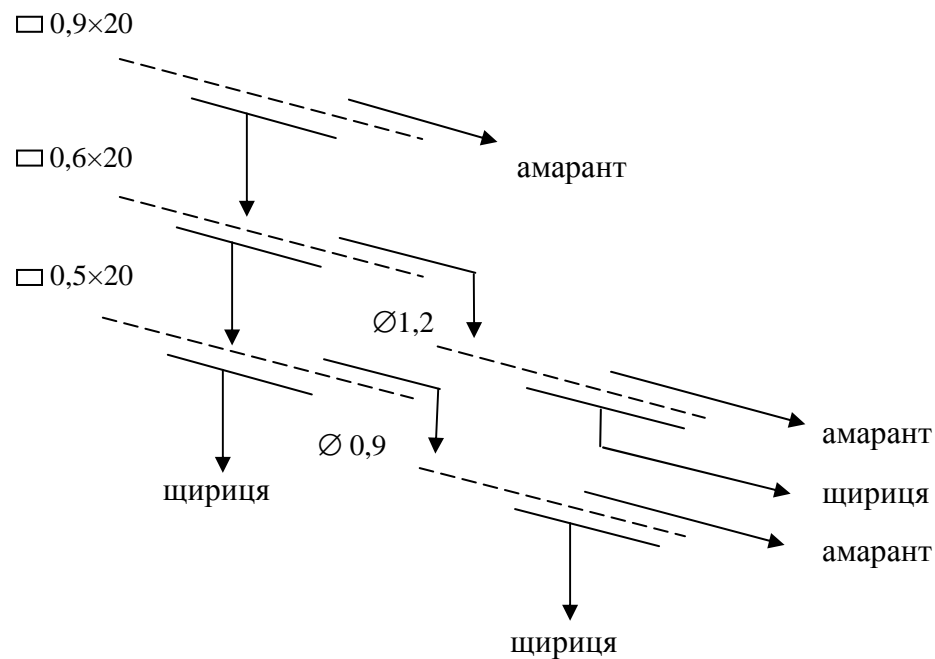


Рис. 4.4. Схема розділення суміші амаранту та щириці

4.3. Дослідження кінетики сушіння та нагрівання зерна амаранту

Як зазначено у розділі 1, в технології післязбиральної обробки процес сушіння є найбільш енергоємним, але саме тут закладений найбільший потенціал зниження витрат на підготовку зерна до подальшого використання або зберігання. Застосуванням раціональних високоефективних методів і режимів сушіння дозволить підвищити якість готової продукції, забезпечити максимальну інтенсивність процесу при мінімальних енерговитратах на його проведення, а також розробити щадні умови процесу сушіння.

Завдяки теоретичному опрацюванню існуючих способів сушіння зерна (див. розділ 1) проведено вибір напрямку, що забезпечує оптимальний підхід до післязбиральної обробки свіжозібраного зерна амаранту.

У дослідах із зерном амаранту різної вологості застосовували метод штучного зволоження. Досліджували два зразки зерна амаранту з вихідною вологістю 14,6 % та 19,5 %. Вологість зерна амаранту визначали стандартним

методом – висушуванням наважок зерна в термостаті до постійної маси. Сушили до кінцевої вологості 10 %.

Аналіз процесу сушіння проводили шляхом зняття кривих сушіння та температурних кривих.

Вологість зерна в кожній точці розраховували за формулою

$$\omega_i^o = 100 - \frac{G_1}{G_i}(100 - \omega_1^o), \%, \quad (4.5)$$

де G_1 – маса зерна до сушіння (початкова маса), г;

G_i – маса зерна, яка відповідає вологості ω_i^o , г;

ω_1^o – початкова вологість зерна на загальну масу, %.

Вологість зерна на суху масу розраховували за формулою

$$\omega_i^f = \frac{100 \cdot \omega_i^o}{100 - \omega_i^o}, \%. \quad (4.6)$$

Математичний опис кінетики процесу сушіння проводили на підставі експериментальних кривих сушіння і температурних кривих нагрівання зерна, які апроксимували рівняннями, відповідно

$$w = w_0 + \frac{a + c\tau + e\tau^2}{1 + b\tau + d\tau^2}, \quad \theta = \theta_0 + \frac{\tau}{m + n\tau} \quad (4.7)$$

де w , w_0 – поточний і початковий вологовміст амаранту, %;

τ – тривалість сушіння, хв.;

θ , θ_0 – поточна і початкова температура зерна амаранту, °С;

a – коефіцієнт, чисельно рівний початковому вологовмісту зерна w_0 , %;

b , c , d , e , m , n – коефіцієнти, значення яких залежать від режимів обробки зерна амаранту і визначаються методом найменших квадратів

Результати апроксимації експериментальних даних, виконані на ЕОМ за розробленими в ОНАХТ програмами, показали хорошу збіжність розрахованих по запропонованим рівнянням кінетики (3) значень з експериментальними даними сушіння зерна амаранту.

4.3.1. Конвективне сушіння. Сушіння зерна амаранту проводили на експериментальній стендовій установці, що моделює процес сушіння зерна (див. розділ 2).

Таблиця 4.2

Значення кінетичних коефіцієнтів для опису кривих сушіння та нагрівання при конвективному сушінні зерна амаранту
($n = 3, p \geq 0,95$)

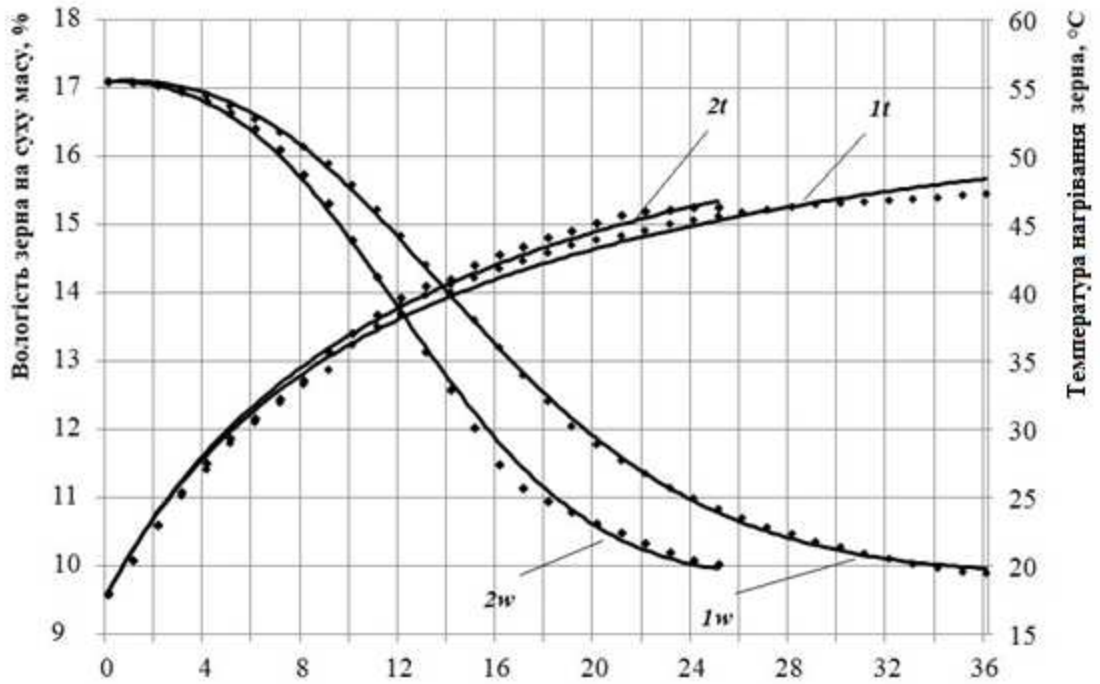
Коефіцієнти	Вихідна вологість зерна			
	14,6 %		19,5 %	
	$t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$	$t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$	$t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$	$t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Криві сушіння				
<i>a</i>	17,096	17,096	24,224	24,224
<i>b</i>	-0,051	-0,070	-0,033	-0,045
<i>c</i>	-0,861	-1,200	-0,784	-1,067
<i>d</i>	0,002	0,003	0,001	0,002
<i>e</i>	0,029	0,041	0,013	0,024
Криві нагрівання				
<i>m</i>	0,299	0,302	0,454	0,255
<i>n</i>	0,023	0,025	0,029	0,024

При проведенні досліджень конвективного сушіння зерно амаранту сушили при температурі сушильного агента $t = 50$ і $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Товщина шару зерна амаранту була прийнята $0,1$ м, швидкість сушильного агента $0,6$ м/с, що відповідає умовам шахтних сушарок.

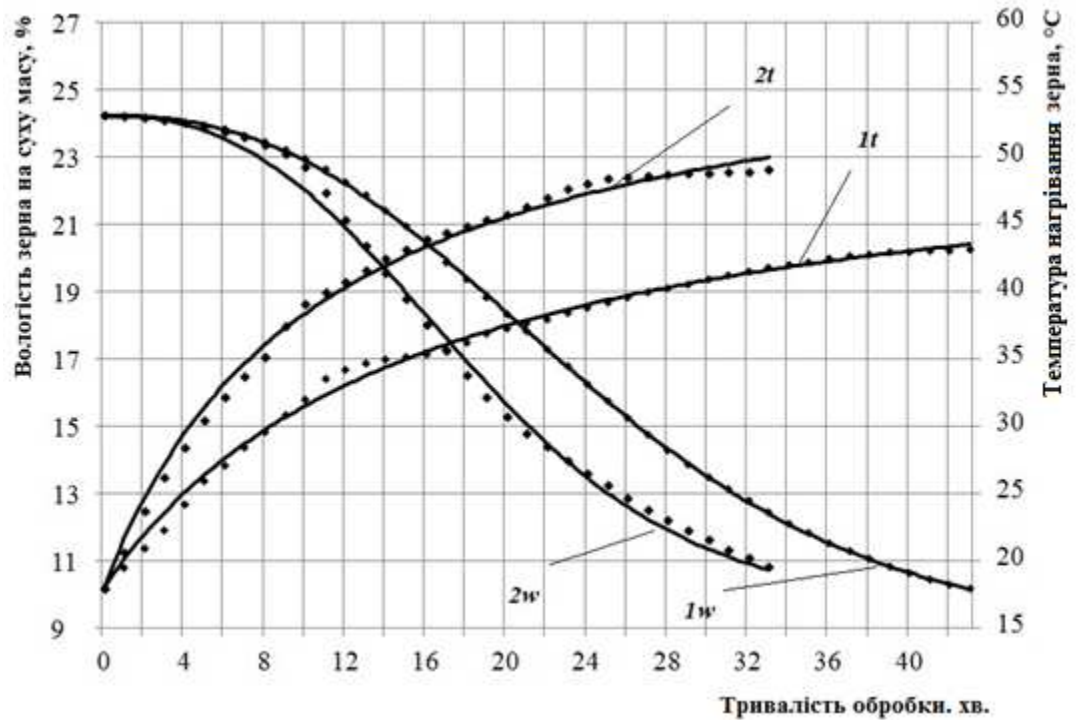
Результати математичної обробки отриманих результатів показують добру збіжність дослідних даних із розрахунковими та адекватність визначених рівнянь [116, 117].

Як свідчать результати дослідження, застосування сушильного агента з температурою $t = 50 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$ дозволить при конвективному сушінні знизити вологість зерна амаранту і забезпечити при цьому збереження його споживчих властивостей. Температура нагрівання зерна при використанні зазначених вище температурних режимів не перевищувала $50 \text{ }^\circ\text{C}$, тривалість сушіння склала від 24 до 55 хв.

а)



б)



— розрахункові значення
 експериментальні значення

1t, 1w – при температурі агента сушіння 50°C

2t, 2w – при температурі агента сушіння 60°C

Рис. 4.5. Криві сушіння (*w*) та криві нагрівання (*t*) зерна амаранту при конвективному сушінні:

а) вологістю 14,6 % б) вологістю 19,4 %

4.3.2. Конвективно-мікрохвильове сушіння. Виходячи з теоретичного аналізу механізму руйнування зв'язків вологи з матеріалом (зерном) можна зробити висновок, що конвективно-мікрохвильова сушіння з використанням імпульсних режимів МХ обробки для нагрівання зерна, і одночасно з цим, конвективній подачі повітря – забезпечить видалення зайвої вологи із збереженням харчової цінності амаранту і його життєздатності [112].

Дослідження комбінованого сушіння із використанням МХ енергії проводили при чотирьох режимах корисної потужності, яку регулювали зміною тривалості подачі енергії τ_p та тривалості обробки зовнішнім повітрям τ_n :

- 1) $\tau_e = 4$ с, $\tau_n = 20$ с; 2) $\tau_e = 8$ с, $\tau_n = 20$ с;
 3) $\tau_e = 4$ с, $\tau_n = 40$ с; 4) $\tau_e = 8$ с, $\tau_n = 40$ с.

Висота шару зерна $h = 60$ мм.

Як свідчать результати проведеного дослідження, застосування імпульсних (осцилюючих) режимів сушіння при тривалості імпульсу подачі енергії 4 с і тривалості продувки зовнішнім повітрям 20 ... 40 с, дозволяє не перегріваючи амарант просушити його до кондиційної вологості [116, 117].

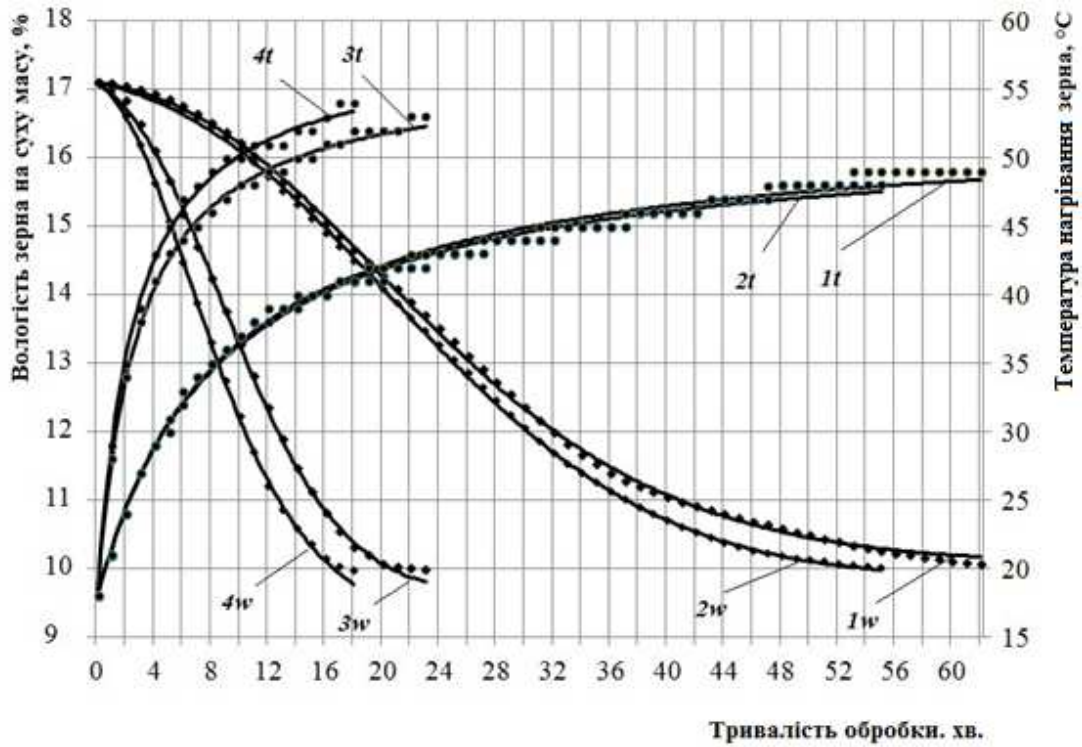
Таблиця 4.3

Значення кінетичних коефіцієнтів для опису кривих сушіння та нагрівання при конвективно-мікрохвильовому сушінні зерна амаранту

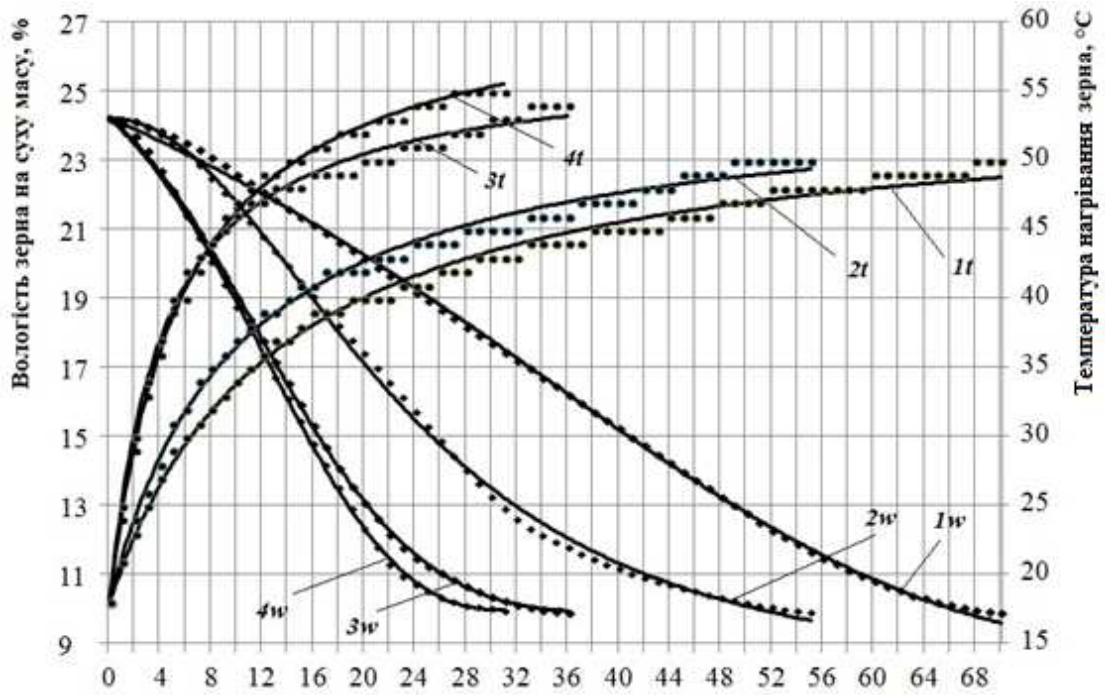
($n = 3, p \geq 0,95$)

Коефіцієнти	Вихідна вологість зерна							
	14,6 %				19,5 %			
	$\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 20$ с	$\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 40$ с	$\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 20$ с	$\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 40$ с	$\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 20$ с	$\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 40$ с	$\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 20$ с	$\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 40$ с
Криві сушіння								
<i>a</i>	17,096	17,096	17,096	17,096	24,224	24,224	24,224	24,224
<i>b</i>	-0,024	-0,025	-0,055	-0,046	-0,013	-0,009	-0,032	-0,041
<i>c</i>	-0,434	-0,480	-1,079	-0,939	-0,485	-0,239	-1,075	-1,345
<i>d</i>	0,001	0,001	0,004	0,007	0,0001	0,002	0,002	0,001
<i>e</i>	0,010	0,009	0,047	0,070	0,003	0,013	0,025	0,029
Криві нагрівання								
<i>m</i>	0,251	0,252	0,074	0,064	0,359	0,270	0,108	0,129
<i>n</i>	0,029	0,029	0,026	0,025	0,028	0,027	0,025	0,023

а)



б)



————— – розрахункові значення

..... – експериментальні значення

1t, 1w – при умовах досліді $\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 20$ с;

2t, 2w – при умовах досліді $\tau_3 = 4$ с, $\tau_n = 40$ с;

3t, 3w – при умовах досліді $\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 20$ с;

3t, 3w – при умовах досліді $\tau_3 = 8$ с, $\tau_n = 40$ с;

Рис. 4.6. Криві сушіння (*w*) та криві нагрівання (*t*) зерна амаранту при конвективно-мікрохвильовому сушінні: а) вологістю 14,6 %; б) вологістю 19,4 %.

При тривалості імпульсу подачі енергії 8 с і тривалості продувки зовнішнім повітрям 20...40 з зерно амаранту при досягненні кінцевої вологості перегрівається понад 50 °С, що негативно позначається на його якості.

З огляду на високу інтенсивність МХ сушіння, його можна використувати для попереднього нагрівання і часткового підсушування зерна амаранту. Криві сушіння і нагрівання свідчать, що за 1,7...4,0 хв. амарант можна нагріти до 50 °С. При цьому вологість амаранту знижується з 17,0 % до 11,5..12,3 %.

4.3.3. Інфрачервоне сушіння. Дослідження процесу сушіння із застосуванням ІЧ випромінювача проводили при трьох режимах потужності: 50, 100, 150 Вт.

Таблиця 4.4

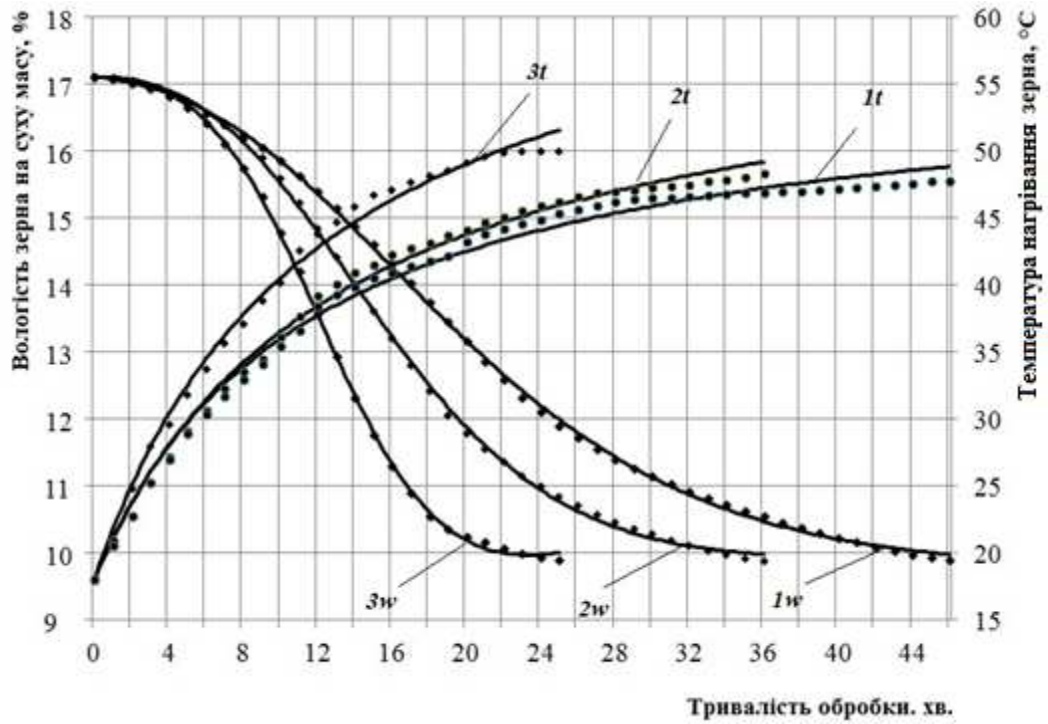
Значення кінетичних коефіцієнтів для опису кривих сушіння та нагрівання при інфрачервоному сушінні зерна амаранту

(n = 3, p ≥ 0,95)

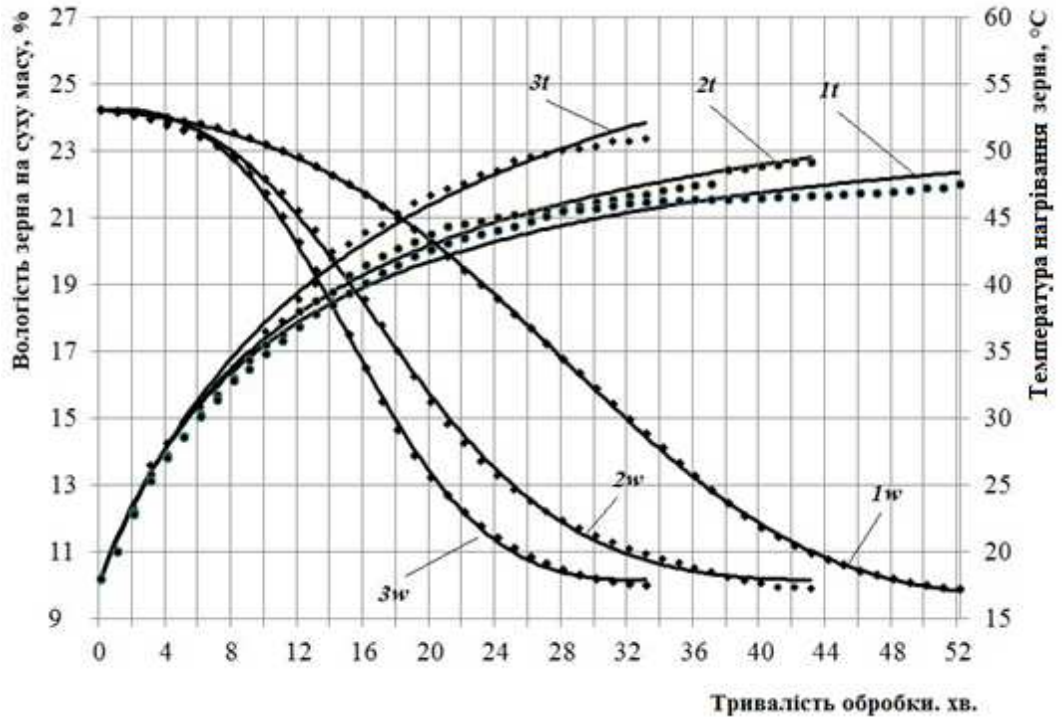
Коефі- цієнти	Вихідна вологість зерна					
	14,6 %			19,5 %		
	50 Вт	100 Вт	150 Вт	50 Вт	100 Вт	150 Вт
Криві сушіння						
<i>a</i>	17,096	17,096	17,096	24,224	24,224	24,224
<i>b</i>	-0,031	-0,052	-0,086	-0,033	-0,048	-0,065
<i>c</i>	-0,554	-0,880	-1,470	-0,831	-1,139	-1,537
<i>d</i>	0,001	0,002	0,004	0,0001	0,002	0,002
<i>e</i>	0,016	0,028	0,048	0,010	0,025	0,037
Криві нагрівання						
<i>m</i>	0,299	0,302	0,296	0,299	0,310	0,328
<i>n</i>	0,023	0,025	0,026	0,027	0,025	0,019

При ІЧ сушінні отримати сухе і не перегріте зерно амаранту можна при потужності випромінювача не вище 100 Вт. Для практичного застосування доцільно сушку проводити при потужності 100 Вт, оскільки при меншій потужності подовжується час сушіння, а, отже, і продуктивність сушарки знижується [116, 117].

а)



б)



————— розраховані значення
 експериментальні значення
1t, 1w – при потужності випромінювача 50Вт
2t, 2w – при потужності випромінювача 100Вт
3t, 3w – при потужності випромінювача 150Вт

Рис. 4.7. Криві сушіння (*w*) та криві нагрівання (*t*) зерна амаранту:
 а) вологістю 14,6 %; б) вологістю 19,4 %

4.4. Дослідження впливу різних способів сушіння на зміну хімічного складу зерна амаранту

Після проведеного різними способами сушіння досліджували хімічний склад зерна амаранту. В просушеному зерні амаранту визначали загальну кількість омиленних речовин, вміст сквалену та вміст ліноленової, лінолевої, олеїнової, пальмітинової і стеаринової кислот (табл. 4.5, 4.6, дод. Б, В).

Таблиця 4.5.

Вміст сквалену та жирних кислот в зерні амаранту сорту «Ультра» до та після сушіння (2014 р. врожаю)

Зразок	Вміст речовини омиленних, %	Вміст сквалену, %	Кількість вільних кислот в неомиленій фракції, %				
			Кислота лінолева	Кислота ліноленова	Кислота олеїнова	Кислота пальмітинова	Кислота стеаринова
Вихідний зразок	5,60	0,95	1,6	49,2	14,6	6,2	2,0
Конвективне сушіння	5,09	0,83	1,6	49,2	14,6	6,2	2,0
Конв.-МХ сушіння	5,14	0,74	1,5	49,1	14,4	6,1	1,9
ГЧ сушіння	4,04	0,49	1,4	49,1	14,3	6,0	1,9

Таблиця 4.6.

Вміст сквалену та жирних кислот в зерні амаранту сорту «Харківський» до та після сушіння (2014 р. врожаю)

Зразок	Вміст речовини омиленних, %	Вміст сквалену, %	Кількість вільних кислот в неомиленій фракції, %				
			Кислота лінолева	Кислота ліноленова	Кислота олеїнова	Кислота пальмітинова	Кислота стеаринова
Вихідний зразок	5,54	0,81	1,6	49,2	14,6	6,2	2,0
Конвективне сушіння	5,04	0,77	1,6	49,2	14,6	6,1	2,0
Конв.-МХ сушіння	5,02	0,70	1,6	49,1	14,5	6,1	1,9
ГЧ сушіння	3,77	0,46	1,5	49,1	14,4	6,0	1,9

Як свідчать дані табл. 4.5, 4.6 загальний вміст омиленних речовин в зерні амаранту знижується в залежності від способу сушіння з 5,60 % до 4,04 %, для сорту «Ультра» та з 5,54 % до 3,77 % для сорту «Харківський». Загальний вміст сквалену також знижується з 0,95 % до 0,49 % та з 0,81 % до 0,46 % відповідно. Вміст ліноленової, лінолевої, олеїнової, пальмітинової і стеарино-

вої кислот змінюється незначно і можна сказати, що не залежить від способу сушіння [169].

Аналіз результатів дослідження змін хімічного складу зерна амаранту в залежності від способу сушіння показав, що найбільше зниження загального вмісту сквалену, майже в 2 рази, спостерігається при використанні ІЧ-сушіння, що може негативно позначитися на якісних показниках амарантової олії. Однак подібний спосіб сушіння може бути використаний, якщо цільовим призначенням амаранту є отримання інших харчових продуктів, наприклад борошна або підірваних зерен, які в подальшому будуть використані при виробництві харчових продуктів функціонального призначення.

4.5. Визначення впливу умов сушіння на посівні якості насіння амаранту

Як відомо, зерно має різне призначення: продовольче та фуражне; насінневе. В залежності від призначення обирають і режими його обробки та зберігання. До зерна, яке має бути використане для посіву, ставляться особливі вимоги (ДСТУ 2240-93 Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови).

Для насінневого зерна визначаються посівні якості, а саме схожість, енергія проростання та здатність проростання (табл. 4.7).

Дослідження впливу різних способів сушіння на зміну посівних якостей насіння амаранту показало зниження схожості насіння нижче рівня зазначеного у ДСТУ 2240-93 при використанні конвективного сушіння із температурою агента сушіння 60 °С, ІЧ сушіння з потужністю випромінювача 150 Вт, та конвективно-МХ сушіння при експозиції МХ імпульсу 8 с. Отже для отримання сухого насінневого матеріалу, який відповідатиме необхідним вимогам якості, доцільно використовувати щадні режими сушіння, а саме при звичайному конвективному сушінні температура агента сушіння має не перевищувати 50 °С; при ІЧсушінні потужність ІЧ випромінювача може

складати 50...100 Вт; при використанні конвективно-МХ сушіння час експозиції МХ імпульсу бажано встановити на рівні 4 с.

Таблиця 4.7

Вплив умов сушіння на посівні якості насіння амаранту

(n = 3, p ≥ 0,95)

Сорт амаранту	Режими сушіння	Схожість, %	Енергія проростання, %	Здатність проростання, %
Контрольні зразки				
Харківський	–	98	91	96
Ультра	–	97	93	97
Конвективне сушіння				
Харківський	t _{a.c.} = 50 °С	97	94	96
Харківський	t _{a.c.} = 60 °С	88	81	85
Ультра	t _{a.c.} = 50 °С	97	92	95
Ультра	t _{a.c.} = 60 °С	89	80	84
ІЧ сушіння				
Харківський	50 Вт	94	92	92
Харківський	100 Вт	93	91	92
Харківський	150 Вт	80	73	75
Ультра	50 Вт	93	90	92
Ультра	100 Вт	91	89	90
Ультра	150 Вт	79	69	75
Конвективно-мікрохвильове сушіння				
Харківський	τ _e = 4 с, τ _n = 20 с	97	94	95
Харківський	τ _e = 4 с, τ _n = 40 с	96	93	95
Харківський	τ _e = 8 с, τ _n = 20 с	88	87	88
Харківський	τ _e = 8 с, τ _n = 40 с	89	88	88
Ультра	τ _e = 4 с, τ _n = 20 с	97	94	96
Ультра	τ _e = 4 с, τ _n = 40 с	96	92	95
Ультра	τ _e = 8 с, τ _n = 20 с	89	88	88
Ультра	τ _e = 8 с, τ _n = 40 с	89	86	87

4.6. Дослідження процесу зберігання

Забезпечити необхідну якість зерна без погіршення споживчих та насінневих властивостей – є доволі непростим завданням, з яким стикаються виробники зерна, оскільки останнім часом спостерігається тенденція організації зберігання зерна безпосередньо у господарствах. Ефективність організації процесу зберігання зерна ґрунтується на знанні фізіологічних та біохімічних властивостей зернової маси [11, 14, 51, 101, 103].

4.6.1. Дослідження інтенсивності дихання. Як відомо, дихання – це важливий фізіологічний процес, який лежить в основі обміну ре-

човин усіх живих організмів. Інтенсивність дихання є показником біологічної активності зернових мас і має істотне значення при їх зберіганні і переробці. Всі прийоми обробки зерна (сушіння, очистка, охолодження) спрямовані на скорочення інтенсивності дихання. Це пов'язано із завданням зберігання зерна в стані спокою, коли практично повністю відсутнє проростання зерна. Крім того, скорочення інтенсивності дихання дозволить зменшити виробничі втрати при зберіганні зерна і зберегти цінні в харчовому відношенні органічні речовини зерна (білки, жири, вуглеводи, вітаміни) [11, 14, 15, 51, 52, 66, 69, 78, 101, 103].

Дихання надзвичайно важливо для зерна, так як при цьому утворюється енергія, необхідна для протікання різних біохімічних процесів обміну речовин. При проростанні зерна інтенсивність дихання значно зростає. Зовнішні умови — вологість і температура — сприяють проростанню зерна. Саме врахування цих зовнішніх факторів є основою для визначення оптимальних режимів зберігання зерна [15, 51, 66, 103].

Інтенсивність дихання в значній мірі залежить від вологості і температури. Інтенсивність дихання сухого зерна незначна. При переході зерна до стану середньої сухості (вологість 14-15,5 %) інтенсивність дихання різко збільшується. Причиною цього є поява вільної води в зерні і, отже, активізація біохімічних процесів. Крім того, підвищення вологості призводить до розвитку мікроорганізмів на поверхні зерна, які також дихають, і тим самим збільшують кількість CO₂ в міжзерновому просторі [101, 103].

Результати визначення інтенсивності дихання наведено в табл. 4.8

Таблиця 4.8

Інтенсивність дихання зерна амаранту, мг CO₂ на 1 кг за добу

(n = 3, p ≥ 0,95)

Вологість зерна, w, %	Температура зерна, °C		
	θ = 5 °C	θ = 15 °C	θ = 25 °C
8,3	93,32	247,30	352,28
9,1	132,08	280,68	396,25
10,4	162,17	326,72	422,11

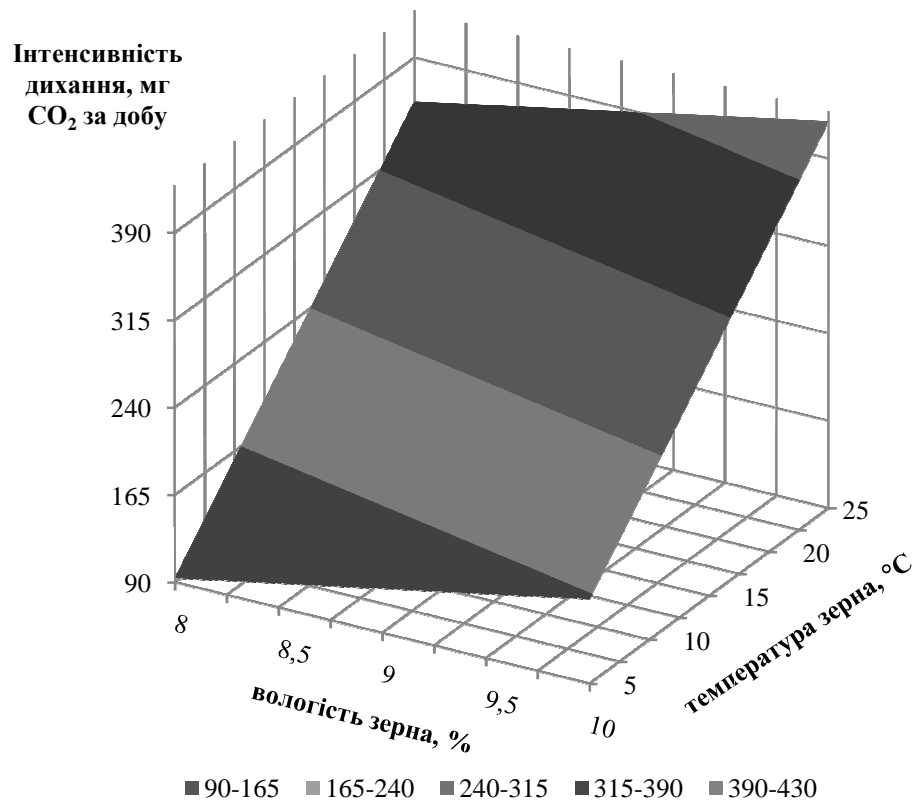


Рис. 4.8 Залежність інтенсивності дихання зерна амаранту від його вологості та температури.

Таким чином, саме вологість 14,0...15,5 % вважається критичною для переходу зерна зі стану спокою до активної життєдіяльності.

При 0 °С дихання зерна не відчувається. Воно незначне і при 10 °С. При більш високій температурі інтенсивність дихання зростає стрибкоподібно, а потім, при температурі 50...55 °С, різко падає внаслідок процесу денатурації білків зерна [51, 66, 103].

Для узагальнення залежності інтенсивності дихання (X , мг CO_2 /(кг·добу) зерна амаранту від його вологості w та температури θ було проведено множинний регресійний аналіз, на основі якого отримано рівняння регресії, справедливе в діапазоні зміни w та θ .

$$X = -245,80 + 12,75 \theta + 34,29w + 0,02 \theta w. \quad (4.8)$$

При вивченні спільного впливу температури і вологості на дихання зерна виявлено, що зниження вологості і зберігання при низьких температурах забезпечує його збереження.

4.6.2. Дослідження хімічного складу. Боротьбу з втратами і зниженням споживчих властивостей зерна і зернових продуктів можливо здійснити тільки на основі глибоких знань їхнього хімічного складу і складних біологічних і хімічних процесів, які протікають у продуктах, інтенсивність яких залежить від особливостей об'єкта та умов зберігання [69].

Зразки зерна амаранту у кількості 0,5 кг, зберігали в полотняних мішках у ексикаторах, у яких створювали (за допомогою відповідної концентрації сірчаної кислоти) необхідні параметри відносної вологості повітря ($\phi = 55\%$ і $\phi = 75\%$). Закладене в ексикатори зерно зберігали в холодильній камері при коливаннях температур від $+4$ до $+6$ °C, у лабораторії при температурі $(+12\dots+15)$ °C, у термостаті при температурі $+25$ °C. тривалість зберігання складала 12 місяців. Перед закладкою зерно на зберігання, а також через кожні три місяці в зразках зерна визначали вологість, вміст крохмалю, клітковини, зольність, «сирий» жир і його якість загальноприйнятими методиками, загальний азот – методом Кьельдалю, небілковий азот – по Барнштейну [82].

Було проведено дослідження змін хімічного складу зерна амаранту при зберіганні з метою встановлення максимально можливого терміну їхнього збереження без зміни основних показників якості [44, 87]. Результати досліджень наведено у табл. 4.9, 4.10 та на рис. 4.6, 4.7.

Як свідчать наведені у табл. 4.9., 4.10 дані, вміст загального азоту при всіх температурних режимах зберігання зерна амаранту практично не змінюється, але спостерігається поступове зниження кількості білкового азоту і білка при відповідному підвищенні вмісту небілкових азотистих сполук. Варто підкреслити, що по нашим даним, при збереженні зерна амаранту в умовах зниженої температури відносно зниження вмісту білка відбувається менш інтенсивно, чим при більш високих температурах зберігання, незалежно від відносної вологості повітря [44].

У процесі зберігання при усіх варіантах температур і відносної вологості повітря спостерігається поступове зниження вмісту крохмалю. Слід зазначи-

ти, що при зберіганні амаранту в умовах пониженої температури зниження вмісту крохмалю відбувається менш інтенсивно, чим при більш високих температурах. При відносній вологості повітря $\phi = 75\%$ відбувається значне зменшення вмісту крохмалю в процесі зберігання, що пов'язано з розвитком плісень, особливо при температурі зберігання $+25\text{ }^\circ\text{C}$. Крохмаль розщеплюється під дію ферментів цвілевих грибів, що розвиваються [44].

Таблиця 4.9
Зміни хімічного складу зерна амаранту у процесі зберігання ($\phi = 55\%$)
($n = 3, p \geq 0,95$)

Температура, $^\circ\text{C}$	Термін зберігання, місяці.	Масова частка, %									Кислотне число жиру, мг КОН	Кислотність, град. кислотності в спиртовій витяжці
		загального азоту	«сирого» протеїну	небілкового азоту	білкового азоту	білка	крохмалю	клітковини	золи	жиру		
+5	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,54	15,87	0,98	1,56	9,75	61,30	4,45	3,87	6,40	6,15	2,61
	6	2,54	15,87	1,01	1,53	9,56	61,20	4,42	3,88	6,37	8,24	2,98
	9	2,52	15,75	1,03	1,49	9,31	60,70	4,43	3,90	6,24	10,30	3,20
	12	2,53	15,81	1,06	1,47	9,19	59,70	4,40	3,89	6,19	15,96	3,35
+15	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,51	15,68	0,99	1,54	9,62	61,20	4,43	3,84	6,30	7,43	2,98
	6	2,52	15,75	1,01	1,51	9,44	61,00	4,45	3,89	6,21	10,54	3,41
	9	2,50	15,81	1,03	1,47	9,19	60,00	4,43	3,86	6,15	16,82	3,88
	12	2,51	15,68	1,05	1,46	9,12	59,00	4,46	3,84	6,10	20,40	4,34
+25	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,54	15,87	1,02	1,52	9,50	60,90	4,43	3,87	6,20	9,04	3,06
	6	2,54	15,87	1,06	1,48	9,25	60,10	4,46	3,88	6,15	12,62	3,72
	9	2,55	15,93	1,09	1,46	9,12	59,50	4,42	3,90	6,09	18,60	4,12
	12	2,54	15,87	1,10	1,44	9,00	58,80	4,45	3,89	6,03	22,60	4,52

Зерно амаранту відрізняється високим вмістом клітковини (4,40...4,47 %). З даних табл. 4.9, 4.10 випливає, що при всіх температурних режимах вміст клітковини практично залишається до 12 місяців зберігання на рівні контролю. Що, безумовно, можна розглядати як позитивний ефект із погляду харчування, тому що харчові волокна адсорбують різні хімічні, у тому числі, канцерогенні речовини, зв'язують і виводять їх з організму.

Таблиця 4.10
Зміни хімічного складу зерна амаранту у процесі зберігання ($\phi = 75\%$)
 ($n = 3, p \geq 0,95$)

Температура, °С	Термін зберігання, місяці.	Масова частка, %									Кислотне число жиру, мг КОН	Кислотність, град. кислотності в спиртовій витяжці
		загального азоту	«сирого» протеїну	небілкового азоту	білкового азоту	білка	крохмалю	клітковини	золи	жиру		
+5	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,54	15,87	0,99	1,55	9,69	61,23	4,43	3,86	6,17	7,44	3,22
	6	2,53	15,81	1,02	1,51	9,44	61,00	4,40	3,85	6,10	10,52	3,60
	9	2,53	15,81	1,05	1,48	9,25	60,10	4,44	3,88	6,00	14,20	3,72
	12	2,53	15,81	1,07	1,46	9,12	59,00	4,43	3,87	5,92	18,60	3,80
+15	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,53	15,81	1,00	1,53	9,56	61,12	4,45	3,90	6,02	9,00	3,82
	6	2,52	15,75	1,04	1,48	9,25	59,10	4,47	3,87	5,90	14,95	4,20
	9	2,53	15,81	1,06	1,47	9,19	58,70	4,43	3,89	5,64	20,42	4,42
	12	2,50	15,62	1,08	1,42	8,87	57,80	4,45	3,85	5,25	26,30	4,54
+25	0	2,55	15,93	0,96	1,59	9,93	61,42	4,41	3,85	6,45	5,56	2,45
	3	2,52	15,75	1,02	1,50	9,37	59,20	4,43	3,87	5,84	24,40	4,32
	6	2,53	15,81	1,08	1,45	9,06	58,40	4,44	3,89	5,72	30,56	5,84
	9	2,51	15,68	1,09	1,42	8,87	57,00	4,46	3,90	5,20	34,70	6,75
	12	2,50	15,62	1,10	1,40	8,75	56,50	4,45	3,86	5,00	38,20	7,15

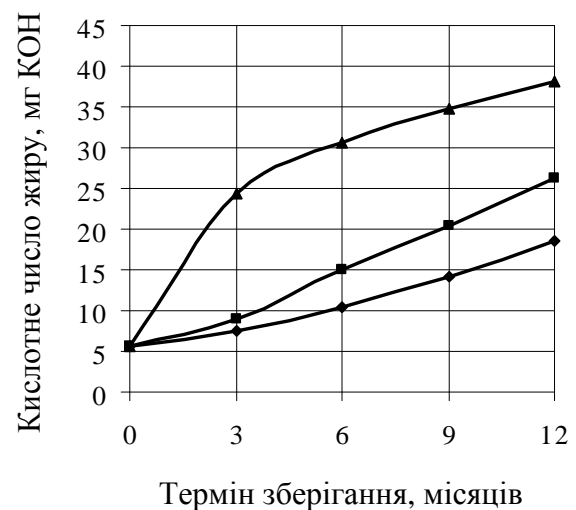
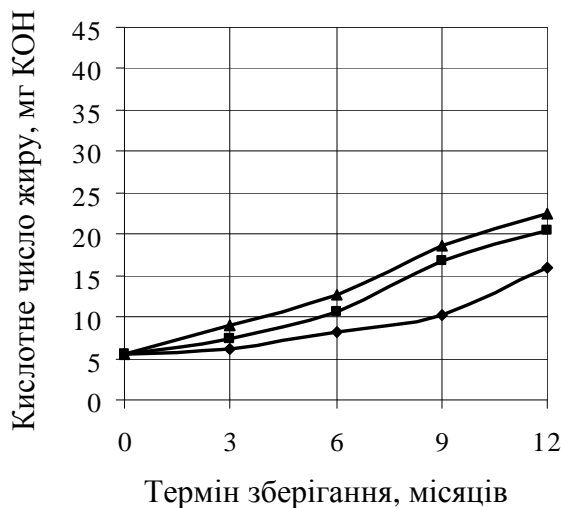


Рис. 4.9. Зміна кислотного числа жиру зерна амаранту в залежності від умов зберігання:

а – при відносній вологості повітря $\phi = 55\%$;

б – при відносній вологості повітря $\phi = 75\%$;

- ▲ – при температурі 25 °С
- – при температурі 15 °С;
- ◆ – при температурі 5 °С;

Загальний вміст мінеральних речовин у зерні амаранту вище, ніж у зерні злаків (3,85–3,90 %). У процесі зберігання при всіх температурних режимах у

зернинах амаранту вміст мінеральних речовин практично не змінювався, що також можна розглядати як позитивний ефект із погляду харчування.

Ліпіди становлять особливий інтерес при зберіганні зерна, тому що жири швидко псуються, що обумовлює погіршення смаку, появу неприємного запаху, підвищення кислотності й інші небажані зміни.

У період зберігання зерна амаранту змінюється кількість жиру і його якість. Так, після 12 місяців зберігання при температурі $+5...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і при відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$ зерна амаранту мало $6,03\%$ жиру, проти $6,45\%$ у вихідному зразку, а після зберігання протягом 12 місяців при температурі $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря $\varphi = 75\%$ кількість жиру зменшилася до $5,0\%$, очевидно, за рахунок розвитку на насінні мікроорганізмів, головним чином плісень.

Якісні зміни жиру зерна у період зберігання викликаються ліпазою, ліпоксігеназою, мікроорганізмами, а також впливом кисню, який знаходиться в повітрі. Підвищення вологості і температури зерна у період зберігання активізує всі ці процеси, а отже, сприяє більш швидкому псуванню зерна.

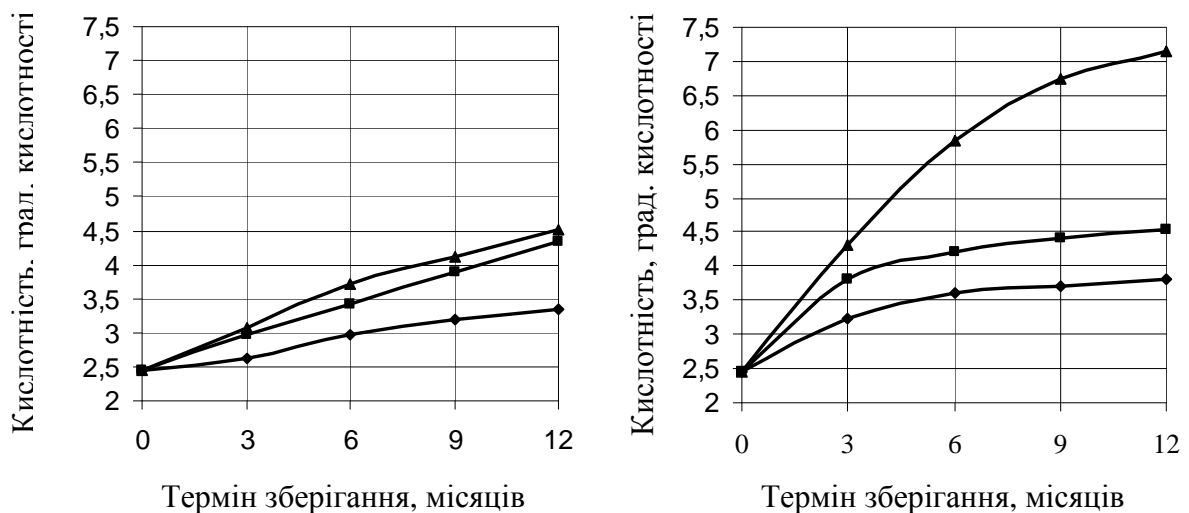


Рис. 4.10. Зміна кислотності зерна амаранту в залежності від умов зберігання:

а – при відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$;

б – при відносній вологості повітря $\varphi = 75\%$;

▲ – при температурі $25\text{ }^{\circ}\text{C}$;

■ – при температурі $15\text{ }^{\circ}\text{C}$;

◆ – при температурі $5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Під дією ліпази відбувається розщеплення жиру на гліцерин і вільні жирні кислоти, що призводить до збільшення кислотного числа жиру. Так, при зберіганні зерна амаранту при температурі $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$ протягом 12 місяців, кислотне число жиру збільшилося з 5,56 до 15,96 мг КОН. За зазначений період кислотне число жиру при даній температурі і відносній вологості повітря $\varphi = 75\%$ збільшилося з 5,56 до 18,6 мг КОН. Накопичення вільних жирних кислот у зерні амаранту не призводить до погіршення його смакових якостей, тому що жир зерна амаранту складається з високомолекулярних жирних кислот, які не мають стороннього неприємного смаку.

При відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$ і температурі зберігання $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ процес гідролізу жиру настільки прискорюється, що за 3 місяці зберігання відбувається таке ж накопичення вільних жирних кислот, як за 12 місяців зберігання при всіх температурних режимах, але меншої відносній вологості повітря ($\varphi = 55\%$).

Слід зазначити, що зерна амаранту, незважаючи на високий вміст жиру, порівняно стійке в зберіганні протягом 12 місяців, тому що в ньому міститься велика кількість вітаміну Е, що є природним антиоксидантом. Крім того вітамін Е в амарантовій олії має токотрієнольну форму, що в декілька разів за активністю перевищує токоферольну.

У період зберігання зерна підвищення кислотності їх зв'язано з активністю ферментів (фітази, фосфатази), які відщеплюють від органічних сполук фосфорну кислоту. Під дією ліпази відбувається збільшення кількості вільних жирних кислот. При несприятливих умовах зберігання в результаті життєдіяльності мікроорганізмів можуть накопичуватися різні кислоти.

Речовини кислого характеру, що утворюються, здебільшого розчинні у воді і лише жирні кислоти добре розчиняються в спирті та ефірі.

Спиртові витяжки мають перевагу перед водяними тому, що при обробці подрібненого зерна спиртом інактивуються ферменти і, таким чином, виключається підвищення титруємої кислотності за рахунок ферментативних про-

цесів, що відбуваються при настоюванні зерна з водою. Кислотність спиртових витяжок на відміну від бовтанки і водяної витяжки дозволяє врахувати жирні кислоти, тому цей показник найбільш точний.

Як видно з даних табл. 4.9, 4.10 для всього зерна амаранту, що зберігалося в різних умовах є характерним зростання кислотності. Зміна кислотності спиртової витяжки в більшій мірі залежить від температури зберігання, чим від відносної вологості повітря. Так, після 6 місяців зберігання при температурі $+4...+6$ °С і відносної вологості повітря 55–75 % кислотність зерна збільшилася на 0,53–1,15°, а при температурі $+15$ °С вона зросла 0,96–1,75°. Більш високе зростання кислотності характерне при температурі зберігання $+25$ °С і $\varphi = 75$ %. Таким чином, кислотність спиртової витяжки корелює з кислотним числом жиру і зміною смакових якостей зерна [44].

4.6.3. Дослідження мікробіологічних показників. Мікробіологічна характеристика будь-якого продукту є дуже важливим показником його якості.

Зразки зерна амаранту, в кількості 0,5 кг, зберігали в мішечках з бавовняної тканини в ексікаторах, в яких створювались штучно (за допомогою відповідного розчину сірчаної кислоти) необхідні параметри відносної вологості повітря ($\varphi = 55$ % і 75 %). Закладене в ексікатори зерно зберігалось в холодильній камері при коливанні температур від $+4$ до $+6$ °С, в лабораторії при температурі $(+12...+15)$ °С, в термостаті при температурі $+25$ °С. Тривалість зберігання становила 12 місяців. Перед закладкою зерна на зберігання, а також через кожні три місяці визначали кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФА н М).

Аналіз мікрофлори зерна амаранту проводили традиційними методами [126]. Кількісний та якісний склад мікрофлори визначали шляхом змиву мікроорганізмів з поверхні зерна амаранту з наступним висіванням його десятиразового розбавлення в м'ясопептонний агар (МПА) і сусло-агар (СА). Посіви вирощували при температурі відповідно $+37$ °С і $+28$ °С. Загальну кількість бактерій визначали на МПА через 48 годин, а мікроміцети на СА через

7 діб. Споріві форми бактерій визначали в пастеризованих змивах з зерна амаранту, які висівали на комплексне поживне середовище МПА + СА (1:1). Родову належність установлювали за культуральними та морфологічними ознаками.

Одними з найпоширеніших збудників псування зерна протягом зберігання є мукові гриби, основний представник яких – рід мукор (*Mucor*). Рід *Mucor* має великі кулясті спорангії на окремих (простих або розгалужених) спорангієносіях. Колір міцелію спочатку білий, потім сірувато-маслиновий; зовнішній вигляд нагадує повстину. Гриби роду *Rhizopus* (відносяться до мукових) утворюють не розгалужені, темно-бурі спорангієносії, що ростуть жмутиками. Біля основи спорангієносіїв присутні кореневі відростки – ризоїди. *Rhizopus* розповсюджується по поверхні субстрату за допомогою довгих гіф, що на вигляд схожі на “вуса” полуниці [1, 126].

Гриби роду *Aspergillus* (маслинова, жовта, брунатно-чорна пліснява) нагадують дозрілу кульбабу. Гриби роду *Penicillium* (блакитна, сиза, зелена пліснява) схожі на китиці.

Гриби є аеробними мікроорганізмами: вони отримують енергію, окислюючи органічні речовини із використанням газоподібного кисню.

У свіжозібраному насінні (зерні) присутні бактерії роду *Pseudomonas*. Основний представник цього роду (*P. herbicola*) складає 70 – 95 % усіх бактерій, присутніх на зерні. Бактерії *P. herbicola* не викликають псування насіння, однак у великій кількості та активному стані інтенсивно виділяють теплоту і сприяють процесу самозігрівання. При розвитку мікрогрибів *P. herbicola* відмирає, що свідчить про зниження якості насіння (зерна) [1, 126].

Якщо загальну кількість мікроорганізмів, яка об’єднує бактерії *Ervinia herbicola*, *Pseudomonas fluorescens*, БГкП, *B.subtilis*, *B.licheniformis*, гриби роду *Penicillium* та інші неідентифіковані гриби прийняти за 100 %, то кожен з них складає у відсотках 58,5 %, 11,5 %, 0,2 %, 1,1 %, 1,6 %, 27,1 % відповідно (рис. 4.11).

Аналіз отриманих результатів (табл. 4.11, 4.12) показав, що переважною складовою бактеріальної мікрофлори зерна амаранту, як і більшості зернових культур є неспороносна паличка *Ervinia herbicola* – нормальний супутник зерна при зберіганні в стандартних умовах (представник епіфітної мікрофлори).

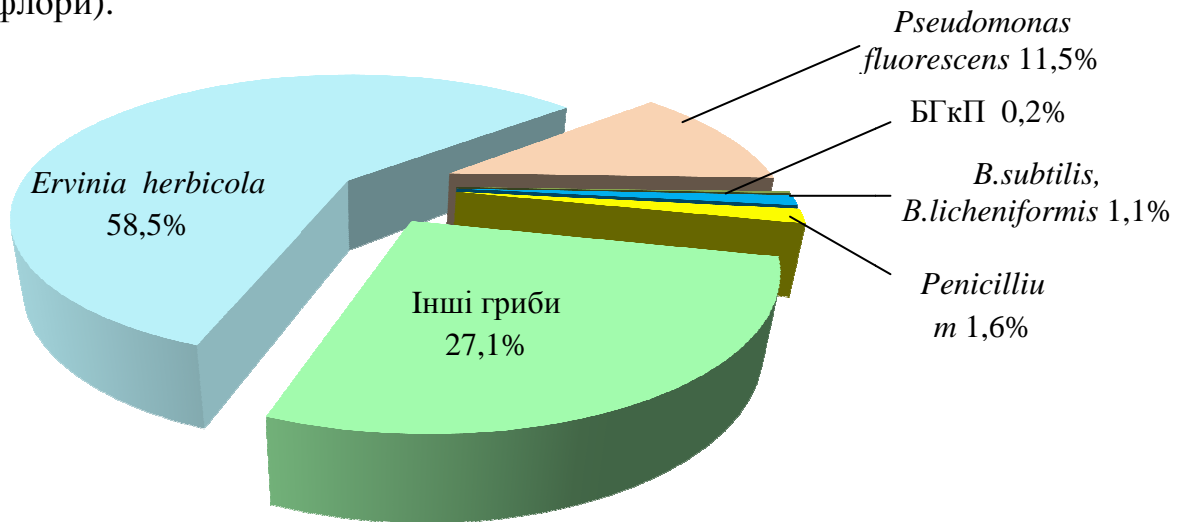


Рис. 4.11 Характеристика вихідного складу мікрофлори зерна амаранту

Таблиця 4.11

Вплив режимів зберігання на видову зміну мікробіоти зерна амаранту при відносній вологості повітря 55 %

(n = 3, p ≥ 0,95)

Температура зберігання, °С	Тривалість зберігання, міс.	МАФАНМ (КУО/г·10 ³)					Мікроміцети (КУО/г·10 ³)			
		<i>Ervinia herbicola</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	БГкП	<i>B.subtilis</i> , <i>B.licheniformis</i>	Разом	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	Інші гриби	Разом
5	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	1,58	0,32	0,01	0,05	1,96	0,07	0,00	1,00	1,07
	6	0,53	0,14	0,01	0,06	0,74	0,08	0,00	0,60	0,68
	9	0,41	0,11	0,02	0,06	0,60	0,08	0,00	0,40	0,48
	12	0,19	0,07	0,02	0,07	0,35	0,09	0,00	0,10	0,19
15	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	1,73	0,36	0,01	0,06	2,16	0,08	0,00	0,90	0,98
	6	0,95	0,21	0,02	0,08	1,26	0,09	0,00	0,60	0,69
	9	0,69	0,15	0,03	0,09	0,96	0,11	0,00	0,30	0,41
	12	0,23	0,11	0,03	0,10	0,47	0,13	0,00	0,10	0,23
25	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	1,97	0,41	0,03	0,07	2,48	0,08	0,02	0,70	0,80
	6	1,03	0,33	0,08	0,09	1,53	0,10	0,05	0,30	0,45
	9	0,65	0,23	0,15	0,12	1,15	0,12	0,06	0,20	0,38
	12	0,29	0,15	0,23	0,14	0,81	0,14	0,06	0,08	0,28

Таблиця 4.12

**Вплив режимів зберігання на видову зміну мікробіоти
зерна амаранту при відносній вологості повітря 75 %**

(n = 3, p ≥ 0,95)

Температура зберігання, °С	Тривалість зберігання, міс.	МАФАНМ (КУО/г·10 ³)					Мікроміцети (КУО/г·10 ³)			
		<i>Ervinia herbicola</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	БГкП	<i>B.subtilis</i> , <i>B.licheniformis</i>	Разом	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	Інші гриби	Разом
5	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	1,60	0,35	0,01	0,09	2,05	0,09	0,01	1,00	1,10
	6	0,60	0,17	0,03	0,15	0,95	0,11	0,03	0,60	0,74
	9	0,46	0,10	0,04	0,20	0,80	0,19	0,05	0,40	0,64
	12	0,24	0,05	0,05	0,27	0,61	0,25	0,05	0,10	0,40
15	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	2,00	0,39	0,02	0,11	2,52	0,10	0,03	0,90	1,03
	6	1,06	0,31	0,04	0,18	1,59	0,15	0,03	0,60	0,78
	9	0,74	0,21	0,05	0,27	1,27	0,21	0,05	0,30	0,56
	12	0,30	0,06	0,07	0,37	0,80	0,27	0,05	0,10	0,42
25	0	2,59	0,51	0,01	0,05	3,16	0,07	0,00	1,20	1,27
	3	2,10	0,46	0,03	0,14	2,73	0,11	0,05	0,70	0,86
	6	1,15	0,34	0,07	0,23	1,79	0,17	0,08	0,45	0,70
	9	0,78	0,25	0,11	0,30	1,44	0,25	0,08	0,20	0,53
	12	0,32	0,07	0,47	0,39	1,25	0,30	0,08	0,05	0,43

Відсоток бактерій *Ervinia herbicola* від загальної кількості всіх бактерій складає 81,6 %, частка *Pseudomonas fluorescens* на зерні амаранту склала – 16,1 %. БГкП склали 0,3 %. Із спороутворюючих бактерій виявлені бактерії груп *B.subtilis*, *B.licheniformis*, відносна кількість яких склала –1,6 % від загальної кількості бактерій. Із мікроміцетів перед закладкою на зберігання були виявлені *Penicillium*, польові гриби, як *Mucor*, *Alternaria*, *Cladosporium* та інші неідентифіковані гриби.

Дані, які характеризують динаміку змін стану мікрофлори зерна під час зберігання, свідчать про те, що в процесі зберігання кількість бактерій і плісневих грибів змінюється в залежності від режимів зберігання.

Як показали дослідження, на зерні амаранту під час зберігання при температурі +5 °С, +15 °С, +25 °С і відносній вологості повітря φ = 55 % практично не було виявлено приросту мікроорганізмів (табл. 4.11).

Навпаки, початкова кількість бактерій і мікроміцетів в процесі зберігання зменшилась після 12 місяців на 74,4–88,1 % та 78,0–85,0 % відповідно. Саме велике їх скорочення спостерігалось при температурі зберігання +5 °С, а найменше – при температурі зберігання +25 °С. Зменшення кількості бактерій відбувалося за рахунок відмирання, головним чином бактерій виду *Ervinia herbicola*. Мікроміцети при такій відносній вологості не розвивались, але спостерігалась зміна їх видового складу. Слід відмітити, що при температурі зберігання +5 °С та +15 °С спостерігається розвиток майже виключно грибів роду *Penicillium*, а при температурі зберігання +25 °С також розвиток грибів роду *Aspergillus* (табл.4.11).

На зерні амаранту під час зберігання при відносній вологості повітря $\phi = 75$ % помічено збільшення кількості бактерій *B.subtilis*, *B.licheniformis* і мікроміцетів *Penicillium* при всіх варіантах зберігання (табл. 4.12). Зростання кількості бактерій *B.subtilis*, *B.licheniformis* відбулося майже в 5–8 разів. Кількість грибів роду *Penicillium* збільшилася в 3,5–4,2 рази.

У процесі зберігання змінювався і склад грибної флори зерна амаранту. Так, кількість грибів *Mucor*, *Alternaria*, *Cladosporium* та інших неідентифікованих польових грибів знижується в порівнянні з початком зберігання. В той же час кількісно збільшуються і стають постійними компонентами плісеневі гриби родів *Penicillium* і *Aspergillus*.

Слід відзначити, що зерно амаранту при зберіганні при температурі +15 °С і + 25 °С та відносній вологості повітря 55 та 75 % до 12 місяців зберігання мали виражений комірний запах, що пов'язано з розвитком значної кількості дріжджів, які накопичують у зерновій масі спирт та кислоти. Речовини, що утворюються дуже леткі і легко видаляються при переміщенні та вентиляванні зерна.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Дослідження гранулометричного складу свіжозібраного зерна амаранту дозволяють зробити висновок, що виділення основних засмічувачів ама-

ранту є можливим, не зважаючи на майже однакові розміри та форму. Для виділення домішок можна застосовувати набір решіт з круглими отворами таких розмірів: Б1 – 1,0...1,1; Б2 – 1,0...1,1; В – 0,6...0,8; Г – 0,6...0,8, та продовгуватими отворами: Б1 – (0,8...1,0)×20, Б2 – (0,5...0,7) ×20, В1 – (0,4...0,6)×20.

2. Аналіз закономірностей кінетики процесу сушіння показав, що застосування конвективного, ІЧ та конвективно-мікрохвильового сушіння дозволяє при певних режимах досягти зниження вологості зерна в межах допустимої температури нагрівання зерна, при цьому не відбувається погіршення якості просушеного зерна амаранту:

– конвективне сушіння свіжозібраного зерна амаранту при температурах сушильного агента 50 ... 60° С в умовах шахтних зерносушарок дозволяє забезпечити його кондиційну вологість і збереження споживчих властивостей. Однак для насінневого зерна доцільно використовувати агент сушіння з температурою не вище 50° С.

– при ІЧ сушінні отримати сухе і не перегріте зерно амаранту можна за потужності випромінювача не вище 100 Вт. Для практичного застосування доцільно сушіння проводити за потужності 100 Вт, оскільки за меншої потужності подовжується тривалість сушіння, а, отже, і продуктивність сушарки знижується.

– при конвективно-мікрохвильовому сушінні застосування імпульсних (осцилюючих) режимів за тривалості імпульсу подачі МХ енергії 4 с і тривалості продування зовнішнім повітрям 20...40 с дозволяє не перегріваючи амарант просушити його до кондиційної вологості.

Однак, за тривалості імпульсу подачі МХ енергії 8 с і тривалості продування зовнішнім повітрям 20...40 с зерно амаранту при досягненні кінцевої вологості перегрівається понад 50 °С, що негативно позначається на його якості.

З огляду на високу інтенсивність конвективно-мікрохвильового сушіння, його можна використовувати для попереднього нагрівання і часткового під-

сушування зерна амаранту. Криві сушіння і нагрівання свідчать, що за 1,7...4,0 хв. амарант можна нагріти до 50 °С. При цьому вологість амаранту знижується з 17,0 % до 11,5..12,3 %.

Незважаючи на те, що загальний час сушіння амаранту при МХ енергопідведенні більше, ніж при ІЧ і конвективному сушінні, час енергетичного впливу на зерно при конвективно-мікрохвильовому сушінні значно коротший і становить 5...10 хв. проти 44...56 хв. при ІЧ і конвективному сушінні. Це дозволяє краще зберегти якість зерна.

3. Встановлено залежність інтенсивності дихання зерна від його вологості та температури та запропоновано емпіричне рівняння для опису цієї залежності. Зниження вологості зерна та його температури суттєво знижує інтенсивність дихання, знижує втрати сухої речовини зерна при зберіганні амаранту.

4. Встановлено, що з досліджених хімічних показників, при зберіганні зерна амаранту найбільше змінюється кислотне число жиру (з 5,56 до 38,20 мг КОН) і кислотність (з 2,45 до 7,15 град. кислотності) в спиртовій витяжці при зберіганні за відносної вологості повітря $\varphi = 75\%$ та температури 25 °С. Встановлено також, що за температур +5...15 °С та відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$ помітно знижується життєдіяльність мікроорганізмів. За цих умов у зерні амаранту з вологістю до 12 % затримується розвиток бактерій і навіть плісневих грибів, що захищає зерна від активного впливу мікроорганізмів та зберігає їх якість.

5. На основі мікробіологічних досліджень встановлено, що консервуюча дія понижених температур, при яких помітно знижується життєдіяльність мікроорганізмів, відчувається при температурі +5 °С...+15 °С та відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$. За цих умов у партіях зерна амаранту з вологістю до 12 % затримується розвиток бактерій і навіть плісневих грибів.

Основні результати досліджень викладено у роботах [44-47, 55, 87, 88, 112, 116, 117, 147, 148, 169].

РОЗДІЛ 5

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

У розділі надано рекомендації з очищення, сушіння та зберігання зерна амаранту, а також наведено і описано ряд удосконалених схем і технологій — технологічної лінії сушіння зерна амаранту, зокрема, із застосуванням комбінованого конвективно-мікрохвильового сушіння, а також сушіння в карусельних сушарках. Наведено технологічну схему лінії післязбиральної обробки зерна амаранту, запропоновано сучасну технологію післязбиральної обробки амаранту з використанням «зернового насоса», а також схему міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання амаранту та різних «нішевих» культур. На заключному етапі виконано техніко-економічне обґрунтування проекту міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту.

5.1. Розробка технологічних схем та рекомендацій з післязбиральної обробки зерна амаранту

Перед розміщенням на зберігання з метою запобігання погіршенню якості вологе та сире зерно амаранту необхідно очистити від домішок та просушити. Для надійного зберігання зерно амаранту має відповідати наступним вимогам: вологість – не більше 9 %; засміченість – не більше 2 %.

5.1.1. Рекомендації з очищення зерна амаранту. Зважаючи на малі розміри зерна амаранту (0,8...1,0 мм) та низьку швидкість витання (2...3 м/с), його доцільно очищати на безрешітних (аеродинамічних) сепараторах типу САД, АЛМАЗ, «ТОР» ИСН або зерноочисних комплексах на їх основі (мобільних ЗАВ типу СОК та ін.). Аеросепаратори дозволяють проводити очищення зерна від домішок та розділяти його на кілька фракцій за аеродинамічними властивостями. Продуктивність сепараторів типу САД складає від 4 до 150 т/год. (Дод. М, [1]).

Технологічна схема аеросепаратора наведена на рис.5.1.

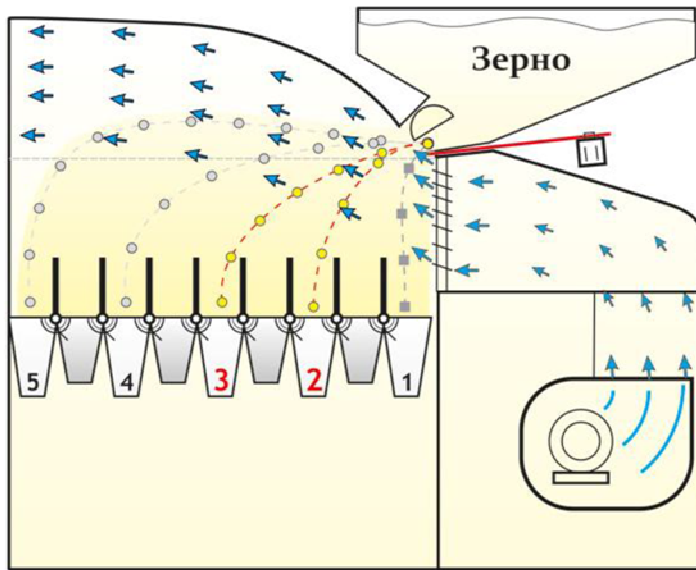


Рис. 5.1. Технологічна схема аеродинамічного сепаратора: 1 – крупні домішки; 2, 3 – очищене зерно; 4,5 – легкі домішки, шупле та бите зерно

Робота сепаратора зводиться до розподілу зернової маси на фракції за питомою вагою за допомогою повітряних потоків.

Зерно подають в бункер-живильник, потім за допомогою регулятора подачі зерна подають на віброкоток, де відбувається його псевдо зрідження та вирівнювання по товщині камери сепарації.

В камері сепарації відбувається розшарування та поділ зерна за питомою вагою за рахунок дії на нього повітряних потоків, що утворюються вентилятором високого тиску, підготовлених струменевим генератором. Після сепарації зерно розводиться за фракціями та направляється у приймальні бункери або фасується у мішки. Для вловлювання пилу, легких домішок та дрібнодисперсних частинок, які надходять разом з зерновою масою на сепарацію, призначено циклон, вбудований у сепаратор.

Очищення зерна амаранту можна проводити також на існуючих в галузі ситоповітряних сепараторах та зерноочисних стаціонарних комплексах ЗАВ. Рекомендовані форми та розміри отворів решіт наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Вибір решіт для очищення зерна амаранту на ситових та ситоповітряних сепараторах

Розміщення решіт	Позначення решіт	Розмір отворів решіт, мм
	Б1	□ (0,8...1,0)×20
	Б2	□ (0,5...0,7)×20
	В1	□ (0,4...0,6)×20
	В2	∅ 1,2
	Г1	∅ 0,9

Примітки:

1) розміри отворів решіт можуть змінюватись у зазначених межах в залежності від геометричних розмірів партії зерна амаранту, які уточнюються при проведенні пробного очищення відповідно до «Инструкции № 9-5-82 по очистке...» (Дод. М, [2]);

2) швидкість повітряного потоку у пневмоканалі сепаратора регулюється відповідно до крупності зерна, щоб запобігти його виносу у сміттеві домішки.

5.1.2. Технологічна лінія та рекомендації з сушіння зерна амаранту. Сире та вологе зерно амаранту перед розміщенням на зберігання необхідно просушити до кондиційної вологості. Для надійного зберігання дрібнонасіневі олійні культури повинні мати вологість не вище 9 %. Зерно амаранту можна сушити на усіх типах існуючих на підприємствах шахтних прямотечійних та рециркуляційних зерносушарках, а також на колонкових (решітних) модульних прямотечійних зерносушарках. Однак, найкращу якість та рівномірність просушеного зерна амаранту можна отримати при застосуванні шахтних зерносушарок з клиноподібними жалюзійними коробами.

Порівняно з колосовими та традиційними зерновими культурами амарант має підвищену сипкість та меншу швидкість витання і для його сушіння у шахтних зерносушарках треба провести таке переобладнання:

– знизити об'єми надходження сушильного агента та холодного повітря в сушильні і охолоджувальні зони приблизно на 1/3 від об'єму, що подається кожним вентилятором, та зменшити швидкість відпрацьованого сушильного агента і повітря із відповідних коробів до 2,6...2,8 м/с. Це досягається відключенням одного з двох вентиляторів (у конструкціях, де є два вентилятора), або зменшенням частоти обертів вентиляторів шляхом підбору та зміною діаметра шківів, або за рахунок дроселювання підсмоктування повітря у відповідних патрубках першої зони та підсмоктування у топку в верхній та нижній частинах каналів підсмоктування (на 50 %);

– наварити на всіх коробах металеві пластини для уникнення видування дрібнонасіневих культур на вході та виході коробів сушильного агенту;

– для запобігання просипів дрібнонасінневих культур між шахтами та кріпленням коробів, необхідно підігнати коробки до стінок шахти місця прилягання коробів до шахти, а також добре зашпарувати всі нещільності термостійким силіконом;

– відрегулювати випускний механізм на мінімальний випуск дрібнонасінневих культур, знизивши зазор між рухомою і нерухомою частинами випускного пристрою до 2...3 мм;

– замінити комплект деталей форсунки: завихрювач палива та повітря, розпилювач з діаметром отворів 0,5...0,7 мм замість 1,4 мм.

При сушінні амаранту в колонкових модульних зерносушарках вони повинні мати решета з отворами $\varnothing 0,6...0,7$ мм для дрібнонасінневих культур, через які б амарант не просипався. Інші переоснащення у них не потрібні.

Зважаючи на результати наших досліджень, наведених вище, для економії витрат палива на сушіння та покращення якості амаранту можна рекомендувати комбінований конвективно-мікрохвильовий спосіб сушіння. Цей спосіб передбачає три етапи сушіння амаранту. Вологе та сире зерно амаранту на першому етапі сушать у конвективних прямотечійних зерносушарках за спадними температурними режимами до вологості, яка на 3,5...5,0 % перевищує кондиційну (тобто до вологості 12,5...14,0 %). На другому етапі амарант сушать у мікрохвильових сушарках (які дозволять ефективно вилучати вологу з центральних шарів амаранту) до вологості, як на 1,5...2,0 % перевищує кондиційну (тобто до вологості 10,5...11,0 %). Мікрохвильове сушіння проводять за імпульсними режимами, чергуючи імпульси підведення енергії з продуванням амаранту зовнішнім повітрям, що дозволяє запобігти його перегріванню та сприяє зниженню енерговитрат на сушіння. На третьому, заключному, етапі амарант направляють у силоси з активним вентиляванням, де він після вилежування охолоджуються зовнішнім повітрям до температури, яка на 5...10 °С перевищує температуру довкілля.

Якщо вологість амаранту не перевищує 10 %, то конвективне сушіння можна не проводити і його відразу направляти у мікрохвильову сушарку і, далі, після вилежування, – на охолодження.

Для конвективного сушіння рекомендовано використовувати іноземні та вітчизняні шахтні зерносушарки з клиноподібними жалюзійними коробами (наприклад, К4-УС-2А). Для реалізації мікрохвильового методу сушіння можна рекомендувати, наприклад, мікрохвильову зерносушарку АСТ-3, характеристики якої наведено у інтернет-джерелі [134] або аналогічні їй. Охолодження можна проводити у вентиляльованих металевих силосах з плоским чи конусоподібним днищем, або ж у складах підлогового зберігання, які обладнані системою активного вентилявання. Для забезпечення нормативної якості амаранту при його сушінні слід дотримуватись рекомендованих режимів сушіння, наведених в табл. 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.2

Вищі граничні значення температури агента сушіння та нагрівання дрібнонасіньєвих культур в конвективних зерносушарках

Культура, призначення	Початкова вологість, %	Проходження через сушарку	Гранична температура нагрівання зерна, °С	Гранична температура сушильного агента, °С
Амарант, продовольче призначення	≤14	Однократне	55	80
	14...18		50	70
	≥18		45	60

Таблиця 5.3

Режими мікрохвильового сушіння зерна амаранту

Культура, призначення	Вологість на вході у сушарку, %	Тривалість циклів, с		Швидкість повітря, м/с	Товщина шару зерна, мм
		підведення енергії	продування повітрям		
Амарант, продовольче призначення	10,5...11,0	10...20	20..30	0,3...1,0	30...60

У разі відсутності на підприємстві шахтних зерносушарок, конвективне сушіння дрібнонасіньєвих культур можна проводити у колонкових модульних сушарках, витримуючи наведені у табл. 5.4 режими сушіння.

Вищі граничні значення температур агента сушіння зерна амаранту в колонкових модульних зерносушарках

Культура, призначення	Зони сушіння	Гранична температура агента сушіння, °С
Амарант, продовольче призначення	1	60
	2	60
	3	55
	4	55
	5	50 чи нижче
	6	50 чи нижче (або зовнішнє повітря для охолодження)

Для реалізації ефективного комбінованого конвективно-мікрохвильового способу сушіння амаранту пропонується технологічна схема, яка наведена на рис. 5.2.

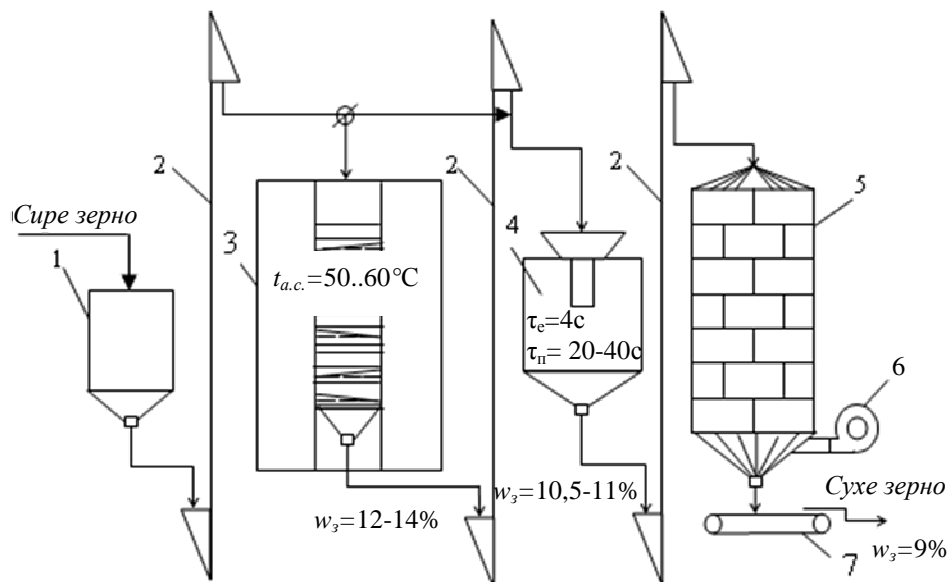


Рис. 5.2. Схема технологічної лінії комбінованого конвективно-мікрохвильового способу сушіння амаранту:

- 1 – бункер для сирого зерна амаранту; 2 – норія; 3 – шахтна прямооточійна зерносушарка з клиноподібними жалюзійними коробами; 4 – мікрохвильова сушарка; 5 – бункер для сухого зерна; 6 – вентилятор; 7 – конвеєр для подачі просушеного і охолодженого амаранту у склад на зберігання

5.1.3. Сушіння зерна амаранту в карусельних сушарках. Деякі фермерські господарства мають технологічні лінії для післязбиральної обробки різних дрібнонасіньових культур. В цих лініях часто використовують карусельні сушарки, в яких зернова маса сушиться у щільному шарі товщиною 300...505 мм.

Для сушіння зерна амаранту найбільш пристосована вітчизняна карусельна зерносушарка «АСТРА-ІНГУЛ-КС», що випускається компанією ТОВ «АСТРА С» (м. Кропивницький). Вона є оптимальною для малих фермерських господарств та призначена для якісного сушіння всіх видів зернових, олійних і бобових культур продовольчого, фуражного і насінневого призначення, а також зерна різноманітних трав. Загальний вигляд карусельної зерносушарки «АСТРА-ІНГУЛ-КС» наведено на рис. 5.3.

Сушарка складається з корпусу 1, всередині якого встановлено решітчаста «карусельна» платформа. Простір над платформою заповнюється зерном 2. Зерно подається самопливом в бункер-розподільник 3 і відвантажується скребковим конвеєром 4. Гаряче повітря подається під ґратчасту платформу від теплогенератора 5 з моноблочним пальником 6 (дизпаливо, газ) за допомогою вентилятора 7 через патрубок 8. Управління сушаркою проводиться з пульта 9 (URL : http://www.astrawood.com/?page_id=937).

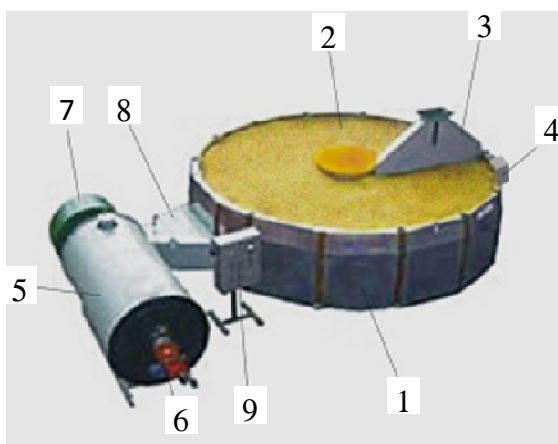


Рис.5.3. Карусельна сушарка «АСТРА-ІНГУЛ-КС»

Технологія сушіння і конструкція карусельної зерносушарки «АСТРА-ІНГУЛ-КС» забезпечують якісне сушіння:

- посівного матеріалу (м'який температурний режим);
- високо вологого зерна (кукурудза, соя, горох), непростого для сушіння;
- зерна та насіння, які погано продуваються в шарі із-за малих розмірів зернин або форми (зерно амаранту, насіння льону, трав та ін.).

В карусельній сушарці КС забезпечуються м'які температурні режими, чому сприяють особливості технології сушіння в ній зерна:

– зерно вільно розміщується на обертовому ґратчастому днищі, що продувається знизу нагрітим в теплогенераторі повітрям (щільний або киплячий шар);

– зерно вільно розміщується на обертовому ґратчастому днищі, що продувається знизу нагрітим в теплогенераторі повітрям (щільний або киплячий шар);

– прогрівання зерна верхнього, нового шару відбувається майже остиглим повітрям, його нагрівання відбувається в міру опусканні вниз, внаслідок прибирання скребковим конвеєром самого нижнього шару, нагрітого до встановленої нормативами температури і готового до вивантаження;

– поступове прогрівання зерна, відсутність шнекових і норійних систем зменшує ймовірність пошкодження зерна чи насіння.

Зерносушарка КС – сушарка безперервної дії (потоківа) – сушіння, завантаження і вивантаження відбуваються одночасно і безперервно. Процес управління сушаркою простий, не вимагає постійного спостереження за роботою сушарки. Електронна система управління температурним режимом і швидкістю відвантаження гарантують автоматичну підтримку заданих параметрів і, отже, якість сушіння.

Зерносушарка КС економічна, а витрати на виробництво теплоносія мінімізовані через відсутність втрат тепла. Сушарка пожегобезпечна, має виносний теплогенератор з моноблочним пальником (дизпаливо, газ). Можлива установка теплогенератора на базі спалювача твердого палива, що працює на місцевому паливі (дрова, пелети, зернові відходи, солома, торф і т.п.). Зерносушарка КС не має механізмів (норій), що травмують зерно, завантаження зерна здійснюється самопливом з бункера або будь-яким наявним на підприємстві зернозавантажувачем. Відсутність норії зменшує капітальні витрати. Конструкція сушарки (невелика висота і вага) забезпечує зручність монтажу і експлуатації, не потрібно потужний фундамент. Сушарка КС-2 транспортується на одному автомобілі і монтується протягом одного-двох днів.

5.1.4. Технологія післязбиральної обробки аманту з використанням «зернового насоса». Компанія «АСТРА С», окрім зерносушильного обладнання, запропонувала для вертикального і горизонтального переміщення зерна кільцевий скребковий конвеєр КСК, який отримав назву «зерновий насос». Застосування КСК дозволяє у бага-

тьох випадках обійтись без завальної ями та знизити загальні витрати на комплекс. КСК можуть розташовуватись вертикально, горизонтально або під нахилом (під любым кутом), забезпечуючи транспортні зв'язки, що необхідні для роботи зернокомплексу. Трубопровід КСК може мати круглий або прямокутний робочий переріз. Управління секціями розвантаження – дистанційне (URL : <https://svmagrotech.com/production/conveyors/konvejer-skrebkovyj-koltsevoj/>).

Загальний вигляд, устрій та принцип роботи «зернового насоса» видно з рис. 5.4. Технологічна схема сушіння амаранту на базі карусельної сушарки із «зерновим насосом» наведена на рис. 5.5.

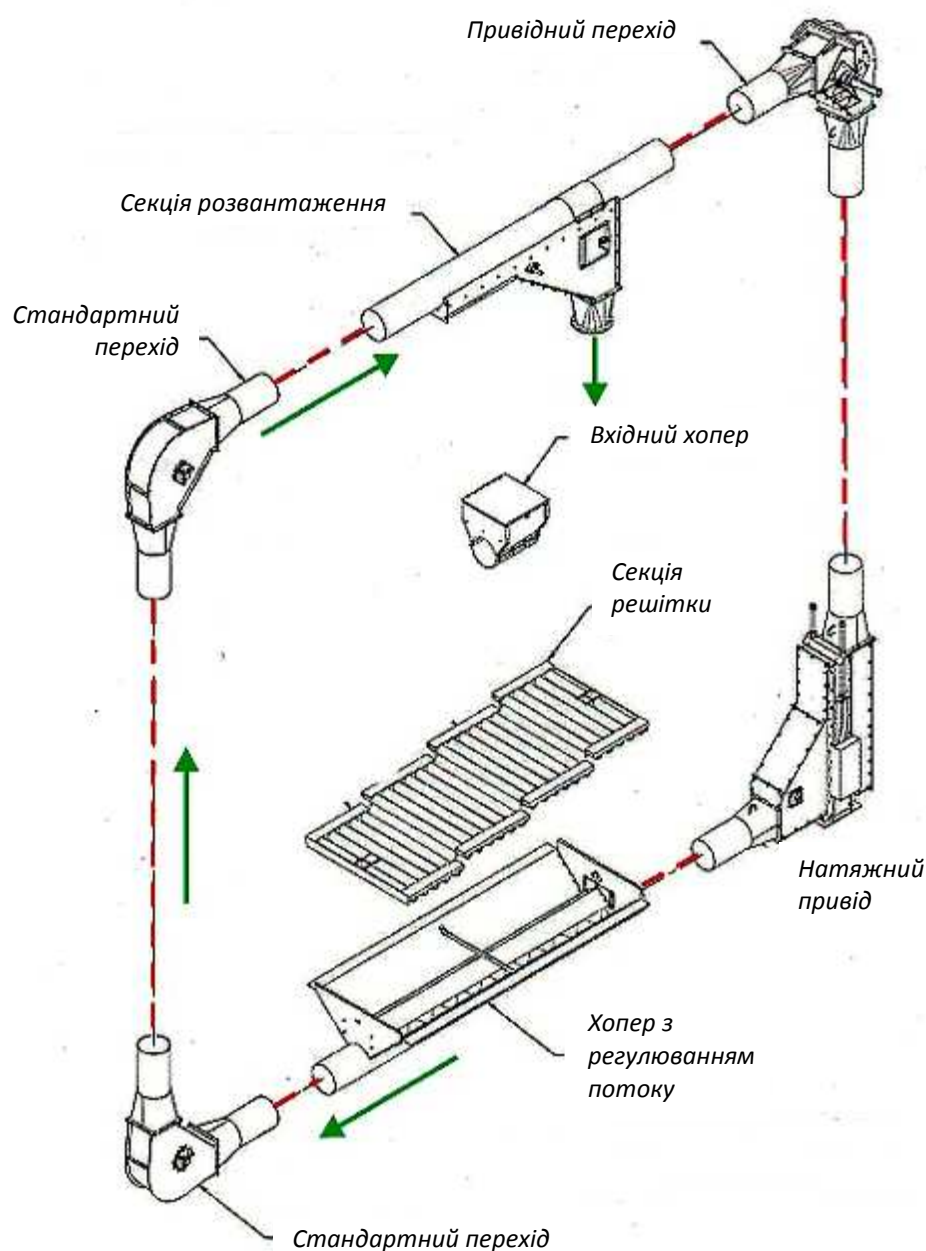


Рис. 5.4. Загальний вигляд, устрій та принцип роботи «зернового насоса»

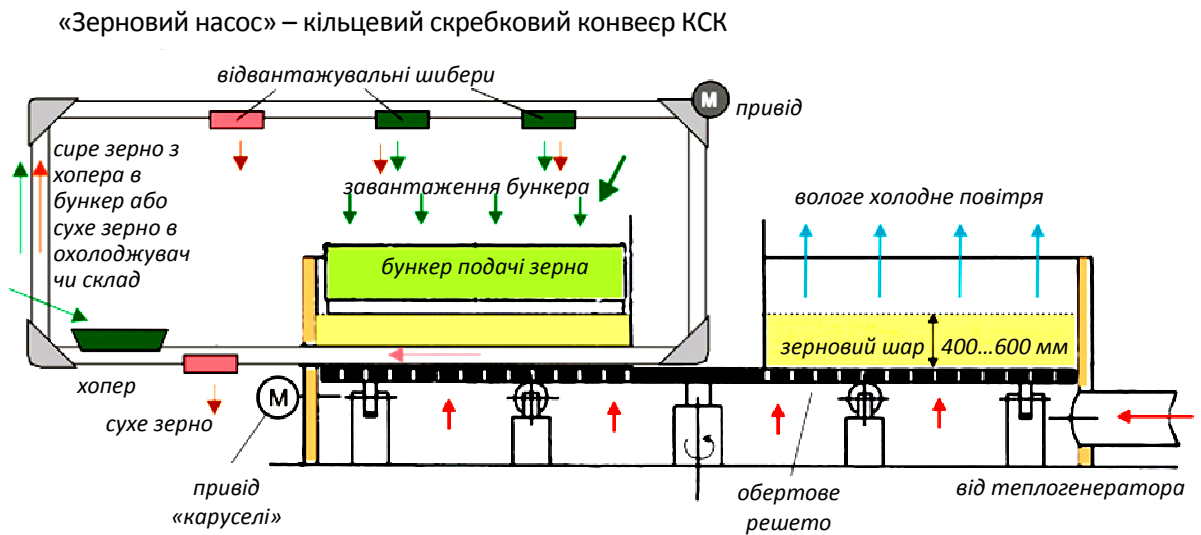


Рисунок 5.5. Карусельна зерносушарка з кільцевим скребковим конвеєром – завантажувачем бункера дозованої подачі та відбирачем сухого зерна

5.1.5. Технологічна схема лінії післязбиральної обробки зерна амаранту. Враховуючи результати дослідження фізико-технологічних властивостей зерна амаранту та літературних даних з технології післязбиральної обробки дрібнонасіневих культур для зерна амаранту можна рекомендувати технологічну схему, що наведена на рис. 5.6.

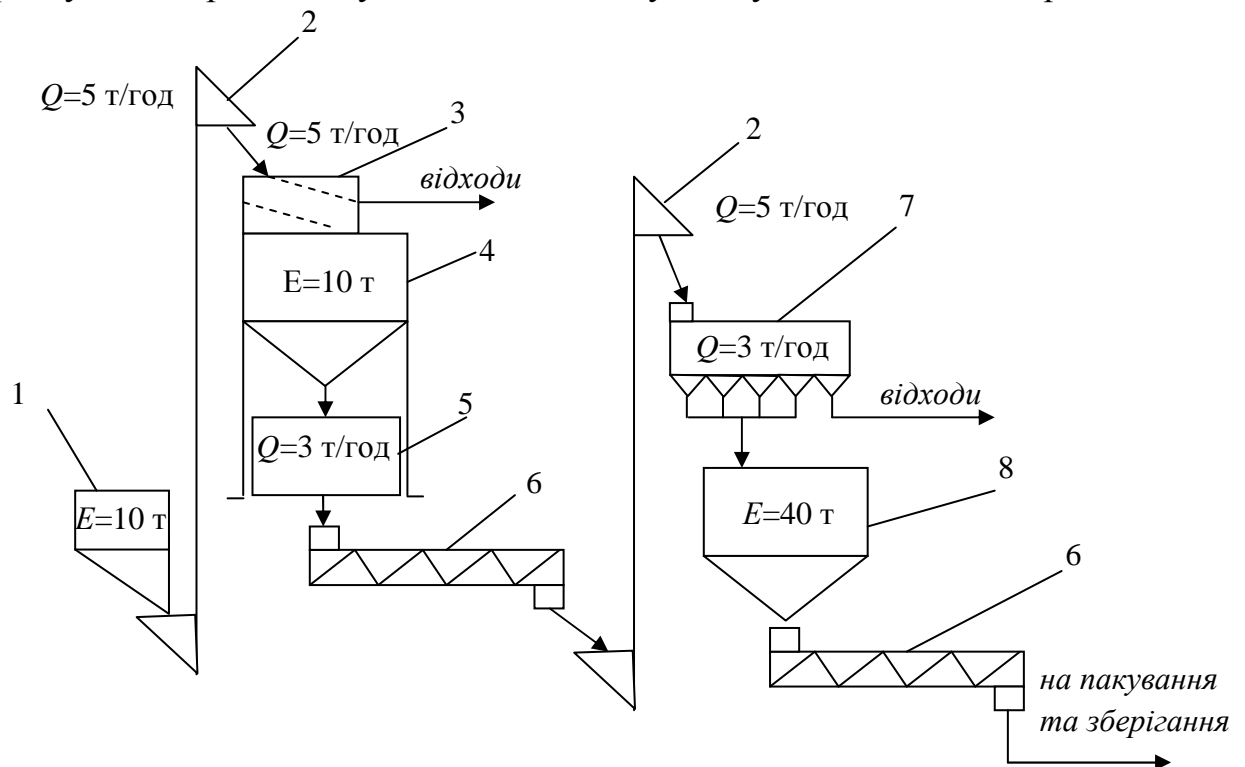


Рис. 5.6. Технологічна схема лінії післязбиральної обробки зерна амаранту:
 1 – приймальний бункер з автотранспорту; 2 – норія; 3 – сепаратор БСХ-6;
 4 – досушільний бункер; 5 – карусельна сушарка КС-2; 6 – конвеєр шнековий;
 7 – аеродинамічний сепаратор ІСН-3; 8 – накопичувальний бункер

5.1.6. Розробка принципової схеми технологічного процесу міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання амаранту та різних «нішевих» культур. Принципову схему міні-елеватора розроблено на основі типової структурної схеми післязбиральної обробки зерна, яка показує технологічні операції та послідовність їх виконання на підприємстві (рис. 5.7).

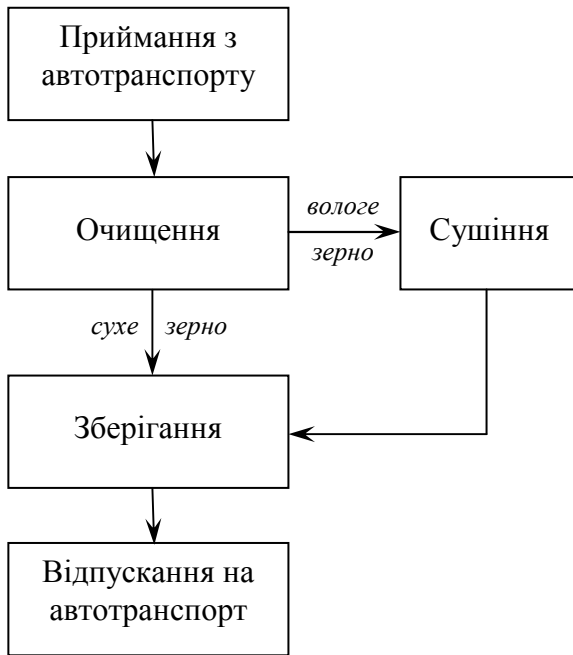


Рис. 5.7. Структурна схема міні-елеватора

На пропонованому міні-елеваторі передбачено проводити такі технологічні операції: приймання з автотранспорту, подача зерна на очищення, подача сирого або вологого зерна на сушіння, зберігання і відпускання на автотранспорт.

При надходженні зерна хлібоприймальні підприємства та елеватори необхідно забезпечити своєчасне приймання, формування партій та необхідну його обробку – очищення, сушіння і ак-

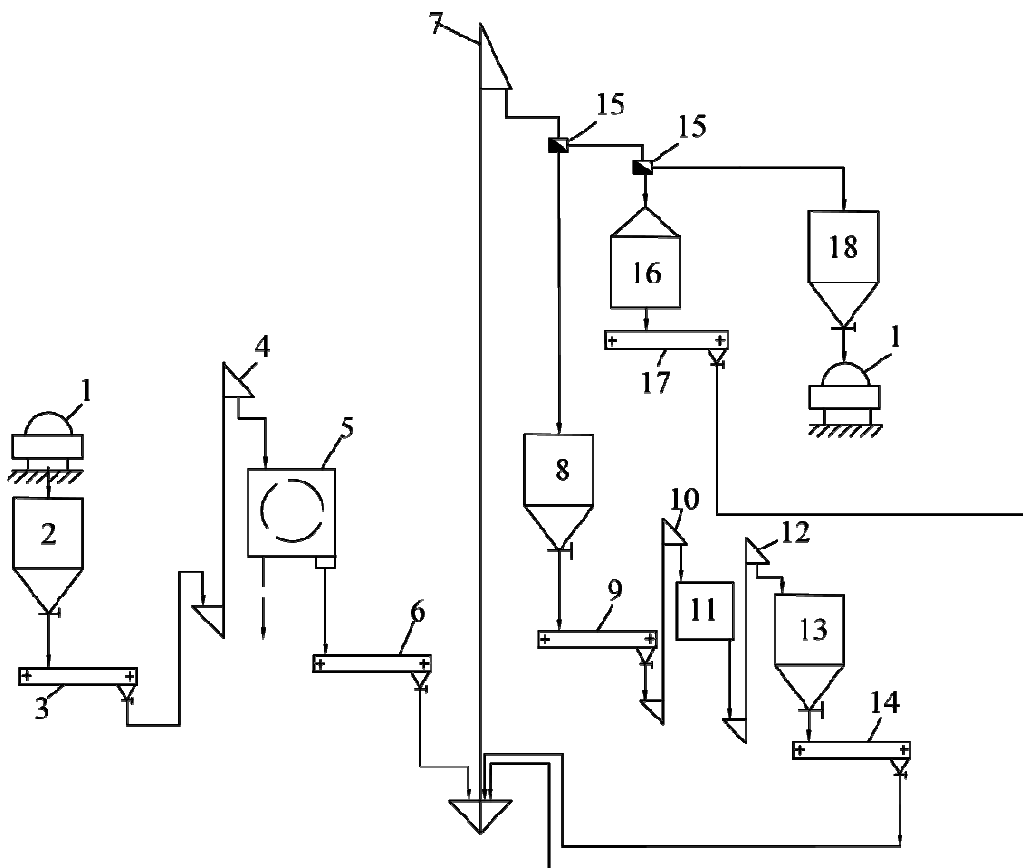
тивне вентилявання, тобто доведення зерна до встановлених промислових норм якості та посівних, експортних або спеціальних кондицій.

Всі операції, що виконуються з зерном, пов'язані з необхідністю транспортування (внутрішнього переміщення) зерна, для чого використовують безперервно діючі машини (конвеєри, норії і т.д.) і самопливні труби. Обробляють же зерно на безперервно діючому обладнанні (зерноочисних машинах, зерносушарках). Взаємозв'язок технологічного обладнання, а також ємностей (бункерів, силосів), з'єднаних транспортуючим обладнанням, являє собою технологічний процес обробки зерна на зернозаготівельних підприємствах.

Таким чином, для кожної операції характерна певна послідовність переміщення зерна через силоси, бункери та обладнання, яка багато в чому залежить від принципової схеми елеватора.

Принципова схема технологічного процесу – це схема, яка показує взаємозв'язок транспортного, вагового, технологічного обладнання й бункерів, а також лінії руху зерна по цьому обладнанню, тобто, це схема, яка показує на якому обладнанні можливо виконувати конкретну операцію та де необхідні в лініях оперативні накопичувальні бункери.

Принципова схема міні-елеватора місткістю 2000 т показана на рис. 5.8.



5.8. Принципова схема міні-елеватора для післязбиральної обробки та зберігання амаранту та інших «нішевих» культур:

- 1 – автомобіль; 2 – приймальний бункер; 3 – приймальний конвеєр; 4 – приймальна норія;
 5 – сепаратор; 6 – конвеєр; 7 – основна норія; 8 – досушительний бункер; 9 – конвеєр;
 10 – спеціалізована норія для подачі зерна у сушарку; 11 – зерносушарка;
 12 – спеціалізована норія, яка забирає зерно з сушарки; 13 – післясушительний бункер;
 14 – конвеєр відпускний; 16 – силоси для зберігання зерна; 17 – підсилені конвеєри;
 18 – відпускний накопичувальний бункер

Приймання, сушіння та зберігання: зерно з автомобіля поступає у приймальний бункер 2, з якого на конвеєр 3 і на норію 4. Далі продукт проходить попереднє очищення на сепараторі 5 і подається на конвеєр 6, який в

свою чергу подає зерно на норію 7. Далі через перекидні клапани 15 сухе зерно подається на зберігання у силоси 16, а вологе поступає у досушительний бункер 8, з якого на конвеєр 9 і на спеціалізовану норію 10, яка подає продукт у зерносушарку 11. Після чого вже просушене зерно забирається з сушарки норією 12 і подається у післясушительний бункер, а потім на конвеєр 14 і на норію 2.

Відпуск: продукт з силосів 16, поступає на підсилосні конвеєри 17, відповідно, які подають зерно на норію 2. З норії через перекидні клапани 15 продукт поступає у відпускний накопичувальний бункер 18, а з нього у кузов автомобіля 1.

5.1.7. Визначення місткостей накопичувальних, оперативних бункерів і силосів міні-елеватора. Місткість приймального бункера повинна приблизно дорівнювати вантажопідйомності автомобіля (50 т). Висота бункера приймається 6 м, ширина 3 м, довжина 6 м. Місткість бункера розраховують за формулою:

$$M_b = \psi \cdot \gamma \cdot a \cdot b \cdot h, \text{ тонн}, \quad (5.1)$$

де ψ – коефіцієнт використання об'єму бункера;

γ – об'ємна маса зерна (приймається зазвичай $\gamma = 0,75 \text{ т/м}^3$);

a, b, h – довжина, ширина і висота бункера відповідно, м.

Досушительний і післясушительний бункери конусного типу мають місткість 31 т (діаметр циліндра 3667 мм, висота 7520 мм). Відпускний накопичувальний бункер (ВНБ) місткістю 45 т.

Для проєктованого міні-елеватора місткістю 2000 тонн можна запропонувати 4 силоси з конусним днищем виробництва компанії «Югелеватор» м. Миколаїв, ємністю 447 тонн кожний (розміри: діаметр циліндра 14070 мм, число ярусів 10 шт., висота 18296 мм). Загальна місткість елеватора складає 1925 тонн.

5.2. Техніко-економічне обґрунтування проекту міні-елеватора для післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту

5.2.1. Маркетингові дослідження з обґрунтування проекту міні-елеватора для післязбиральної обробки та зберігання амаранту. Останніми роками в Україні збільшується виробництво так званих «нішевих» культур, до яких, в першу чергу, відносяться різні дрібнонасіненні культури, серед яких особливе місце займає амарант. Ці культури збираються у невеликих обсягах і в силу своїх особливостей потребують термінової доробки (очищення, сушіння, активного вентилявання) перед закладкою на зберіганням. Зазвичай, заготівельні підприємства системи хлібопродуктів розташовані на далекій відстані від сільськогосподарських підприємств, не завжди достатньо завантажені і, у зв'язку з цим, мають високі витрати, що впливає на підвищення тарифів на зберігання та доробку зерна. Тому післязбиральну обробку цих культур і, особливо, такої специфічної культури як амарант, доцільно проводити на місці їх збирання в сільській місцевості.

Тому доцільно будівництво зерносховищ безпосередньо у фермерському господарстві. Це сприятиме зменшенню витрат фермерських господарств на підробку та зберігання зерна та підвищенню ефективності їх діяльності.

Обсяг виробництва зерна одного сільськогосподарського підприємства складає зазвичай 2...10 тис. тонн. Приймаємо річний об'єм надходження зерна з автотранспорту – 2 тис. тонн, річний об'єм відпускання зерна на автотранспорт 2,0 тис. тонн, річний обсяг очищення 1680 тонн, обсяг сушіння 1024 пл. тонн, об'єм зберігання 10 000 т/міс. Приймаємо для побудови місткість міні-елеватора 2 тис. тонн.

Мета і робоча гіпотеза проектування, очікувані результати. Економічною метою будівництва елеватору є окупність проекту в економічно-доцільний термін.

Для цього передбачається наступне:

1. Побудова металевих силосів типу СМВУ73.09.К40 – 4 силоси місткістю кожний по 447 тонн загальною місткістю 1,78 тис. тонн.
2. Побудова виробничого центру, який являє собою металеву рамку конструкцію для основного технологічного обладнання.
3. Встановлення приймального пристрою з автотранспорту:
 - розмір в плані 7000x12000 мм;
 - висота 14000 мм.
4. Придбання та монтаж зерносушарного комплексу на базі сушарки «АСТРА-ИНГУЛ міні» $Q = 3,0$ т/год.
5. Придбання та монтаж досушального і післясушального бункерів з конусним днищем з $E = 30$ т – 2 од.
6. Придбання та монтаж приймального бункера $E = 30$ тонн – 1 од., відпусного накопичувального бункера з конусним днищем з $E = 45$ тонн – 1 од..

Придбання та монтаж устаткування.

Приймання зернових здійснюється у завальну яму .

На новому міні-елеватору при сільськогосподарському підприємстві будуть витрати на зберігання та підробку зерна менше ніж на заготівельних елеваторах системи хлібопродуктів на 30 % за рахунок накладних витрат (адміністративних, загальновиробничих і т. д). Також можна очікувати скорочення витрат на автотранспорт до 20 % . Зерно з зерносховища буде безпосередньо доставлятися споживачу.

Обсяги робіт та доходи наведені у табл. 5.5.

Приймаємо рентабельність реалізації зерна та послуг на рівні 25 % .

Тоді прибуток дорівнює

$$П = 9000 \cdot 25 / 125 = 1800 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 5.5

Обсяги робіт, ціни (тарифи) та обсяги реалізації

Види робіт, послуг	Обсяг	Середня ціна, тариф, без ПДВ, грн/од.	Обсяг реалізації, тис. грн
Продаж зерна амаранту, т	2000	4500	9000
Всього			9000

Визначення інвестицій.

Інвестиції визначаються за формулою (5.2)

$$I = I_{\text{овф}} + I_{\text{ок}}, \quad (5.2)$$

де $I_{\text{овф}}$, $I_{\text{ок}}$ – інвестиції, відповідно, у основні виробничі фонди та на утворення оборотних коштів – ОК ($I_{\text{ок}} = ОК$).

$I_{\text{овф}}$ складаються з витрат на побудову ємностей та витрат на створення інших фондів:

1) витрати на побудову ємностей (4 од. по 447 т = 1,79 тис. т) визначають виходячи із того, що питомі витрати складають 250 тис. грн./тис тонн ємності. Всього витрат на побудову ємностей 1000 тис. грн ($4 \cdot 250$);

2) витрати на придбання та монтаж зерносушарного комплексу на базі сушарки «АСТРА-ІНГУЛ міні» $Q = 3,0$ т/год. – 250 тис. грн;

3) витрати на побудову фундаменту та металевої конструкції – 200 тис. грн;

4) досушительний і післясушительний бункери з конусним днищем з $E = 31$ т – 2 од. – 120 тис. грн ($60 \cdot 20$);

5) приймальний бункер $E = 30$ т – 65 тис. грн, відпускний накопичувальний бункер з конусним днищем – 1 од. з $E = 50$ т – 70 тис. грн. Разом – 135 тис. грн.

Всього витрати по будівництву

$$I_{\text{буд, спор}} = 1000 + 250 + 200 + 120 + 135 = 1705 \text{ тис. грн.}$$

Вартість устаткування наведена табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Розрахунок вартості устаткування

Найменування	Кількість	Вартість устаткування, тис. грн	
		Одиниці	Всього
Скальператор 1 БЗО-50	1	40	40
Сушарка «АСТРА-ІНГУЛ міні» $Q=3,0$ т/год	1	500	500
Приймальний бункер місткістю 30 т	1	30	30
Норії марки УН-50, $Q=50$ т/год	2	121	242
Норії марки УН-10, $Q=10$ т/год	2	60	120
Скребкові конвеєри типу КСЛ	8	70	560
Перекидні клапани	5	5	25
Всього			1517

Витрати на придбання та монтаж устаткування дорівнюють

$$B_{\text{пу}} = 1,2 \cdot 1517 = 1820 \text{ тис. грн.}$$

Всього витрат на створення основних фондів

$$I_{\text{овф}} = 1705 + 1820 = 3525 \text{ тис. грн.}$$

В т.ч. $I_{\text{буд}} = 1705$ тис. грн., $I_{\text{уст}} = 1820$ тис. грн.

Суму оборотних коштів визначено виходячи з того, що вони складають 30 % від витрат на придбання зерна (або на вирощування зерна) по середній ціні 2600 грн/т (5.2)

$$I_{\text{ок}} = 0,3 \cdot 2600 \cdot 2 = 1560 \text{ тис. грн.}$$

Загальний розмір інвестицій складе

$$I = 3525 + 1560 = 5085 \text{ тис. грн.}$$

Попередня оцінка ефективності інвестицій.

Співвідношення інвестиційних витрат і прибутку складає

$$5085 / 1800 = 2,8.$$

Попередньо можна зробити висновок про те, що термін окупності інвестицій у будівництві міні-елеватору ємністю 2 тис. тонн складатиме 4-5 років, що прийнято для елеваторів.

На інвестиції можуть бути використано до 55 % коштів сільськогосподарських підприємств, які зацікавлені у будівництві зерносховища, що складе 3085 тис. грн. Інші інвестиції – за рахунок кредиту – 2000 тис. грн.

5.2.2. Розрахунок техніко-економічних показників міні-елеватора для доробки та зберігання зерна амаранту.

Програма виробничої діяльності.

Обсяги робіт, які наведені в ТЕО приймаються незмінними при розрахунку техніко-економічних показників проекту будівництва міні-елеватора.

Інвестиційні витрати.

Приймаються інвестиції, які визначені у ТЕО.

Чисельність працівників та фонд оплати праці.

Основний персонал елеватора – 15 працівників (середньоспискова чисельність – 8 працівників), допоміжний та обслуговуючий персонал – 3 працівника, управлінський персонал – 2 працівника. Всього – 20 працівників. Середньоспискова чисельність – 13 працівників.

Середня заробітна плата одного робітника – 4500 грн. / міс.

Фонд заробітної плати за рік – 702 тис. грн. $(4500 \cdot 12 \cdot 13) / 1000$.

Витрати обігу, прибуток рентабельність.

Повні виробничі витрати на виконання всіх видів робіт по зберіганню і підробці зерна до базисних кондицій визначають за такими статтями калькуляцій:

- матеріали;
- паливо на технологічні цілі;
- електроенергія на технологічні цілі;
- основна і додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизація основних виробничих фондів;
- інші прямі витрати;
- загальновиробничі витрати;
- виробничі витрати обігу
- адміністративні витрати;
- витрати на збут.

Повні витрати обігу.

Визначення витрат за калькуляційними витратами.

Матеріали.

Витрати на матеріали визначено, виходячи з витрат на 1 тону приймання зерна, які дорівнюють 10 грн.

$$V_m = 10 \cdot 2 = 20 \text{ тис. грн.} \quad (5.3)$$

Паливо на технологічні цілі.

Витрати на паливо потрібні для сушіння зерна.

Вони визначаються за формулою:

$$B_{\text{пал}} = C_{\text{пал}} \cdot H_{\text{ум}} \cdot K_{\text{нат}} \cdot Q_{\text{суш}} \quad (5.4)$$

де $C_{\text{пал}}$ – оптова ціна натурального палива без ПДВ – газ – 5850 грн/1000 м³;
 $H_{\text{ум}}$ – норма витрат умовного палива – 12,0 кг на планову тонну сушіння;
 $K_{\text{нат}}$ – коефіцієнт переведення умовного палива у натуральне, дорівнює 0,88;
 $Q_{\text{суш}}$ – обсяги сушіння зерна, пл.т.

$$B_{\text{пал}} = 5,85 \cdot 12,0 \cdot 0,88 \cdot 1,024 = 63 \text{ тис. грн.}$$

Електроенергія на технологічні цілі.

Витрати на електроенергію визначають за формулою:

$$B_{\text{ел}} = T_{\text{ел/ен}} \cdot \sum H_{\text{ел/ен},i} \cdot Q_i \quad (5.5)$$

де $T_{\text{ел/ен}}$ – тариф на електроенергію – 1,98 грн/кВт.год (без ПДВ);
 $H_{\text{ел/ен},i}$ – норма витрат електроенергії при виконанні i -ого виду робіт,
 кВт·год/од.робіт;
 Q_i – обсяг робіт i -того виду.

Норма витрат електроенергії за видами робіт:

- приймання-відпуск – 6,0 кВт·год/т;
- зберігання – 2 кВт·год/т.міс;
- очищення – 0,8 кВт·год/пл.т;
- сушіння – 3,0 кВт·год/пл.т;

$$B_{\text{ел}} = 1980 \cdot (6 \cdot 2 + 2 \cdot 10 + 0,8 \cdot 1,7 + 3 \cdot 1,024) / 1000 = 72 \text{ тис. грн.}$$

Основна і додаткова заробітна плата.

Фонд основної і додаткової заробітної плати основних виробничих робітників (9 працівників за середньосписковою чисельністю) дорівнює.

$$\Phi ОП_{\text{осн}} = 8 \cdot 12 \cdot 3000 / 1000 = 288 \text{ тис. грн.} \quad (5.6)$$

Відрахування на соціальні заходи визначаються за встановленими процентами від величини фонду основної і додаткової заробітної плати – 22 %:

$$B_{\text{відр}} = 288 \cdot 0,22 = 63 \text{ тис. грн.} \quad (5.7)$$

Амортизація основних виробничих фондів.

Амортизаційні відрахування за рік розраховуються за формулою.

$$A_m = ОПВЗ_i \cdot H_{ai} / 100 \quad (5.8)$$

де H_{ai} – норма амортизаційних відрахувань (8,67 % для другої групи основних засобів (споруди) і 20 % для четвертої групи основних засобів (машини та обладнання));

$ОПВЗ_i$ – вартість основних промислово-виробничих засобів;

$$A_m = 0,0867 \cdot 1705 + 0,2 \cdot 1820 = 148 + 364 = 512 \text{ тис. грн.}$$

Інші прямі витрати прийнято на рівні 7 % від попередніх витрат:

$$B_{ін} = 0,07 \cdot (20 + 63 + 72 + 288 + 63 + 512) = 0,07 \cdot 1018 = 71 \text{ тис. грн.} \quad (5.9)$$

Загальновиробничі витрати складають 20 % від усіх попередніх витрат:

$$B_{заг} = 0,2 \cdot (957 + 71) = 0,2 \cdot 1018 = 204 \text{ тис. грн.} \quad (5.10)$$

Виробничі витрати обігу дорівнюють сумі усіх попередніх витрат:

$$B_{вир} = 931 + 186 = 1117 \text{ тис. грн.} \quad (5.11)$$

Адміністративні витрати, витрати на збут, відповідно, дорівнюють 10 % та 5 %:

$$B_{адм} = 0,1 \cdot 1117 = 112 \text{ тис. грн.} \quad (5.12)$$

$$B_{зб} = 0,05 \cdot 1117 = 56 \text{ тис. грн.} \quad (5.13)$$

Повні витрати обігу.

Повні витрати обігу визначаються, як сума виробничих витрат обігу та накладних витрат (адміністративних, витрати на збут, інших витрат основної діяльності, процентів за кредит).

Результати розрахунків за статтями зводяться у табл. 5.7.

Повні витрати підприємства включають також витрати на закупівлю зерна власних ресурсів (або витрати на його вирощування) і його доставку на підприємство.

Витрати на вирощування зерна підприємством ($B_{зак}$) дорівнюють

$$B_{зак} = Q_{з,вл} \cdot (Ц_{зер} + T_p) \quad (5.14)$$

де $Q_{з,вл}$ – обсяг закупівлі зерна;

$Ц_{зер}$ – вартість зерна, без ПДВ;

T_p – транспортні витрати, без ПДВ.

$$B_{\text{зак}} = 2000 \cdot (2600 + 200) = 5600 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 5.7

Витрати обігу елеватора

Статті витрат	Сума витрат, тис. грн.
Матеріали	20
Паливо на технологічні цілі	63
Електроенергія на технологічні цілі	72
Основна та додаткова заробітна плата	288
Відрахування на соціальні заходи	63
Амортизація основних виробничих фондів.	364
Інші прямі витрати	61
Загальновиробничі витрати	186
Виробничі витрати обігу	1117
Адміністративні витрати	112
Витрати на збут	56
Повні витрати обігу	1285

Загальні витрати підприємства дорівнюють

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{зак}} + B_{\text{об}} = 5600 + 1285 = 6885 \text{ тис. грн.} \quad (5.15)$$

Прибуток підприємства (Π) визначається, як різницю між обсягами реалізації зерна і послуг ($P\Pi$) та загальними витратами підприємства ($B_{\text{заг}}$) за формулою

$$\Pi = P\Pi - B_{\text{заг}} = 9000 - 6885 = 2115 \text{ тис. грн.} \quad (5.16)$$

Рентабельність реалізації зерна та послуг дорівнює

$$P_{\text{реал}} = (2115 / 6885) \cdot 100 = 30,7 \% \quad (5.17)$$

Рентабельність виробництва ($P_{\text{вир}}$) визначається діленням прибутку на суму вартості $ОПВ\Phi$ та оборотних коштів з наступним множенням на 100, за формулою:

$$P_{\text{вир}} = \frac{\Pi}{ОПВ\Phi + ОК} \cdot 100 = \frac{2115}{3525 + 1560} \cdot 100 = 41,6 \% \quad (5.18)$$

Експлуатаційні витрати визначаються, як різниця між повними витратами та повними амортизаційними відрахуваннями.

До повних амортизаційних відрахувань входять:

– амортизація основних виробничих фондів (основного технологічного устаткування), яка дорівнює 364 тис. грн;

– амортизація будівлі, яка дорівнює 5 % від вартості будівлі

$$85 \text{ тис. грн } (0,05 \cdot 1705)$$

Повні амортизаційні відрахування дорівнюють

$$449 \text{ тис. грн } (364 + 85).$$

Експлуатаційні відрахування дорівнюють

$$EB = \text{Загальні витрати} - \text{повні амортизаційні відрахування}$$

$$EB = 6885 - 449 = 6436 \text{ тис. грн.} \quad (5.19)$$

Фінансова та економічна оцінка проекту

Економічна оцінка проекту виконується за такими показниками.

Для інвестора

Строк окупності інвестицій – $T_{ок}$.

Чиста приведена вартість проекту – *ЧПВ*.

Для кредитора

Строк повернення кредиту – $T_{кр}$

При виконанні розрахунків прийняті такі вихідні дані:

- 1) ставка дисконтування прийнята на рівні 12 %;
- 2) акциз і імпорتنний збір відсутні;
- 3) продаж проекту не передбачається;
- 4) для економічної оцінки проекту приймається період експлуатації –

T , який визначається як період, за який основні засоби через амортизацію повністю вертають свою вартість.

$$T = I_{овф} / \text{Повні амортизаційні відрахування за рік} = 3525 / 449 = 7,9 = 8 \text{ р.}$$

Для кредитування інвестицій приймають такі умови:

- 1) процентна ставка по кредиту 20 % за рік.
- 2) усі вільні кошти прибутку йдуть на погашення кредиту .

Кредит пропонується взяти в ПАТ «КРЕДІ АГРІКОЛЬ БАНК».

Умови фінансування кредиту наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8

Умови фінансування кредиту в ПАТ «КРЕДІ АГРІКОЛЬ БАНК»

Об'єкт кредитування	Фінансування придбання нових та вживаних обладнання та техніки
Розмір кредиту	2000000 грн.
Строк кредиту	36 місяців
Ставка кредиту	15 %
Валюта	Гривня
Форма видачі	Кредит надається траншами в рамках невідновлюваної кредитної лінії. Грошові кошти надаються в безготівковій формі шляхом перерахування кредитних коштів з позичкового рахунку на поточний рахунок постачальника обладнання або техніки, що придбається.
Графік погашення	Рівними частинами. Може бути адаптований до надходжень коштів від реалізації врожаю
Комісія	Одноразово 1 % від суми встановленого ліміту
Вимоги до позичальників	1) клієнт, що спеціалізується в галузі сільського господарства, зі строком роботи бізнесу не менше 24 місяців; 2) види діяльності: вирощування зернових та олійних культур; виробництво молока; виробництво м'яса; вирощування інших с/г культур (при наявності контрактів на збут з відомою західною компанією); 3) стійкий фінансовий стан та кредитоспроможність; 4) відкриття поточного рахунку в ПАТ «КРЕДІ АГРІКОЛЬ БАНК» та переведення оборотів пропорційно кредитній заборгованості.
Вимоги до застави	В забезпечення приймається наступне майно: 1) сільськогосподарська техніка та обладнання, що придбається за рахунок кредитних коштів; 2) в якості додаткового забезпечення - рухоме та нерухоме майно, що належить позичальнику або поручителю.
Страховання предмету застави	В будь-якій з акредитованих Банком страхових компаніях на вибір клієнта

Графік погашення кредиту наведений в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9

Графік погашення кредиту в ПАТ «КРЕДІ АГРІКОЛЬ БАНК», грн.

Місяць кредитування	Залишок заборгованості по кредиту	Виплата тіла кредиту	Сума процентів, яка має бути сплачена	Платіж всього
	2000000			
1	1944444,44	55555,56	25000	80555,6
2	1888888,89	55555,56	24305,56	79861,1
3	1833333,33	55555,56	23611,11	79166,7
4	1777777,78	55555,56	22916,67	78472,2
5	1722222,22	55555,56	22222,22	77777,8

Продовження табл. 5.9

Місяць кредитування	Залишок заборгованості по кредиту	Виплата тіла кредиту	Сума процентів, яка має бути сплачена	Платіж всього
6	1666666,67	55555,56	21527,78	77083,3
7	1611111,11	55555,56	20833,33	76388,9
8	1555555,56	55555,56	20138,89	75694,4
9	1500000	55555,56	19444,44	75000
10	1444444,44	55555,56	18750	74305,6
11	1388888,89	55555,56	18055,56	73611,1
12	1333333,33	55555,56	17361,11	72916,7
Разом за 1й рік	x	666666,72	254166,67	920833
13	1277777,78	55555,56	16666,67	72222,2
14	1222222,22	55555,56	15972,22	71527,8
15	1166666,67	55555,56	15277,78	70833,3
16	1111111,11	55555,56	14583,33	70138,9
17	1055555,56	55555,56	13888,89	69444,4
18	1000000	55555,56	13194,44	68750
19	944444,44	55555,56	12500	68055,6
20	888888,89	55555,56	11805,56	67361,1
21	833333,33	55555,56	11111,11	66666,7
22	777777,78	55555,56	10416,67	65972,2
23	722222,22	55555,56	9722,22	65277,8
24	666666,67	55555,56	9027,78	64583,3
Разом за 2й рік	x	666666,72	154166,67	820833
25	611111,11	55555,56	8333,33	63888,9
26	555555,56	55555,56	7638,89	63194,4
27	500000	55555,56	6944,44	62500
28	444444,44	55555,56	6250	61805,6
29	388888,89	55555,56	5555,56	61111,1
30	333333,33	55555,56	4861,11	60416,7
31	277777,78	55555,56	4166,67	59722,2
32	222222,22	55555,56	3472,22	59027,8
33	166666,67	55555,56	2777,78	58333,3
34	111111,11	55555,56	2083,33	57638,9
35	55555,56	55555,56	1388,89	56944,4
36	0	55555,56	694,44	56250
Разом за 3й рік	x	666666,72	54166,66	720833
Всього		2000000	462500	2462500

Розрахунок грошових потоків наведений у табл. 5.10.

Таблиця 5.10

**Розрахунок грошових потоків проекту міні-елеватора
для післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту, тис. грн.**

Показники	Роки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Надходження коштів	7200	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
Експлуатаційні витрати	5149	6436	6436	6436	6436	6436	6436	6436
Амортизаційні відрахування	449	449	449	449	449	449	449	449
Виплати за кредит	921	821	721					
Оподаткований прибуток, тис. грн.	681	1294	1394	2115	2115	2115	2115	2115
Податок на прибуток 18%	123	233	251	381	381	381	381	381
Чистий прибуток	558	1061	1143	1734	1734	1734	1734	1734
Зворотні грошові надходження $(CF)_t$	1007	1510	1592	2183	2183	2183	2183	2183
Дисконтний множник за ставкою 12 %	0,893	0,797	0,712	0,636	0,567	0,507	0,452	0,404
Теперішня вартість зворотних грошових потоків $(PV)_t$	900	1204	1134	1389	1238	1107	987	882

За даними табл. 5.10 визначаємо наступні показники:

1. Теперішня вартість зворотних грошових потоків $\sum(PV)_t$:

$$\sum(PV)_t = \sum_{t=1}^{t=n} (\overline{CF})_t \frac{1}{(1+r)^t} \quad (5.20)$$

$$\sum(PV)_t = 900 + 1204 + 1134 + 1389 + 1238 + 1107 + 987 + 882 = 8839 \text{ тис. грн.}$$

2. Дисконтована сума чистого прибутку (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} (\overline{CF})_t \frac{1}{(1+r)^t} - C_0 \quad (5.21)$$

$$NPV = 8839 - 3525 = 5314 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки $NPV > 0$, то проект є прибутковим.

3. Індекс рентабельності інвестицій (PI)

$$PI = NPV / \sum(C_0)_t = 5314 / 3525 = 1,508.$$

Отже, оскільки $PI > 0$ — проект є прибутковим.

4. Період окупності інвестицій (PP)

$$PP = C_0 / [(PV)_t] / t = 3525 / (8839 : 8) = 3,2 \text{ року.}$$

Зведені основні техніко-економічні показники діяльності підприємства та інвестиційного проекту приведені в табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Основні техніко-економічні показники елеватору та проекту

Показники	Значення показників
1.Обсяги робіт:	
приймання зерна, тонн	2000
очищення зерна, пл. т	1680
сушіння зерна, пл. т	1024
2.Обсяг реалізації, тис. грн.	9000
3.Загальні витрати, тис. грн.	6885
4. Прибуток, тис. грн.	2115
5.Чисельність працівників (середньоспискова), люд	20
6.Фонд оплати праці, тис. грн.	702
7.Середньомісячна заробітна плата, грн.	4500
8. Рентабельність послуг, %	30,7
9.Інвестиції, тис. грн.	5085
в т.ч. в основні виробничі фонди, тис. грн.	3525
в оборотні кошти, тис. грн.	1560
10.Кредит на будівництво, тис. грн.	2000
11. Термін повернення кредиту, років	3
12.Термін окупності інвестицій, років	3,2
13.Дисконтована сума чистого прибутку, тис. грн.	5314
14.. Індекс рентабельності інвестицій	1,51

Отже, проект міні-елеватора місткістю 2 тис. тонн для післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту та інших «нішевих» культур вартістю 3525 тис. грн. є ефективним, його варто прийняти до реалізації. На кожен витрачений на техніку гривню ми будемо отримувати 1 грн. 51 коп. чистого прибутку. Проект окупиться приблизно за 3 роки і 2 місяці.

5.2.3.Оцінка науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ($O_{НТЕ}$), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O = K^{\Phi}_{\text{НТЕ}} / K^{\Pi}_{\text{НТЕ}}, \quad (5.22)$$

де $K^{\Phi}_{\text{НТЕ}}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{\text{НТЕ}}$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K^{\Phi}_{\text{НТЕ}}$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1. Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
	Відповідає світовому рівню	7 – 9	
	Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
	Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
	Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
	Нижче вітчизняного рівня	0	
2. Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
	Значущий	5 – 7	
	Корисний	1 – 4	
3. Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
	Галузі національної економіки	7 – 9	
	Галузь (регіон)	3 – 6	
	Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4. Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
	Середній	5 – 9	
	Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають $K^{\Phi}_{\text{НТЕ}}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

– розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;

– формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;

– здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл. 5.13.

До числа специфічних показників відносять:

– **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;

– **для нових матеріалів і речовин:** вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці нового матеріалу;

– **для нових технологій:** якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K_{НТЕ}^{\Phi}$ у табл. 5.13 не введено показника витрат на одиницю продукції.

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ

$$НТЕ = \sum B_i \cdot K_i^3, \quad (5.23)$$

де $i = 1 \div 4$;

B_i – бали (рейтингове число);

K – коефіцієнт значущості показників.

Таблиця 5.13

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

Показники	Варіанти технології	
	розробленої	аналога
Рівень новизни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції:		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годин	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин / тонну	17,5	6,17

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 5.14).

Таблиця 5.14

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
	1	2	3		
1. Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2. Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3. Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4. Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О					6,78

$$НТЕ = 8,33 \cdot 0,35 + 6,33 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 6,78.$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100, \% \quad (5.24)$$

На основі даних табл. 3.3 можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 67,8 %, тобто

$$\frac{6,78}{10} \cdot 100 = 67,8 \%$$

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім, а розроблену технологію можна впроваджувати у виробництво.

Удосконалена технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту була перевірена у лабораторних умовах Південної філії відділу промислової радіоелектроніки, а також у виробничих умовах ВАТ «Березівський елеватор», ФГ «Туманове», ФГ «Олена». Отримані результати у виробничих умовах підтвердили ефективність запропонованих режимів сушіння та зберігання зерна амаранту (додатки Г, Д, Е, Ж).

На підставі отриманих результатів розроблено проект рекомендацій по очищенню, сушінню та зберіганню зерна амаранту (додаток И). Запропонована технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту може бути рекомендована до впровадження на хлібоприймальних підприємствах, міні-елеваторах та невеликих фермерських господарствах.

Результати роботи рекомендовані також до використання в навчальному процесі при вивченні дисциплін «Зернознавство», «Технологія зберігання та сушіння зерна», «Науково-дослідна робота студентів» для студентів за напрямом підготовки 181 – харчові технології, які навчаються за навчальними планами бакалаврів та магістрів (додаток К).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. На підставі експериментальних та теоретичних досліджень удосконалено технологію післязбиральної обробки і зберігання зерна амаранту, яка дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів післязбиральної обробки та гарантувати надійне зберігання зерна.

2. Показано, що використання удосконаленої технології та рекомендацій промисловості на міні-елеваторі місткістю 2000 т при післязбиральній обробці і зберіганні зерна амаранту та інших «нішевих» культур дасть на кожну витрачену гривню 1 грн 51 коп. чистого прибутку, який забезпечить розрахунковий термін окупності за 3 роки і 2 місяці.

Основні результати досліджень викладено у роботах [116, 117, 147, 148].

ВИСНОВКИ

На підставі теоретичних узагальнень та експериментальних досліджень науково обґрунтовано та практично реалізовано технологію післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту, яка гарантує належну його якість та безпечне довготривале зберігання.

1. Визначено фізико-механічні властивості зерна амаранту сортів «Ультра» та «Харківський» як об'єктів післязбиральної обробки і зберігання та встановлено закономірності їх зміни в залежності від вологості зерна в діапазоні 8,21...18,94 %. Показано, що зі збільшенням вологості зерна зростають маса 1000 зерен, шпаруватість, швидкість витання, кут природного укусу і коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою та руху, а натура (об'ємна маса) при цьому знижується. У діапазоні вологості зерна амаранту 9,2...19,3 % середні геометричні розміри зернівок складають (мм): довжина 1,019...1,232, ширина 0,862...1,076, товщина 0,861...0,960. Зростання вологості зерна збільшує його геометричні розміри.

2. Встановлено, що швидкість витання зерна амаранту в залежності від вологості зерна складає 3,28...3,51 м/с а коефіцієнт парусності відповідно 0,91...0,79. Доведено, що зі збільшенням вологості швидкість витання збільшується, а коефіцієнт парусності зменшується, що необхідно враховувати при активному вентиляванні та сушінні зерна в шахтних зерносушарках. Запропоновано емпіричну залежність, що описує закономірності зміни аеродинамічного опору шару зерна від параметрів зернового шару та умов його продування повітрям.

3. Досліджено гігроскопічні властивості амаранту та визначено його рівноважну вологість в межах температури 5...25 °С та відносної вологості зовнішнього середовища 50...80 %. Встановлено, що рівноважна вологість амаранту знаходиться в межах 9,49...17,75 %. Показано, що з підвищенням відносної вологості повітря і зниженням його температури рівноважна вологість амаранту зростає

4. Визначено теплофізичні характеристики зерна амаранту (питома теплоємність, коефіцієнти температуропровідності, теплопровідності і теплової активності) в залежності від його вологості і температури, отримані емпіричні рівняння, що дозволяють розраховувати теплофізичні характеристики при вологості зерна 9,4...19,6 % та температури 5...25 °С.

5. Встановлено, що незважаючи на майже однакові розміри та форму зерна, для виділення основних його засмічувачів можна застосовувати набір решіт з круглими отворами таких розмірів (мм): Б1 – 1,0...1,1; Б2 – 1,0...1,1; В – 0,6...0,8; Г – 0,6...0,8; та продовгуватими отворами з розмірами (мм): Б1 – (0,8...1,0)×20, Б2 – (0,5...0,7)×20, В1 – (0,4...0,6)×20. Показано також можливість прогнозування розділення суміші свіжозібраного зерна амаранту та його домішок, зокрема, важко відокремлюваної щирини, за на основі розрахунку коефіцієнтів трансгресії.

6. Встановлено закономірності кінетики конвективного, інфрачервоного (ІЧ) та конвективно-мікрохвильового сушіння. Показано, що досягти кондиційної вологості зерна в межах допустимої температури його нагрівання можна за таких режимів сушіння:

- при конвективному сушінні амаранту продовольчого призначення в шахтних зерносушарках за температур сушильного агента 50...60° С; для насінневого призначення за температури не вище 50 °С;

- при ІЧ сушінні за потужності випромінювача не вище 100 Вт;

- при конвективно-мікрохвильовому сушінні за імпульсних (осцилюючих) режимів – тривалість імпульсів подачі МХ енергії 4 с та тривалості продування зовнішнім повітрям 20...40 с.

Встановлено також, що загальний час енергетичного впливу на зерно при конвективно-мікрохвильовому сушінні значно коротший (5...10 хв.) ніж при конвективному та ІЧ сушінні (44...56 хв.), що дозволяє краще зберегти якість зерна.

7. Встановлено залежність інтенсивності дихання зерна від його вологості та температури та запропоновано емпіричне рівняння для опису цієї за-

лежності. Зниження вологості зерна та його температури суттєво знижує інтенсивність дихання, знижує втрати сухої речовини зерна при зберіганні амаранту.

8. Встановлено, що з досліджених хімічних показників, при зберіганні зерна амаранту найбільше змінюється кислотне число жиру (з 5,56 до 38,20 мг КОН) і кислотність (з 2,45 до 7,15 град. кислотності) в спиртовій витяжці при зберіганні за відносної вологості повітря $\varphi = 75\%$ та температури 25 °С. Встановлено також, що за температур +5...15 °С та відносній вологості повітря $\varphi = 55\%$ помітно знижується життєдіяльність мікроорганізмів. За цих умов у зерні амаранту з вологістю до 12% затримується розвиток бактерій і навіть плісневих грибів, що захищає зерна від активного впливу мікроорганізмів та зберігає їх якість.

9. Показано, що використання удосконаленої технології тарекомендацій промисловості на міні-елеваторі місткістю 2000 т при післязбиральній обробці і зберіганні зерна амаранту та інших «нішевих» культур дасть на кожну витрачену гривню 1 грн 51 коп чистого прибутку, який забезпечить розрахунковий термін окупності за 3 роки і 2 місяці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеева Л.В. Развитие плесневой флоры при хранении семян крупяных культур с влажностью, близкой к критической // Тр. ВНИИЗ. Москва, 1970. № 71. С. 120-125.
2. Амарант України. Amaranth of Ukraine. URL: <http://amaranth.narod.ru/index-7.html>
3. Анискин В.И. Равновесная влажность зерна различных культур: (по данным зарубеж. исследований) / под ред. А.С. Гинзбурга. Москва: Заготиздат, 1962. 60 с.
4. Анискин В.И., Окунь Г.С., Чижиков А.Г. Гигроскопические свойства зерна различных культур. Москва: ЦИНТИ Госкомзаг, 1967. 86 с.
5. Атаназевич В.И. Сушка зерна. Москва: Лабиринт, 1997. 255 с.
6. Ашмарин И.П., Васильев Н.Н., Амбросов В.А. Быстрые методы статистической обработки и планирования экспериментов. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1971. 138 с.
7. Аэров М.Э., Тодес. О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зерновым слоем. Ленинград: Химия, 1968. 512 с.
8. Баум А.Е., Резчиков В.А. Сушка зерна. Москва: Колос, 1983. 223 с.
9. Беззубов Л.П. Химия жиров. Москва: Пищевая пром-сть, 1975. 275 с.
10. Бондарев, Г.К. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Вентиляционные установки» для студентов специальностей 1706, 2701. Одесса: ОТИПП, 1990. 56 с.
11. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна. пер. с англ. В.И. Дашевского. Москва: Агропромиздат, 1991. 608 с.

12. Будников Д.А. Интенсификация сушки зерна активным вентиляцией с использованием электромагнитного поля СВЧ: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 // зерноград: 2008. 164 с.
13. Влага в зерне. А.С. Гинзбург, В.П. Дубровский, Е.Д. Казаков и др. Москва: Колос, 1969. 224 с.
14. Вобликов Е.Б., Буханцов В.А., Маратов Б.К. и др. Послеуборочная обработка и хранение зерна. Ростов н/Д: издательский центр «МарТ», 2001. 240 с.
15. Воронцов О.С. Слеваторная промышленность, зерносушение, зерноочистка. Москва: Колос, 1974. 432с.
16. Высочина Г.И. Амарант (*amaranthus l*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. 2013. №2. С. 5–14.
17. Гинзбург А.С., Казаков Е.Д. Современное учение о роли влаги в зерне при сушке // Тр.ВНИИЗ. Москва, 1976. Вып.83. С.1-21.
18. Гинзбург А.С., Громов М.А. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы. Москва: Колос, 1984. 304 с.
19. Гопцій Т.І. Амарант: біологія вирощування, перспективи використання, селекція: монографія. Харків: Харк. держ. аграр. Ун-т. 1999. 273с.
20. ГОСТ 10840-64. Зерно: методы определения природы. Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 3 с.
21. ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур, семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или массы 1000 семян. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 7 с.
22. ГОСТ 10844-74. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 14 с.
23. ГОСТ 10845-98. Межгосударственный стандарт. Зерно, продукты его переработки. Метод определения крахмала. Введен 2002-07-01. Госстандарт Украины. Киев, 2002. 6 с.

24. ГОСТ 10856-96. Семена масличные: Методы определения влажности. Взамен ГОСТ10856-64. Киев: Госстандарт Украины, 1999. 89с. (Межгосударственный стандарт).

25. ГОСТ 10857-64. Семена масличные: Методы определения масличности // Зерновые, зернобобовые и масличные культуры. Москва: Изд-во стандартов, 1990. ч. 2. С 277-284.

26. ГОСТ 10858-77. Семена масличные культур. Промышленное сырье. Методы определения кислотного числа масла // Зерновые, зернобобовые и масличные культуры. Москва: Изд-во стандартов, 1990. ч. 2. С. 285-293.

27. ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания. URL: http://standartgost.ru/g/pkey-14294839964/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_10968-88

28. ГОСТ 13496.15-97. Межгосударственный стандарт. Методы определения содержания сырого жира. Введен 2000-01-01. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.

29. ГОСТ 13496.18-85. Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения кислотного числа жира. Введен 1986-07-01. Москва: Государственный стандарт союза ССР. Комитет стандартизации и метрологии СССР.

30. ГОСТ 13496.21-87. Межгосударственный стандарт. Введен 1988-07-01 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения лизина и триптофана.

31. ГОСТ 13496.2-91 Корма. Комбикорма. Комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. Введен 1992-07-01. Государственный стандарт союза ССР. Комитет стандартизации и метрологии СССР. Москва.

32. ГОСТ 13496.4-93. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введен 1997-01-01. Госстандарт Украины. Киев.

33. ГОСТ 13586.3-83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб Москва: Изд-во стандартов, 1986. 102 с.

34. ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности. Москва: Изд-во стандартов, 1986. 128 с.

35. ГОСТ 26226-95. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. Введен 1998-01-01. Госстандарт Украины. Киев.

36. ГОСТ 26570-95. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. Введен 1998-01-01. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.

37. ГОСТ 26657-97. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Введен 2000-01-01. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.

38. ГОСТ 28254-89 Комбикорма, сырье. Метод определения объемной массы и угла естественного откоса. Введен 1991-01-01. Государственный стандарт союза ССР. Комитет стандартизации и метрологии СССР. Москва.

39. ГОСТ 30418-96. Межгосударственный стандарт. Масла растительные. Метод определения жирно кислотного состава. Введен 1998-01-01. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.

40. ДСТУ ISO 3960-2001. Жири і олії тваринні і рослинні. Визначання пероксидного числа (ISO 3960:1998, IDT). Київ.

41. ДСТУ ISO 3961:2004. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначання йодного числа (ISO 3961:1996, IDT). Київ.

42. ДСТУ ISO 660:2009. Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності (ISO 660:1996, IDT). Київ.

43. Егоров Г.А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. Москва: Колос, 1973. 264 с.

44. Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Вплив режимів зберігання на зміну біохімічних властивостей насіння амаранту // *Хранение и переработка зерна*. 2008. №1. С.33-35
45. Єгорова А., Євдокимова Г., Овсянникова Л., Валентюк Н. Насіння амаранту можна уберегти від згубної дії мікрофлори // *Зерно і хліб*. 2008. №1. С. 34-35.
46. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Вплив режимів зберігання на зміну мікрофлори насіння амаранту // *Зернові продукти і комбікорми*.—2007. – №4.– С.17-19.
47. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Зміна мікрофлори насіння амаранту в залежності від умов зберігання // *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 30. Том 2. С.121-125.
48. Жаркова Г. Малопоширені олійні культури в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для використання в Україні. URL: [http //www.propozitsiya.com/ page= 149&itemid](http://www.propozitsiya.com/page=149&itemid)
49. Железнов А.В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство // *Химия и жизнь*. 2005. №6. С. 56–61
50. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. Москва: Колос, 1982. 239 с.
51. Жизнедеятельность семян. Е.Г. Робертс, М.К. Кристенсен, Р.П. Мур и др.; пер. с англ. Н.А. Емельяновой / под ред. и с предисл. М.К. Фирсовой. Москва: Колос, 1978. 415 с.
52. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посібник / Г.І. Подпряттов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. Київ.: Мета, 2002. 495 с.
53. Зверев, С.В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки: учебник. Москва: ДеЛи принт, 2007. 176 с.
54. Зелинский Г.С. Исследование аэродинамического сопротивления слоя зерна. Одесса: ОТИПЛ, 1958. 16 с.

55. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Зміна мікрофлори насіння амаранту в залежності від умов зберігання // Наукові праці ОНАХТ. Одеса: 2007. Вип. 30. Т.2 С. 121-125.

56. Инструкция по активному вентилированию зерна и маслосемян (техника и технология). Москва: ЦНИИТЭИ Минхлебопродукт СССР, 1989. 63 с.

57. Исследование микроволнового поля для повешения урожайности полевых культур и защиты семян от вредителей и болезней [Микроволновые технологи в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы] / Л.Г. Калинин, В.П. Тучный, Е.А. Левченко и др. Киев - Одесса: АСП, 2002. Вып. 4. С. 8-35.

58. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. Одеса-Київ, 1997. – 72 с.

59. Кадошников С.И., Кадошникова И.Г., Галиуллина А.С., Чернов И.А. Фармакологические свойства амаранта.// Материалы докладов 1-ой Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов". Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001, №5.

60. Кадыров С.В. и др. Зерновой амарант - перспективная культура ЦЧР // Сб. науч. трудов «Повышение урожайности полевых культур». Воронеж: ВГАУ, 2004. С. 47-49

61. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов. Санктпетербург: ГИОРД, 2005. 512 с.

62. Казаков Е.Д. Функции воды в зерне // Хлебопродукты. 1995. №5. С.20-21.

63. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки Москва: Агропромиздат, 1989. 368 с.

64. Казумян А.К. Использование амаранта в производстве пищевого спирта и крепких напитков // Виноделие и виноградарство. 2004. № 2. С.25–26.
65. Калінін Л.Г., Орлова С.С. Методика оцінки режимних параметрів мікрохвильової обробки сипких систем // Хранение и перераб. зерна. 2004. № 8. С. 34-36.
66. Камінський В.Д., Бабич М.Б. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. Одеса: Аспект, 2000. – 460с.
67. Кирпа Н.Я. Використання енергії в процесах зберігання та обробки зерна // Хранение и переработка зерна. 2001. №8. с.24.
68. Кіндрук, М.О. Насінництво й насіннезнавство зернових культур Київ: Аграрна наука, 2003. 118 с.
69. Козьмина Е.П. Биохимия зерна Москва: Колос, 1980. 240 с.
70. Кольтюгина О.В., Костиков И.Ф. Технологическая модель подготовки амаранта для хранения // Ползуновский вестник. 2012. № 2/2. с.144-148
71. Кузьмина Т., Панин А., Тюрев Е. Теплофизические характеристики амаранта // Хлебопродукты. 1993. С. 25
72. Левицкий А.П., Похиленко Л.И., Вовчук С.В. Биохимический метод определения переваримости зерновых белков: метод. рекоменд. Одесса, ВСГИ, 1985. 12 с.
73. Леус Н.Г., Коломейчук С.Г., Калинин Л.Г. Влияние микроволнового поля на некоторые биохимические показатели зерна пшеницы и ячменя // Хранение и переработка зерна. 2001. № 1. С. 42.
74. Лыков А.В. Теория сушки. Москва: Энергия, 1968. 470 с.
75. Лыков А.В. Тепломассообмен. Москва: Энергия, 1971. 560 с.
76. Малин Н.И., Веселовская Т.И. Теоретические основы технологических процессов Москва: Хлебопродинформ, 2001. 100 с.
77. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. Москва: Колос, 2004. 240 с.

78. Малин, Н.И. Технология хранения зерна Москва: Колос, 2005. 280 с.
79. Мельник Б.Е., Малин Н.И.. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна Москва: Колос, 1980. 175 с.
80. Мельник Б.Е., Лебедев В.Б., Винников Г.А..Технология приемки, хранения и переработки зерна: учеб. Москва: Агропромиздат, 1990. 367 с.
81. Методичні вказівки до виконання науково-дослідних робіт з курсу “Методологія наукової творчості та дослідницький практикум” для магістрів 8.091701 денної форми навчання / укл. Г.Н. Станкевич, Л.К. Овсянникова, Л.Д. Дмитренко, О.Г. Соколовська. Одеса: ОНАПТ, 2010. 51 с.
82. Методичні рекомендації з оцінки якості зерна. Москва: ВАСХ-НИЛ, 1977. 172 с.
83. Микроволновые технологии в АПК. Тучный В.П., Калинин Л.Г., Левченко Е.А., Киндрук Н.Д. // Хранение и переработка зерна. 2002. № 12. С. 24.
84. Мирошниченко Л.А и др. Хранение зерна амаранта и продуктов его переработки // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 4. С.20-21
85. Монтик П.Н., Яковенко В.А. Влияние электронно-ионной обработки сырых семян на сохранение семенных свойств // ЭИ ЦИНТИ Минзага СССР. Сер. «Элеваторная пром-сть». 1979. Вып. 1. С.11-13.
86. Нечаев А.П., Сандлер Ж.Я. Липиды зерна. Москва: Колос, 1975. 159 с.
87. Овсянникова Л. та ін. При -5°C ферментативні процеси в дрібно-насіньєвих олійних культурах сповільнюються // Зерно і хліб. 2009. №3. С.33-34
88. Овсянникова Л., Валентюк Н. Уперше отримані дані оптимального очищення, вентилування і зберігання насіння амаранту // Зерно і хліб. 2007. №4. С.35-36.

89. Орлова С.С. Микроволновая обработка зерна при движении в виброканале: дис...канд. техн. наук: 05.18.12 / С.С. Орлова. Одеса, 2006. 150 с.
90. Остапчук М.В., Станкевич Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ: підруч. Одеса: Друк, 2006. 313 с.
91. Остапчук М.В. Наукові основи процесів зберігання зерна // Наук. пр. / ОНАХТ. Одеса, Вип. 29. т.2. С. 58- 62.
92. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: уч. пособие. Киев: Вища шк. 1991. 367 с.
93. Офицеров Е.Н. Амарант – перспективное сырье для фармацевтической промышленности // Материалы докладов 1-ой Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов". Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001, №5.
94. Парис С., Беловицкая Э., Гадай С. Теплопроводность и коэффициент температуропроводности в слое зерна некоторых сельскохозяйственных культур // Инж-физич. журнал. 1970. Т. 19. № 23. С. 501.
95. Пат. на изобретение 2209233 Российская Федерация, 7 С 11 И 1/00, 1/06. Способ переработки семян амаранта с извлечением масла, получением белкового и крахмального продуктов. М.В.Калиничева, Л.А.Мирошниченко, В.Т. Сироткин. Опубл. 27.07.03. БИ №21.
96. Пат. на изобретение 2267067 Российская Федерация, МПК F26B17/12, F26B3/347. Установка для сушки сыпучих материалов и вертикальная сушильная камера. Оболенский А.С., Сахаров Л.В., заявитель патентообладатель ООО «Аграрные сверхвысокочастотные технологии», (ООО «АСТ») - № 2004101907; заявл.25.12.05
97. Пат. на полезную модель 38912 Российская Федерация, МПК F26B17/12, F26B3/347. Установка для сушки сыпучих материалов и вертикальная сушильная камера / Оболенский А.С., Сахаров Л.В., заявитель па-

тентообладатель ООО «Аграрные сверхвысококачественные технологии», (ООО «АСТ») - № 2004101831; заявл.10.07.04

98. Перспективы применения холода для хранения зерна. С.Н. Кудашев, Г.Н. Станкевич, Л.К. Овсянникова, А.С. Титлов // Наук. пр. ОНАХТ. Одеса, 2007. Вип. 30, т. 2. С. 128-133.

99. Перспективы применения холода для хранения зерна. С.Н.Кудашев, Г.Н. Станкевич, А.С. Титлов, А.К. Войтенко // Холодильна техніка і технологія. 2007. № 2. С. 78–82.

100. Платонов П.Н., Лебединский В.Г., Фасман В.Б. Элеваторы и склады. Москва: Колос, 1971. 311 с.

101. Правила организации и ведения технологического процесса на ХПП и элеваторах. Москва: Минхлебопродукт СССР, 1984. 124 с.

102. Пунков С.П., Изтаев А.И. Послеуборочная обработка зерна. Алма-Ата: Кайнар, 1982. 166 с.

103. Пунков С.П., Стародубцева А.М. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение. Москва: Агропромиздат, 1990. 367 с.

104. Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысококачественный нагрев пищевых продуктов. Москва: Агропрмиздат, 1986. 351 с.

105. Росляков Ю., Бочкова Л., Шмалько К. Использование амаранта в хлебопечении // Хлібопродукти. 2004. № 11. С. 46–47.

106. Самочетов В.Ф., Джорогян Г.А. Зерносушение. Москва: Колос, 1970. 288 с.

107. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. 208 с.

108. Смирнов С. Технология очистки зерна амаранта перед помолом // Хлебопродукты. 2006. № 2. С.50–52

109. Смирнов Т.А., Кострова Е.И. Микробиология зерна и продуктов его переработки. Москва: Агропромиздат, 1987. 192 с.

110. Соболев С.Н. Разработка способа получения амарантового масла методом прессования на одношнековом прессе: дис.... канд. техн. наук: 05.18.12. Воронеж, 2007. 231 с.

111. Сорочинский В.Ф. Повышение эффективности конвективной сушки и охлаждение зерна на основе интенсификации тепломассообменных процессов: автореф. дис.... канд. техн. наук: Москва: МГУПП, 2003. 39 с.

112. Станкевич Г.Н., Валентюк Н.А. Теоретическая проработка способов сушки зерна амаранта // Materials of X International scientific and practical conference, "Prospects of world science", 2014. V.8. P. 21-27.

113. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: підруч. Київ: Либідь, 1997. 351 с.

114. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Шувалов С.Є. Сушіння зерна: Лабораторні роботи: навч. посіб. Київ: Либідь, 1997. 136 с.

115. Станкевич, Г.Н. Научные основы совершенствования сушки зерна и кормовых средств: дис... докт. техн. наук. 05.18.03. Одеса, 1997. 597 с.

116. Станкевич Г.Н., Валентюк Н.А. Исследование кинетики сушки зерна амаранта // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сб. науч. ст. Первых Международных Лыковских научных чтений (22-23 сентября 2015г.) / РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015. С.244-246.

117. Станкевич Г.М., Валентюк Н.О. Проблеми та перспективи післязбиральної обробки насіння амаранту // Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. / за ред. Савенка І.І., Станкевича Г.М., Седікової І.О. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. с. 373-390

118. Стародубцева А.И., Сергунов В.С. Практикум по хранению зерна. Москва: Агропромиздат, 1987. 192 с.

119. Стуруа А.В., Кадыров С.В. Амарант – обогатитель продуктов питания // Аспекты современных агротехнологий: сб. науч. тр., посвященный 120-летию со дня рождения И.В. Якушкина. Воронеж, 2005. С. 58-61.

120. Стуруа А.В. Выявление лучших сортов зернового амаранта в условиях ЦЧР и их использование в хлебопечении: автореф. дис.... канд. техн. наук: 06.01.09. Рамонь, 2007. 25с.

121. Стуруа А.В., Кадыров С.В., Лященко Г.А. Качество и урожайность семян сортового амаранта, выращиваемых в условиях ЦЧР // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки: материалы 1-й междунар. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Владикавказ, 2004. С.102-104.

122. Сушка пищевых растительных материалов. Филоненко Г.Н., Гришин М.А., Гольденберг Я.М., Коссек В.К. Москва: Пищевая промышленность, 1971. 439 с.

123. Теленгатор М.А., Уколов В.С., Кузьмин И.И. Обработка и хранение семян. Москва: Колос, 1980. 272 с.

124. Теория хранения зерна URL: <http://zernolab.com.ua/ru/view-news/id-teoriya-hraneniya-zerna-11.htm>

125. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и материалов: справ. пособ. /А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская, В.С. Уколов. под ред. А.С. Гинзбурга. Москва: Пищевая пром-сть, 1975. 224 с.

126. Технічна мікробіологія. Капрельянц Л.В. та ін. / за ред. Л.В. Капрельянца. Одеса: Друк, 2006. 308с.

127. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. Бутковский В.А., Мельников Е.М. Москва: Агропромиздат, 1989. 464 с.

128. Технология хранения зерна: учебн. для вузов / под ред. Е.М. Вобликова. Санкт-Петербург.: Лань, 2003. 448 с.

129. Товароведение сельскохозяйственных продуктов Любарский Л.Н. и др. М.: Колос, 1980. 367 с.

130. Трисвятский Л.А. Умейте сохранить зерно и семена // Защита растений. 1995. №1. С.34-35
131. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна. Москва: Агропромиздат, 1986. 400 с.
132. Уажанова Р.У., Изтаев А.И., Кукушкина Н.Н. Стандартизация нормативной базы для производителей продуктов из семян амаранта. URL: http://elibrary.kz/download/zhurnal_st/st3028.pdf
133. Уколов В.С., Сорочинский В.Ф. Определение температуропроводности зернового слоя методами регулярного режима первого и второго рода // Элеваторная промышленность. Сер. "Хранение и переработка зерна". Москва: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. 1974. № 4. С.14-18.
134. Установка микроволновая для сушки зерновых и масленичных культур модели АСТ-3. URL: <http://www.act-agro.ru/>
135. Фирсова М.К. Попова Е.П. Оценка качества зерна и семян. Москва: Колос, 1981. 223 с.
136. Чаусовский Г.А. Математическое моделирование процессов хранения кормового сырья. Запорожье, 1988. 81с.
137. Черноусов И.М. Разработка и научное обоснование способа сушки семян амаранта в аппарате со взвешенно-закрученным слоем: дис.... канд. техн. наук: 05.18.12. Воронеж, 2010. 231 с.
138. Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века // СОЖ, 1999. № 10. С.22–27.
139. Чудновский, А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов Москва: Госиздат. физ.-мат. лит., 1962. 456 с.
140. Шнейдер Т.И., Петрова Е.В. Использование амаранта в макаронных изделиях //Пищевая пром–сть. 2002. № 7. С. 76–77.
141. Щербаков В., Яковенко Т., Когут С. Вирощувати амарант – економічно вигідно. URL: <http://fermer.dela.kr.ua/library/?num=61>

142. Щербаков В.Г. Иваницкая С.В., Лобанов В.Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению масличного сырья. Москва: Колос, 1999. 128 с.
143. Щербаков, В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. Москва: Колос, 2003. 360 с.
144. Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья: учебн.. Москва: Пищевая пром-ть, 1979. 336 с.
145. Эффективность использования микроволновой обработки для сушки семенного зерна Калинин Л.Г., Сердюк Л.В., Овсянникова Л.К., Орлова С.С. // Хранение и переработка зерна. 1999. № 2. С.9-10.
146. Які ж краще застосувати установки для охолодження зерна в елеваторах з огляду енергоспоживання та екологічності хладоагента. Станкевич Г. та ін. // Зерно і хліб, № 4. 2007. С. 48-49.
147. Яковенко А., Валентюк Н., Дмитренко Л. Насіння амаранту можна успішно очистити від щиряці на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // Зерно і хліб. 2009. №4. С.38-40.
148. Яковенко А.І., Валентюк Н.О., Дмитренко Л.Д. Визначення режимів очищення насіння амаранту на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // Наукові праці ОНАХТ. 2008. Вип. 34. Том 1. С.76-79.
149. Abalone R, Cassinera A, Gastón A and MA Lara Some physical properties of amaranth seeds. Biosystems Engineering. 2004; 89(1): 109–117.
150. Brenner, D.M. 2002. Non-shattering grain amaranth populations. p. 104–106. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. URL: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-104.html>
151. Bressani, R. & Garcia-Vela, L. A. Protein Fractions in Amaranth Grain and Their Chemical Characterization. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990. 38 (5), pp. 1205-1209, ISSN 0021-8561
152. Bressani R Amaranth: The nutritive value and potential uses of the grain and by-products. Food and Nutrition Bulletin. 1988; 10(2).

153. Early, D.K. Amaranth production in Mexico and Peru. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. 1990. p. 140-142. URL: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-140.html>
154. Joshi BD, Rana RS. *Grain amaranths: the future food crop*. National bureau of plant genetic resources, New Delhi, India, 1991.
155. Kauffman, C.S., and L.E. Weber. Grain amaranth. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. 1990. p. 127-139. URL: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-127.html>
156. Miroshnichenko L A, Zharkova I M, Kulakova S N, Kadirov C V, Eprintsev A T, Kalinicheva M V *Amaranth: A few aspects of cultivation, processing, studies of pharmaceutical properties Functional Foods for Cardiovascular Diseases: Functional foods can help reduce the risks of cardiovascular diseases* (New York: D&A Inc). 2005. pp 228-234
157. Monica W. Mburu. *Properties of a Complementary Food based on Amaranth Grain (Amaranthus cruentus) Grown in Kenya* / Monica W. Mburu, Nicholas K. Gikonyo, Glaston M. Kenjil, Alfred M. Mwasaru // *J. Agric. Food. Tech.*, 1(9)153-178, 2011. URL: <http://www.ku.ac.ke/schools/medicine/images/stories/docs/publications/properties-of-a-complementary-food.pdf>
158. Paredes-Lopez O. *Amaranth, Biology, Chemistry and Technology*. Chapter 10, CRC Press. 1994. p.185–205.
159. Railey, R.. *Amaranth: a Healthy Grain for Vegetarian Recipes*. 2008. URL: <http://chetday.com/amaranth.html>.
160. Robert L. Myers. *Amaranth: New Crop Opportunity* URL: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-207.html>
161. Roberts J.S., Tong C.H. Drying kinetics of hygroscopic porous materials under isothermal conditions and the of a first-order reaction kinetic model for predicting drying // *Int. J. Food Prop*. 2003. № 3. P. 335.

162. Ronoh E.K. Modeling Thin Layer Drying of Amaranth Seeds under Open Sun and Natural Convection Solar Tent Dryer. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript 1420. Vol. XI. November, 2009
URL: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1420/1276>
163. Saunders R.M., Becker R. Amaranthus: A potential food and feed resources. // *Advances in cereal science and technology*. 1984. - V.6. - P. 357-396
164. Silva Grobelnik Mlakar, Matjaž Turinek, Manfred Jakop, Martina Bavec, Franc Bavec. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making // *Agricultura scientific journal*. pp. 43-53 URL: <<http://www.agricultura-online.com/portal/issues/issue-10/109-nutrition-value-and-use-of-grain-amaranth-potential-future-application-in-bread-making>>
165. Singhal, R. S. and Kulkarni P. R. Composition of the seeds of some Amaranthus species. *Journal of Science, Food and Agriculture*. 1988. p.325-331.
166. Stallknecht, G.F. and J.R. Schulz-Schaeffer. Amaranth rediscovered. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York. 1993. p. 211-218. URL: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-211.html>
167. Stanislaw Pabis. *Grain Drying: Theory and Practice*. 1998. 303 p.
168. *The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management*. Shlomo Navarro, Ronald T. Noyes. 2010. 672 p.
169. Valentyuk N.A. Zadorozhnyj V.G., Chulak Yu.L., Chulak O.L. The influence of drying method on the chemical amaranth seed structure // *Nauka i studia*. 2015. №10(141). p. 24-33.
170. Worley, J. Aeration grain in storing // *Cooperative extension the university of Georgia*. 10 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Статистичні характеристики розмірів зернівок амаранту

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗМЕРОВ ЗЕРНОВОК
amarant 9.2%

	Исходные данные			Однородные данные			Ранжированные данные		
	l	a	b	l	a	b	l	a	b
1	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.01	0.70	0.70
2	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.01	0.75	0.75
3	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.01	0.76	0.78
4	1.02	0.70	0.70	1.02	0.70	0.70	1.01	0.78	0.80
5	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
6	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
7	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01	0.80	0.80
8	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01	0.80	0.80
9	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
10	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
11	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.01	0.80	0.80
12	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
13	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
14	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
15	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.01	0.80	0.80
16	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
17	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
18	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.01	0.80	0.80
19	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
20	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
21	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.01	0.80	0.80
22	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
23	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01	0.80	0.80
24	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80
25	1.01	0.76	0.80	1.01	0.76	0.80	1.02	0.80	0.80
26	1.01	0.78	0.78	1.01	0.78	0.78	1.02	0.80	0.80
27	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.02	0.80	0.80
28	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.02	0.80	0.80
29	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	0.90	0.90
30	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	0.90	0.90
31	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	0.90	0.90
32	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
33	1.01	0.80	0.80	1.01	0.80	0.80	1.02	0.90	0.90
34	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
35	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
36	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.02	0.90	0.90
37	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
38	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	0.90	0.90
39	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
40	1.01	0.90	0.90	1.01	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90
41	1.01	1.10	1.00	1.01	1.10	1.00	1.02	1.00	1.00
42	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00
43	1.02	0.90	0.90	1.02	0.90	0.90	1.02	1.00	1.00
44	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	1.00	1.00
45	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	1.00	1.00
46	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	1.00	1.00
47	1.02	0.75	0.75	1.02	0.75	0.75	1.02	1.00	1.00
48	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	1.00	1.00
49	1.02	0.80	0.80	1.02	0.80	0.80	1.02	1.00	1.00
50	1.20	0.80	0.80	1.20	0.80	0.80	1.20	1.10	1.00

Классы и частоты											
	l			a			b				
1.01-1.04	49	98.00	1.02	0.70-0.77	3	6.00	0.74	0.70-0.75	2	4.00	0.73
1.04-1.07	0	0.00	0.00	0.77-0.83	25	50.00	0.80	0.75-0.80	26	52.00	0.80
1.07-1.11	0	0.00	0.00	0.83-0.90	12	24.00	0.90	0.80-0.85	0	0.00	0.00
1.11-1.14	0	0.00	0.00	0.90-0.97	0	0.00	0.00	0.85-0.90	12	24.00	0.90
1.14-1.17	0	0.00	0.00	0.97-1.03	9	18.00	1.00	0.90-0.95	0	0.00	0.00
1.17-1.20	1	2.00	1.20	1.03-1.10	1	2.00	1.10	0.95-1.00	10	20.00	1.00

Статистические характеристики

	l	a	b
Среднее арифметическое $X_{ср}$	1.019	0.862	0.861
Медиана Me	1.016	0.800	0.800
Мода Mo	1.016	0.799	0.799
Дисперсия S^2	0.001	0.008	0.007
Среднеквадратичное отклонение S	0.026	0.090	0.084
Коэффициент вариации V	2.576	10.399	9.810
Коэффициент асимметрии A	6.511	0.696	0.540
Коэффициент эксцесса E	41.869	-0.559	-1.032
Стандартные ошибки:			
- среднеквадратич. отклон. S_s	0.019	0.063	0.060
- среднего арифметического S_x	0.004	0.013	0.012
- вариации S_v	0.258	1.040	0.981
- асимметрии S_a	0.346	0.346	0.346
- эксцесса S_e	0.693	0.693	0.693
Мера точности h	26.934	7.890	8.375
Отношение A/S_a	248.007	7.764	6.392
Отношение E/S_e	1594.807	-6.241	-12.226
Параметры зерновки:			
- объем V_z	0.423		
- площадь F_z	0.957		
- объем шара	0.423		
- площадь шара	2.727		
- эквивалентный диаметр	0.932		
- расчетный диаметр	0.316		
- сферичность $F_{ш}/F_z$	2.849		
- отношение V_z/F_z	0.442		

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗМЕРОВ ЗЕРНОВОК amarant 14,9%

	Исходные данные			Однородные данные			Ранжированные данные		
	l	a	b	l	a	b	l	a	b
1	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60
2	1.20	0.80	0.80	1.20	0.80	0.80	0.90	0.70	0.60
3	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	0.90	0.70	0.60
4	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.70	0.70
5	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.00	0.70	0.70
6	1.10	0.80	0.80	1.10	0.80	0.80	1.00	0.70	0.70
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.70
8	1.00	0.80	0.70	1.00	0.80	0.70	1.00	0.80	0.70
9	1.10	0.90	0.80	1.10	0.90	0.80	1.00	0.80	0.70
10	1.10	0.90	0.90	1.10	0.90	0.90	1.00	0.80	0.80
11	1.10	0.80	0.70	1.10	0.80	0.70	1.00	0.80	0.80
12	1.00	0.70	0.70	1.00	0.70	0.70	1.00	0.80	0.80
13	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80
14	1.00	0.90	0.80	1.00	0.90	0.80	1.00	0.80	0.80
15	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80
16	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80
17	1.00	0.80	0.70	1.00	0.80	0.70	1.00	0.90	0.80
18	1.00	0.70	0.70	1.00	0.70	0.70	1.00	0.90	0.80
19	1.00	0.90	0.80	1.00	0.90	0.80	1.00	0.90	0.80
20	0.90	0.70	0.60	0.90	0.70	0.60	1.00	0.90	0.80
21	0.90	0.70	0.70	0.90	0.70	0.70	1.10	0.90	0.90
22	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	1.10	0.90	0.90
23	0.90	0.60	0.60	0.90	0.60	0.60	1.10	0.90	0.90
24	1.00	0.70	0.60	1.00	0.70	0.60	1.10	0.90	0.90
25	1.10	0.80	0.80	1.10	0.80	0.80	1.10	1.00	1.00
26	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.10	1.00	1.00
27	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00
28	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00
29	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00
30	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00
31	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00
32	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00
33	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	1.00
34	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00
35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00
36	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.00
37	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.20	1.10	1.00
38	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.20	1.10	1.00
39	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.00
40	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00
41	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00
42	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00
43	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.20	1.10	1.00
44	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00
45	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00
46	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.20	1.10	1.00
47	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.00	1.20	1.10	1.10
48	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	1.20	1.10	1.10
49	1.10	0.90	0.80	1.10	0.90	0.80	1.20	1.10	1.10
50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.10	1.10

Классы и частоты

	l			a			b				
0.90-0.95	4	8.00	0.90	0.60-0.68	1	2.00	0.60	0.60-0.68	3	6.00	0.60
0.95-1.00	16	32.00	1.00	0.68-0.77	5	10.00	0.70	0.68-0.77	6	12.00	0.70
1.00-1.05	0	0.00	0.00	0.77-0.85	10	20.00	0.80	0.77-0.85	11	22.00	0.80
1.05-1.10	15	30.00	1.10	0.85-0.93	8	16.00	0.90	0.85-0.93	4	8.00	0.90
1.10-1.15	0	0.00	0.00	0.93-1.02	11	22.00	1.00	0.93-1.02	22	44.00	1.00
1.15-1.20	15	30.00	1.20	1.02-1.10	15	30.00	1.10	1.02-1.10	4	8.00	1.10

Статистические характеристики			
	l	a	b
Среднее арифметическое $X_{ср}$	1.082	0.936	0.896
Медиана Me	1.100	1.000	1.000
Мода Mo	1.000	1.100	1.000
Дисперсия S^2	0.009	0.021	0.020
Среднеквадратичное отклонение S	0.096	0.145	0.143
Коэффициент вариации V	8.894	15.529	15.937
Коэффициент асимметрии A	-0.184	-0.392	-0.508
Коэффициент эксцесса E	-1.129	-1.085	-0.965
Стандартные ошибки:			
- среднеквадратич. отклон. S_s	0.068	0.103	0.101
- среднего арифметического S_x	0.014	0.021	0.020
- вариации S_v	0.889	1.553	1.594
- асимметрии S_a	0.346	0.346	0.346
- эксцесса S_e	0.693	0.693	0.693
Мера точности h	7.348	4.865	4.952
Отношение A/S_a	-1.913	-2.695	-3.559
Отношение E/S_e	-11.736	-7.468	-6.754
Параметры зерновки:			
- объем V_z	0.508		
- площадь F_z	1.017		
- объем шара	0.508		
- площадь шара	3.080		
- эквивалентный диаметр	0.990		
- расчетный диаметр	0.335		
- сферичность $F_{ш}/F_z$	3.028		
- отношение V_z/F_z	0.500		

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗМЕРОВ ЗЕРНОВОК amarant 19,3%

	Исходные данные			Однородные данные			Ранжированные данные		
	l	a	b	l	a	b	l	a	b
1	1.20	1.00	0.90	1.20	1.00	0.90	0.90	0.90	0.80
2	1.10	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90	1.00	0.90	0.80
3	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.00	0.90	0.90
4	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90
5	1.20	1.10	0.80	1.20	1.10	0.80	1.00	0.90	0.90
6	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
7	1.10	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90
8	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
9	1.20	1.00	0.90	1.20	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90
10	1.20	1.00	0.90	1.20	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90
11	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90
12	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.10	1.00	0.90
13	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.10	1.00	0.90
14	1.10	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	0.90
16	1.50	1.30	1.20	1.50	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90
17	1.50	1.10	0.90	1.50	1.10	0.90	1.10	1.00	0.90
18	1.30	1.00	0.90	1.30	1.00	0.90	1.10	1.00	0.90
19	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.10	1.00	0.90
20	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.20	1.00	0.90
21	1.50	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.20	1.00	0.90
22	1.30	1.30	1.00	1.30	1.30	1.00	1.20	1.00	0.90
23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	0.90
24	1.30	1.00	1.00	1.30	1.00	1.00	1.20	1.00	0.90
25	1.30	1.30	1.10	1.30	1.30	1.10	1.20	1.00	0.90
26	1.30	1.30	0.90	1.30	1.30	0.90	1.30	1.00	0.90
27	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.30	1.00	0.90
28	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	1.30	1.00	1.00
29	1.50	1.10	0.90	1.50	1.10	0.90	1.30	1.00	1.00
30	1.30	1.20	1.00	1.30	1.20	1.00	1.30	1.00	1.00
31	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.30	1.00	1.00
32	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	1.30	1.10	1.00
33	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.30	1.10	1.00
34	1.00	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	1.30	1.10	1.00
35	1.50	1.20	1.00	1.50	1.20	1.00	1.30	1.10	1.00
36	1.50	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.30	1.10	1.00
37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	1.20	1.00
38	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.30	1.20	1.00
39	1.30	1.30	1.00	1.30	1.30	1.00	1.30	1.20	1.00
40	1.50	1.30	1.00	1.50	1.30	1.00	1.50	1.20	1.00
41	1.30	1.20	0.90	1.30	1.20	0.90	1.50	1.30	1.00
42	1.30	1.00	0.80	1.30	1.00	0.80	1.50	1.30	1.00
43	1.50	1.10	0.90	1.50	1.10	0.90	1.50	1.30	1.00
44	1.50	1.00	0.90	1.50	1.00	0.90	1.50	1.30	1.00
45	1.30	1.00	0.90	1.30	1.00	0.90	1.50	1.30	1.00
46	1.30	1.00	0.90	1.30	1.00	0.90	1.50	1.30	1.00
47	1.30	1.20	1.00	1.30	1.20	1.00	1.50	1.30	1.10
48	1.30	1.00	0.90	1.30	1.00	0.90	1.50	1.30	1.20
49	1.50	1.30	1.00	1.50	1.30	1.00	1.50	1.30	1.30
50	1.30	1.30	0.90	1.30	1.30	0.90	1.50	1.30	1.30

Классы и частоты

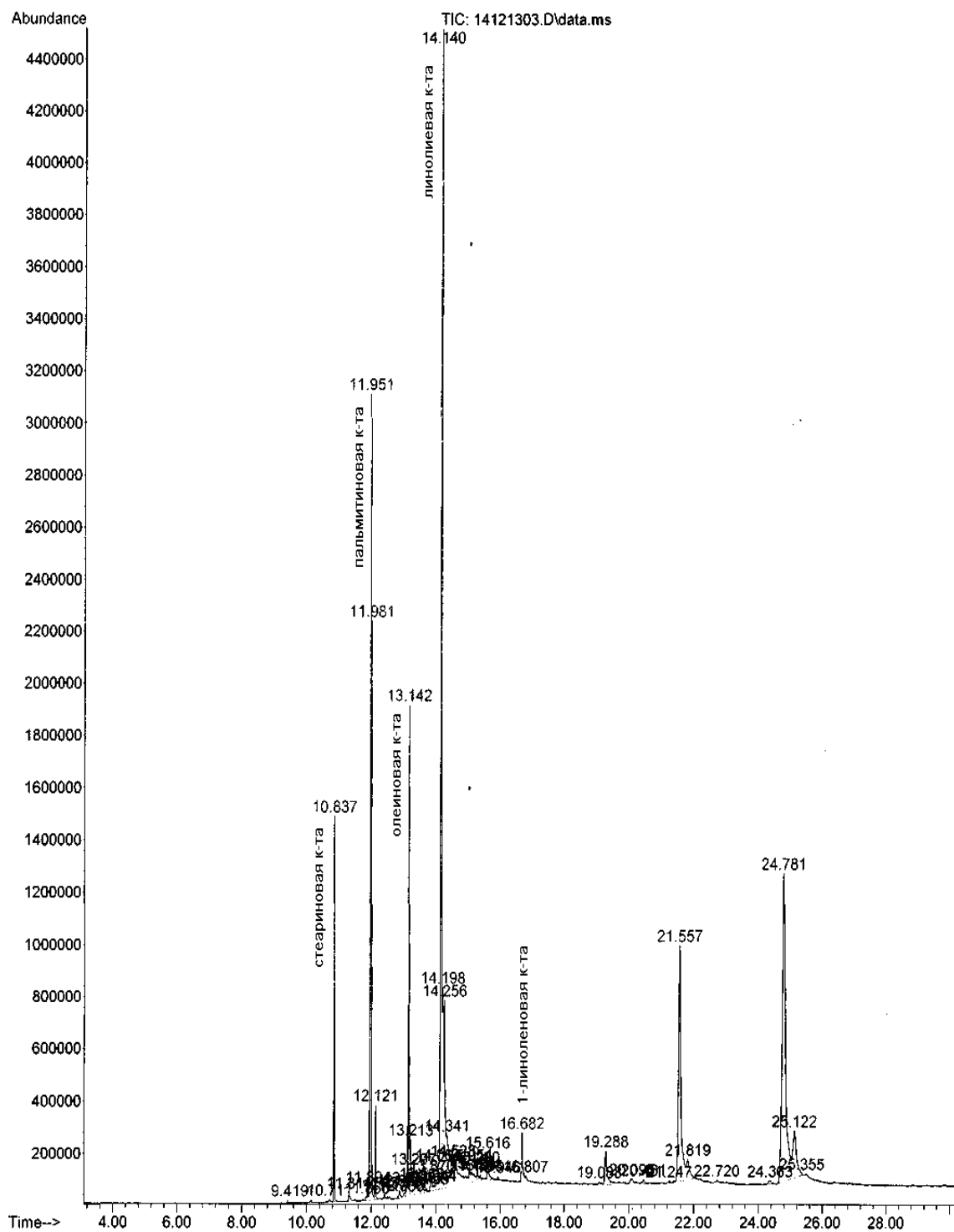
l			a			b					
0.90-1.00	11	22.00	0.99	0.90-0.97	5	10.00	0.90	0.80-0.88	2	4.00	0.80
1.00-1.10	8	16.00	1.10	0.97-1.03	26	52.00	1.00	0.88-0.97	25	50.00	0.90
1.10-1.20	6	12.00	1.20	1.03-1.10	5	10.00	1.10	0.97-1.05	19	38.00	1.00
1.20-1.30	14	28.00	1.30	1.10-1.17	0	0.00	0.00	1.05-1.13	1	2.00	1.10
1.30-1.40	0	0.00	0.00	1.17-1.23	4	8.00	1.20	1.13-1.22	1	2.00	1.20
1.40-1.50	11	22.00	1.50	1.23-1.30	10	20.00	1.30	1.22-1.30	2	4.00	1.30

Статистические характеристики			
	l	a	b
Среднее арифметическое $X_{ср}$	1.232	1.076	0.960
Медиана Me	1.250	1.000	0.900
Мода Mo	1.300	1.000	0.900
Дисперсия S^2	0.034	0.018	0.010
Среднеквадратичное отклонение S	0.183	0.133	0.099
Коэффициент вариации V	14.889	12.392	10.310
Коэффициент асимметрии A	0.117	0.687	1.708
Коэффициент эксцесса E	-1.223	-0.989	3.693
Стандартные ошибки:			
- среднеквадратич. отклон. S_s	0.130	0.094	0.070
- среднего арифметического S_x	0.026	0.019	0.014
- вариации S_v	1.489	1.239	1.031
- асимметрии S_a	0.346	0.346	0.346
- эксцесса S_e	0.693	0.693	0.693
Мера точности h	3.855	5.303	7.144
Отношение A/S_a	0.637	5.151	17.257
Отношение E/S_e	-6.667	-7.416	37.311
Параметры зерновки:			
- объем V_z	0.713		
- площадь F_z	1.141		
- объем шара	0.713		
- площадь шара	3.858		
- эквивалентный диаметр	1.108		
- расчетный диаметр	0.371		
- сферичность $F_{ш}/F_z$	3.382		
- отношение V_z/F_z	0.625		

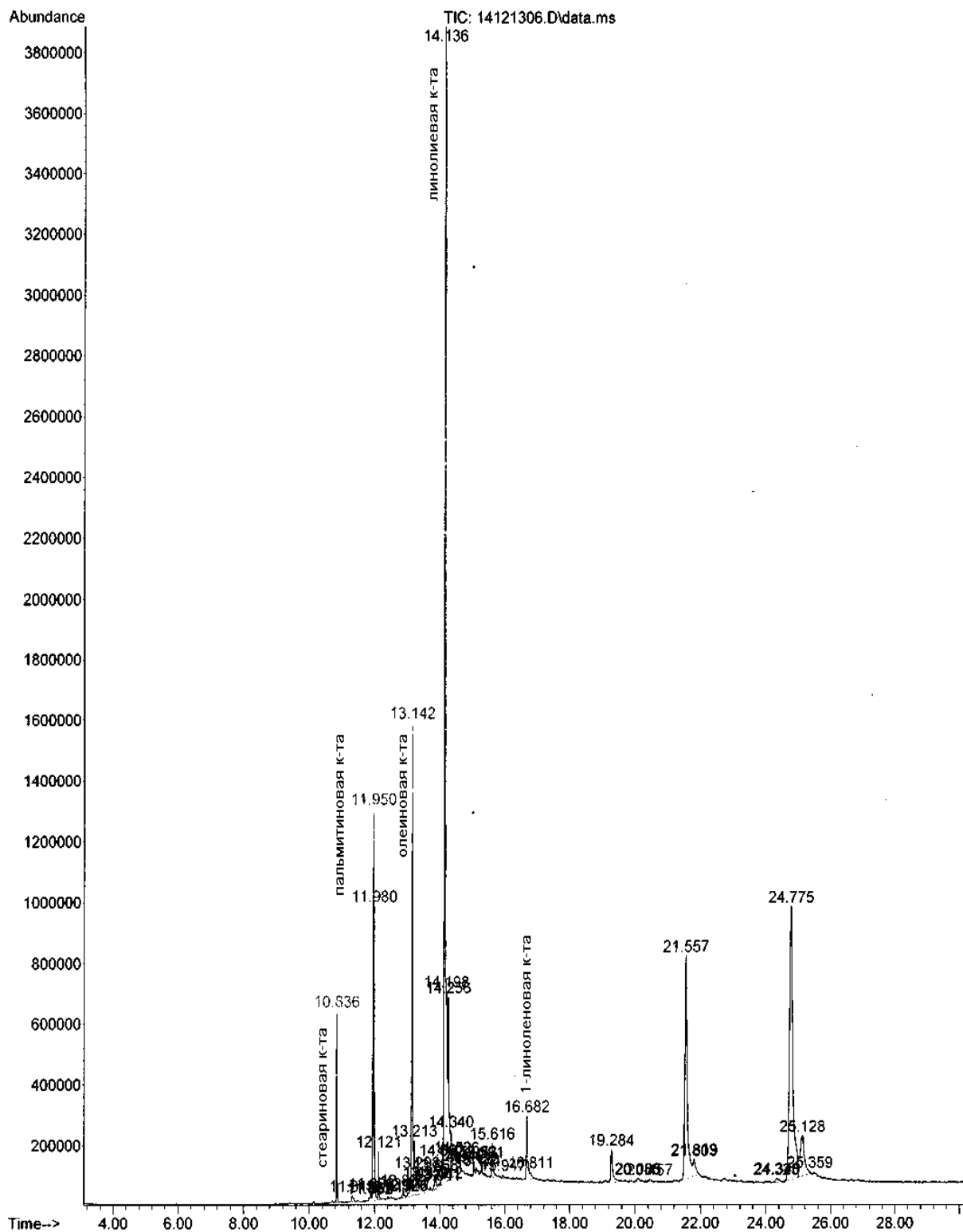
Додаток Б

Хроматограми зерна амаранту, просушеного різними методами

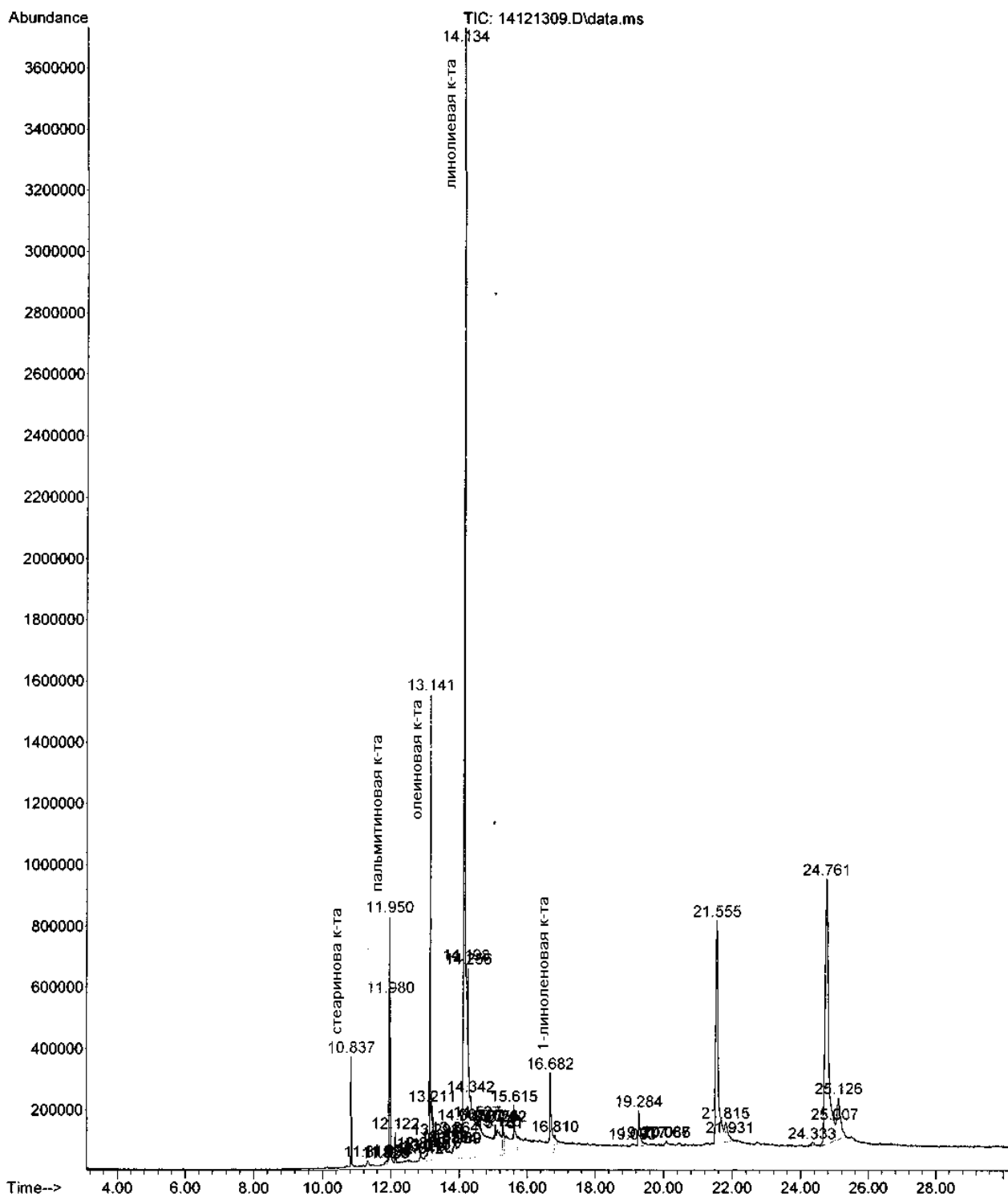
File : D:\Data\2014\1412\14121303.D
 Operator : Eshtokin V
 Acquired : 13 Dec 2014 15:28 using AcqMethod GENER_NEW.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : konvekt. harkov
 Misc Info :
 Vial Number : 100



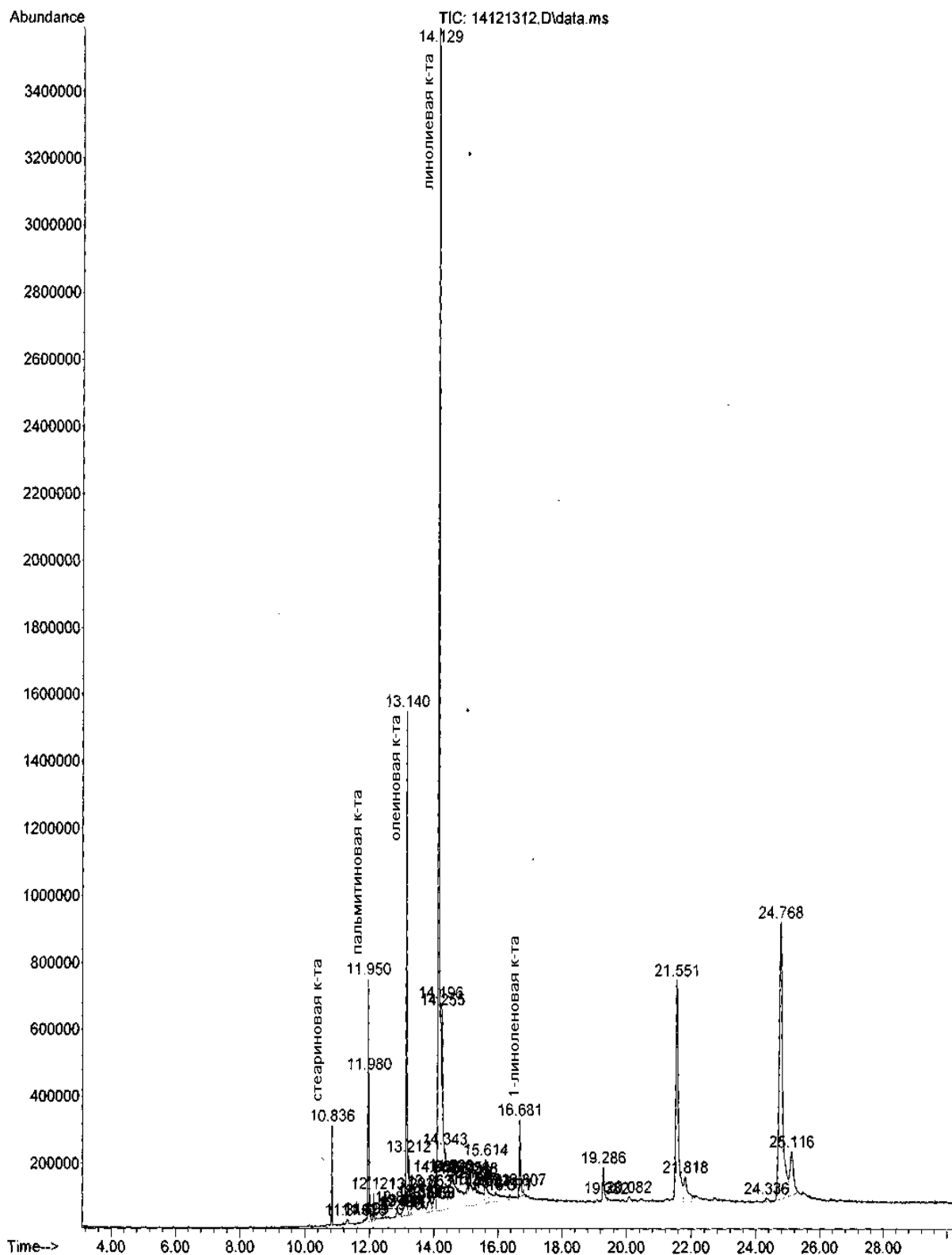
File : D:\Data\2014\1412\14121306.D
 Operator : Eshtokin V
 Acquired : 13 Dec 2014 17:34 using AcqMethod GENER_NEW.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : konvekt. ultra
 Misc Info :
 Vial Number : 100



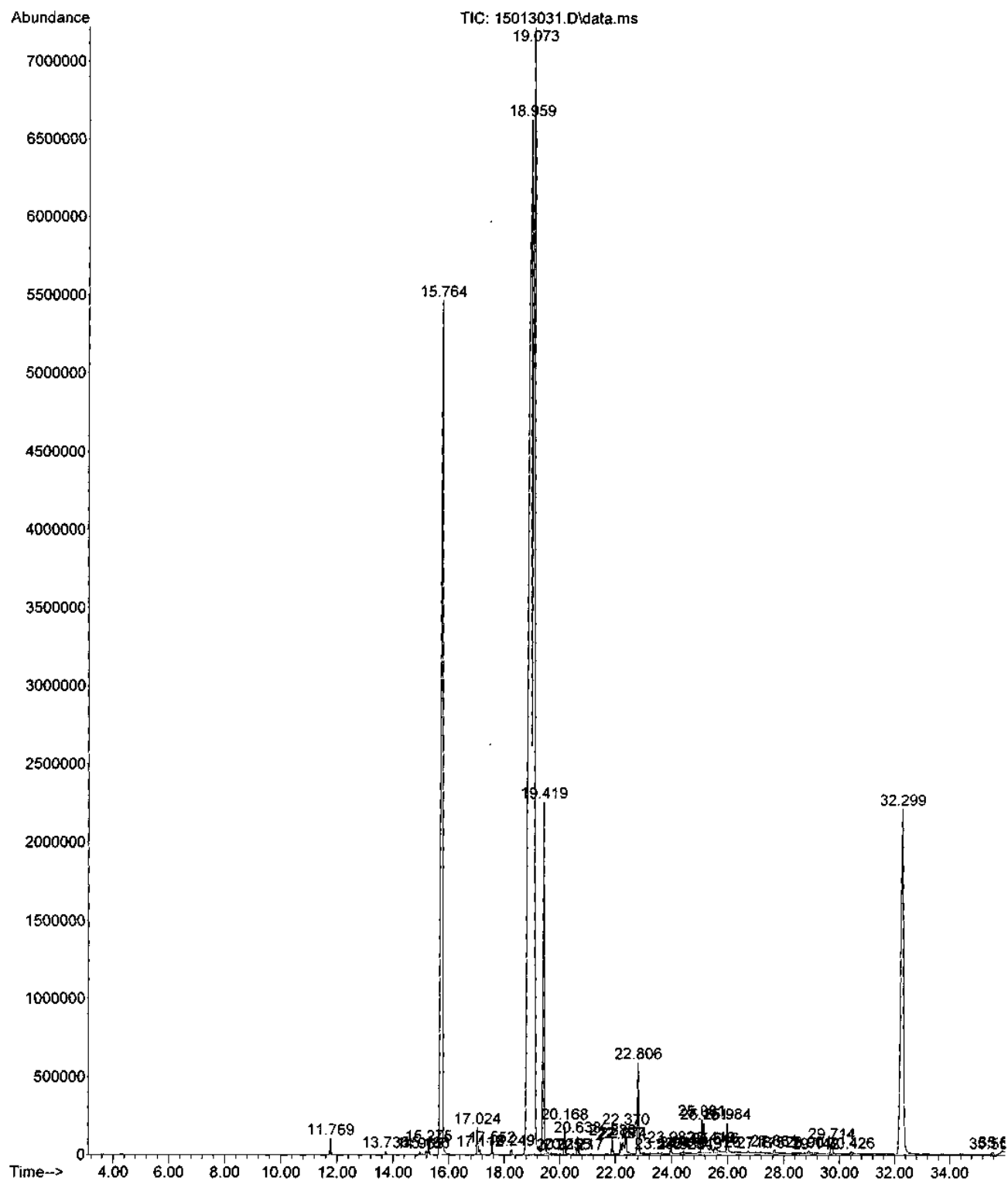
File : D:\Data\2014\1412\14121309.D
Operator : Eshtokin V
Acquired : 13 Dec 2014 19:40 using AcqMethod GENER_NEW.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : ik. harkov
Misc Info :
Vial Number : 100



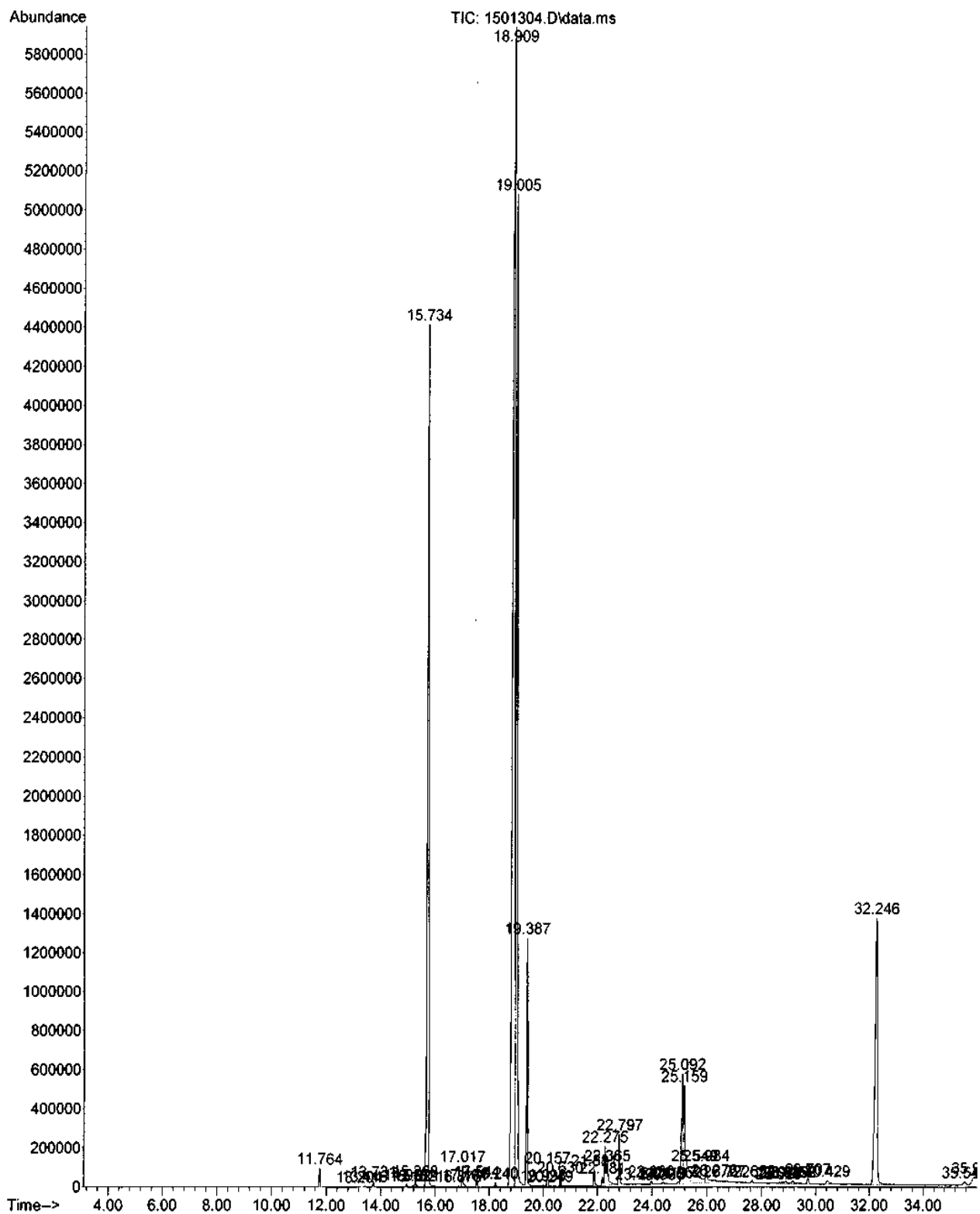
File : D:\Data\2014\1412\14121312.D
 Operator : Eshtokin V
 Acquired : 13 Dec 2014 21:46 using AcqMethod GENER_NEW.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name : ik. ultra
 Misc Info :
 Vial Number : 100



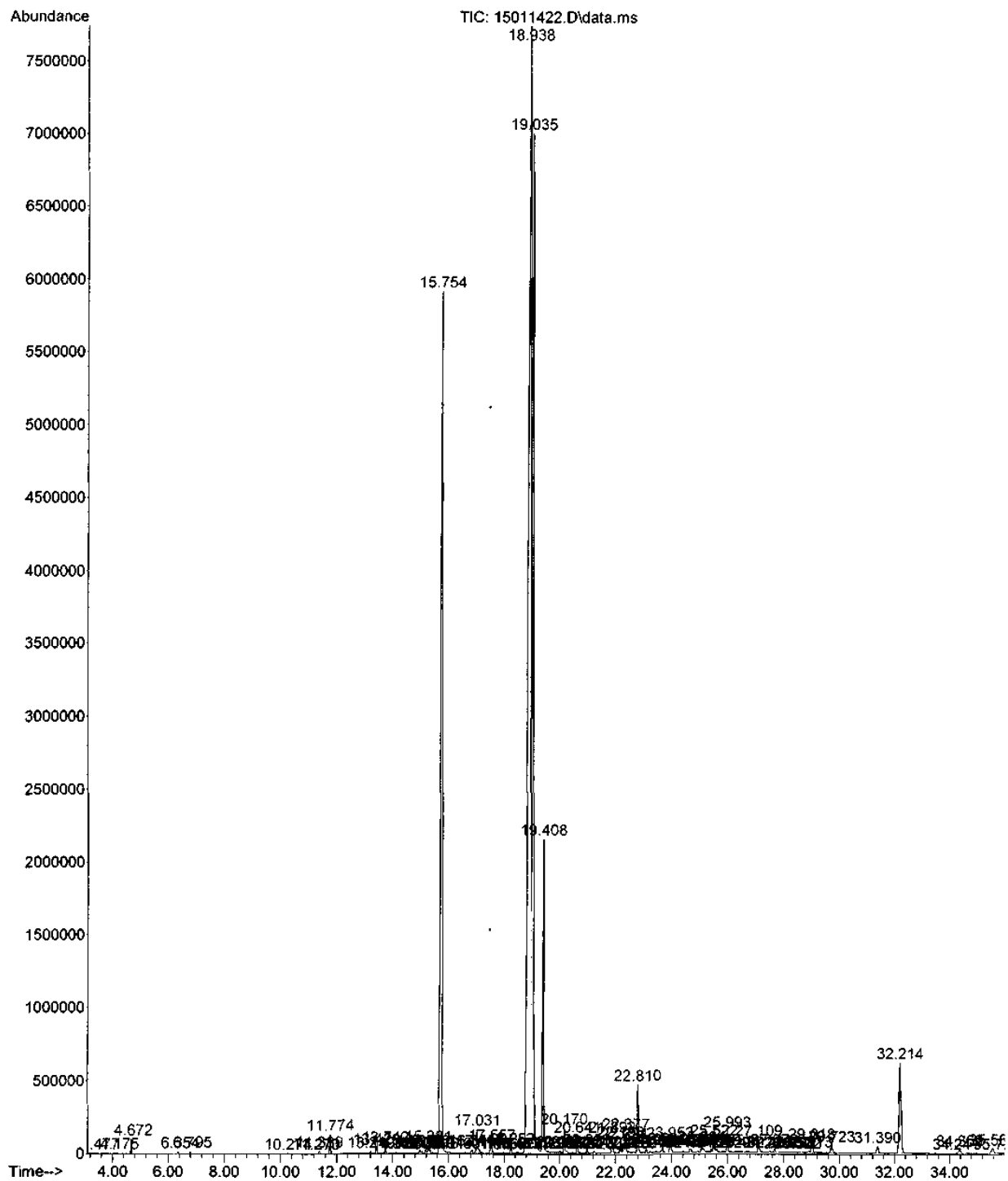
File : D:\Data\2015\1501\15013031.D
Operator :
Acquired : 13 Jan 2015 12:26 using AcqMethod oil_ester.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : cvh. ultra
Miso Info : le
Vial Number : 1



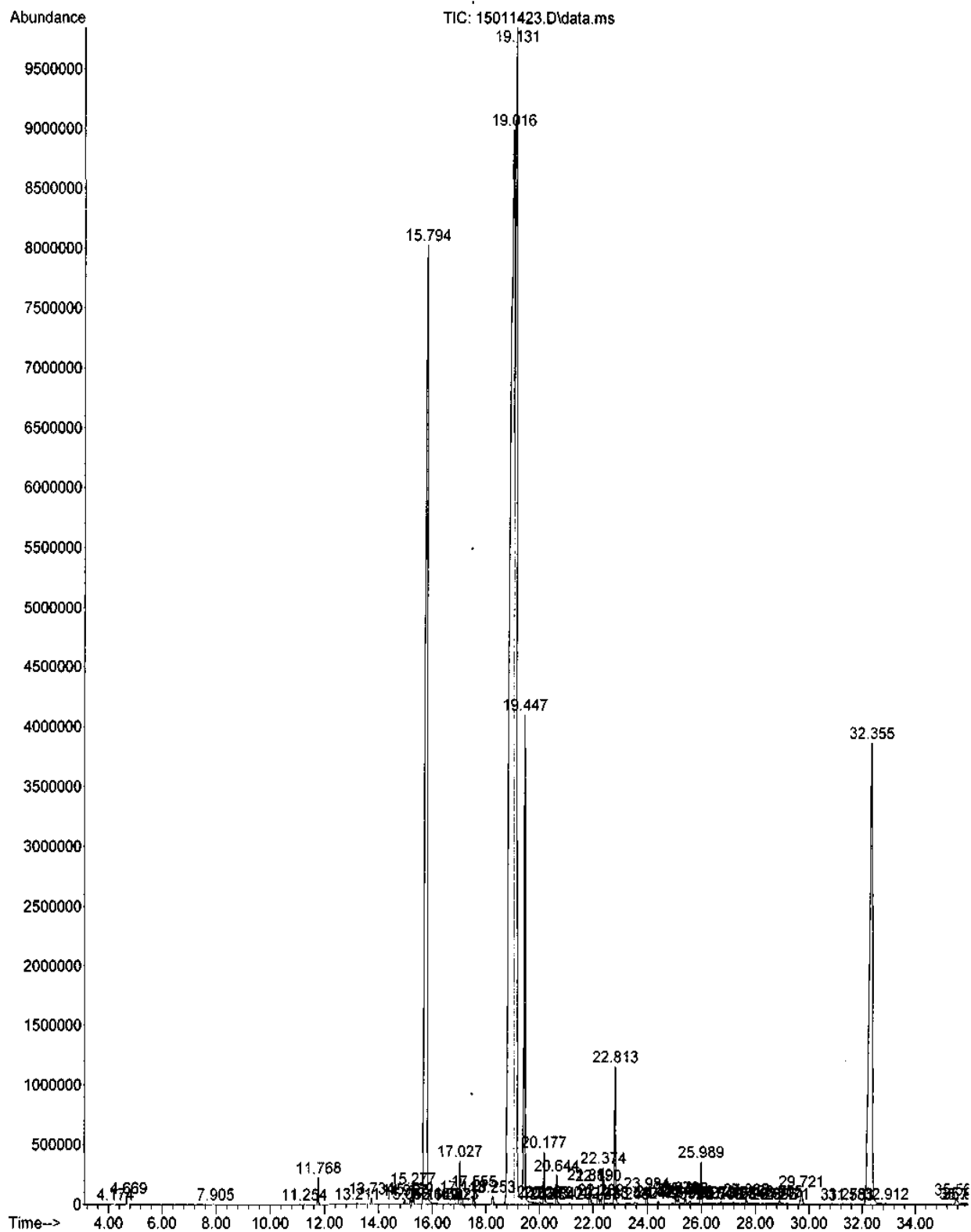
File : D:\Data\2015\1501\1501304.D
Operator :
Acquired : 13 Jan 2015 13:06 using AcqMethod oil_ester.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : cvh. harkov
Misc Info : 2e
Vial Number : 2



File : D:\Data\2015\1501\15011422.D
Operator :
Acquired : 16 Jan 2015 9:52 . using AcqMethod OIL_ESTER.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : harkov
Misc Info :
Vial Number : 46



File : D:\Data\2015\1501\15011423.D
Operator :
Acquired : 16 Jan 2015 10:32 using AcqMethod OIL_ESTER.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : ultra
Misc Info :
Vial Number : 47



Додаток В

Висновок експертного дослідження

МВС УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ЕКСПЕРТНО-КРИМІНАЛІСТИЧНИЙ ЦЕНТР
 вул. Прохорівська, 35, м. Одеса, 65005,
 тел. (0482) 34-76-25
 ekuodch@pol17.odes.ua

ВИСНОВОК ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

17.06.2016

м. Одеса

№ 622

До відділу дослідження матеріалів, речовин і виробів Одеського НДЕКЦ МВС України 09.06.2016 надійшла заява від Валентюк Н.А. про проведення дослідження в зразках насіння амаранту сквалену.

Проведення експертного дослідження доручено начальнику сектору фізико-хімічних досліджень відділу дослідження матеріалів, речовин і виробів Одеського НДЕКЦ МВС України Єштокіну Василю Івановичу, який має вищу хіміко-технологічну освіту, кваліфікацію судового експерта з правом проведення судових експертиз матеріалів речовин і виробів за експертною спеціальністю 8.6 (дослідження наркотичних засобів, психотропних речовин, їх аналогів і прекурсорів, свідоцтво підтвердження №1299 видане 22.11.2013 ЕКК МВС України із строком дії до 31 грудня 2018), та за експертною спеціальністю 8.13 (дослідження сильнодіючих і отруйних речовин, свідоцтво №1300 підтвердження видане 22.11.2013 ЕКК МВС України із строком дії до 31 грудня 2018), стаж експертної роботи з 1996 року.

На експертне дослідження надані:

1. зразки насіння амаранту сортів «Ультра» та «Харківський».

Отримано дозвіл ініціатора на часткове або повне витрачання представлених об'єктів для проведення дослідження.

На вирішення експертного дослідження поставлені питання:

1. Який вміст сквалену в наданих зразках насіння амаранту?

При проведенні експертного дослідження використовувалися такі методики судових експертиз:

1. Дослідження наркотичних засобів, поширених на території України дослідження метадону. Реєстраційний код 8.6.47 згідно з Реєстром методик проведення судових експертиз.

Умови довілля згідно «Журналу контролю умов виконання вимірювань» № 310.

Судовий експерт



В.І. Єштокін

ДОСЛІДЖЕННЯ

Для встановлення вмісту в зразках насіння сквалену, по 10г зразків гомогенізували з кварцевим піском та тричі екстрагували гексаном по 2год. Об'єднані екстракти упарювали до сухого залишку, додавали 20 мл метилового спирту та 10мл 20% розчину гідроксиду натрію. Етерифікацію проводили продовж 4 годин на гліцериновій бані. Отримані розчини тричі екстрагували гексаном. Потім додавали 10% розчин хлорводневої кислоти до рН=3 та також екстрагували гексаном. Гексанові екстракти упарювали до постійної маси та зважували на аналітичних вагах. Кількісне значення омилених та неомилених речовин надано в таблиці 1.

Дослідження методом газорідинної хроматографії

Встановлення сквалену проводили методом газорідинної хроматографії, на хромато-мас-спектрометрі при наступних умовах: капілярна колонка - HP-35MS, довжина- 30м, діаметр -0,25мм, фаза- 0,25мкм., постійний потік- 1,0 мл/хв., газ-носієм -гелій, інжектор- авто інжектор Split 20:1, температура випарника Т-2800 С, Термостат: Тпоч- 2000 С, витримка 2хв., нагрів -100 С/хв, Ткін-3000 С, іонізація- електроним ударом, енергія іонізації -70эВ, температура іонного джерела Т-2300 С; температура інтерфейсу детектору Т-2500 С. Об'єм проби - 1мкл.

В результаті обробки отриманих хроматограф було встановлено вміст сквалену в досліджуємих зразках, значення яких приведені в таблиці 1.

При проведенні експертного дослідження використовувалися такі інформаційні джерела:

1. Крамаренко В.Ф. Токсикологическая химия. – К.: Вища школа, 1989. – 447 с.

2. CLARKES INSOLATION AND INDEFICATION OF DRUGS London, THE PHARMACETICFL PRESS, 1986. 524 с.

5. Інструкція про порядок проведення та оформлення експертних досліджень, затверджена наказом ДНДЕКЦ МВС України 31.10.2013 року №19/1-272н.

При проведенні досліджень використовувалися піпетки мірні ГОСТ 20292-74 2 клас, ваги електронні AXIS ANG 200 С d=0,0001 зав. №114 (свідоцтво про повірку № 444-MX від 17.03.2016), газовий хроматограф Thermo scientific Trace 1310 s/n 714100675, з мас-селективним детектором ISQ s/n ISQ140836 та автосемплером AI/AS 1310 s/n 420140203 (свідоцтво про державну метрологічну атестацію № 129-05-ФХ до 18.08.2016);

Дослідження проводились в лабораторії відділу дослідження матеріалів, речовин і виробів ОНДЕКЦ МВС України, атестованої ДП «Одессастандартметрологія» (свідоцтво про атестацію № РО-100/2014 від 05.06.2014).

Судовий експерт

 В.І.Сштокін

Висновок експертного дослідження від 17.06.2016 № 622 стор. 3 з 3

Таблиця 1 Встановлений хімічний склад зразків насіння амаранту

Зразок	Омилени речовини %	Вміст сквалєну %	Кількість речовин в неомиленої фракції				
			І-лінолієва кислота	Лінолієнова кислота	Олейнова кислота	Пальмітинова кислота	Стеарінова кислота
Амарант сорт «Ультра»	5.61	0.95	1,6	49,2	14,6	6,1	1,9
СВЧ-сушка	5.14	0.74	1,5	49,1	14,4	6,1	1,9
Конвекційна сушка	5.09	0.83	1,6	49,2	14,6	6,2	1,9
ІЧ-сушка	4.05	0.49	1,4	49,1	14,3	6,0	1,9
Амарант сорт «Харківський»	5.55	0.81	1,6	49,2	14,6	6,1	2,1
СВЧ-сушка	5.02	0.71	1,6	49,1	14,5	6,1	1,9
Конвекційна сушка	5.04	0.77	1,6	49,2	14,6	6,1	2,1
ІЧ-сушка	3.76	0.46	1,5	49,1	14,4	6,0	1,9

Судовий експерт



[Handwritten signature]

В.І.Єштокін

Додаток Г

Акт виробничої перевірки показників якості зерна амаранту після конвективного сушіння

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ВАТ «Березовський елеватор»
Кухтик А.В.
20/р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Одеської національної академії
харчових технологій
к.т.н. доц. Поварова Н.М.
20/р.



АКТ виробничої перевірки показників якості зерна амаранту при зберіганні

Комісія у складі:

- від ВАТ «Березовський елеватор»:
директор Кухтик А.В. посад. ПІБ
- від Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ):
зав. Кафедри технології зберігання зерна, д.т.н., проф. Станкевич Г.М.,
аспірант Валентюк Н.О.

склала цей акт про те, що 05.10.2016р. на ВАТ «Березовський елеватор» були перевірені показники якості партії насіння амаранту до та після сушіння, проведеного на мобільній зерносушарці К4-УС2-А (планова продуктивність – 10 т/год.)

Виробниче випробування проводили на продовольчому зерні амаранту сорту «Ультра» урожаю 2016р. Діапазон початкової вологості $w_0=20\%$. Зерно амаранту сушили до кінцевої вологості 9%.

Сушіння проводили з використанням таких режимів:

- швидкість повітря $v=0,7$ м/с;
- температура сушильного агента 50°C
- температура зовнішнього повітря 14...16 °C

Таблиця 1 – Хімічний склад зерна амаранту

Показники	Вихідний зразок	Просушений зразок
Кислотне число (КЧ, мг КОН/г)	4.05	3.88
Перекисне число (ПЧ, моль O ₂ /кг)	3.74	3.11

Аналіз результатів виробничих випробувань показав, що розроблені режими дозволяють просушити насіння амаранту до кондиційної вологості (не вище 10 %), яка необхідна для його надійного зберігання. Максимальна температура насіння амаранту у процесі сушіння не перевищувала 50 °C. Відмічено, що у просушеному зерні амаранту спостерігалось зниження кислотного та перекисного чисел, що підтверджує високу якість просушеного продовольчого амаранту.

Висновок:
Розроблені в ОНАХТ режими конвективного сушіння зерна амаранту можна рекомендувати до впровадження у виробництво, оскільки вони гарантують належну якість просушеного зерна.



Зав. кафедри ТЗЗ, д.т.н., проф.

Аспірант

Г.М. Станкевич
Г.М. Станкевич
Н.О. Валентюк
Н.О. Валентюк

Додаток Д

Акт виробничої перевірки технології конвективно-мікрохвильового сушіння зернових і олійних культур

INTERNATIONAL INFORMATIZATION
AKADEMY
with UNO



МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ
при ООН

ЮЖНЫЙ ФИЛИАЛ ОТДЕЛЕНИЯ ПРОМРАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ОКПО 21655395, р/с 26004144435 АБ «Укргазбанк» МФО 320478
Украина, 65059, Одесса, Адмиральский пр-т, 33-а, к.310 Тел: +380-482-374812, 374813 7004049 Факс: +380-482-374813
Сайт: <http://www.mai.od.ua> E-mail: nprkvf@bk.ru

ЗАТВЕРДЖУЮ

Віце-президент Відділу
промислової радіоелектроніки,
кореспондентський член, Ph.D.



Тучний В.П.

» 11 2013 р.

АКТ

виробничої перевірки технології конвективно-мікрохвильового сушіння зернових і олійних культур

Комісія у складі:

- від Південної філії відділу промислової радіоелектроніки (ПФВІР) – радник генерального директора к.т.н., доц. Бошкова І.Л.;
- від Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ) – д.т.н., проф. Станкевич Г.М., к.т.н., доц. Овсянникова Л.К., к.т.н., доц. Кац А.К., к.т.н., Деметрьєва Т.Ю., асп. Валентюк Н.О., асп. Калаянова В.В.,

склала акт про те, що була проведена виробнича перевірка технології конвективно-мікрохвильового сушіння зернових і олійних культур, розробленої в ОНАХТ на основі проведених досліджень з сушіння різних зернових та олійних культур.

Суть технології полягає в наступному. Зерно розміщують у робочій камері мікрохвильової установки в касеті з радіопрозорої сітки. Касета з'єднана повітропроводом з вентилятором для подачі у шар зерна зовнішнього повітря. У робочу камеру через хвилевід від магнетрона подають мікрохвильову енергію з частотою генерації 2450 МГц при максимальній потужності 800 Вт.

Зерно сушать за імпульсними (осцилюючими) режимами, чергуючи поперемінно подачу мікрохвильової енергії та повітря. Тривалість імпульсів енергії знаходиться

в межах $\tau_c = 6 \dots 10$ с, а подачі повітря — $\tau_n = 20 \dots 30$ с.

За результатами проведених попередніх досліджень було отримано математичний опис кривих сушіння та нагрівання ряду зернових і олійних культур продовольчого призначення у вигляді залежностей відповідних кінетичних коефіцієнтів від початкової вологості w_0 і температури θ_0 зерна (насіння) та тривалості імпульсів підведення енергії τ_c і продування повітрям τ_n .

Використовуючи отримані рівняння, для відомої початкової вологості і температури зерна (насіння) розраховується тривалість періодів подачі енергії τ_c та відлежування з продуванням шару зерна повітрям τ_n , за яких температура зерна не перевищуватиме гранично допустиму (тобто буде забезпечена нормативна якість просушеного зерна).

Виробничі випробування проводили на зернових і олійних культурах продовольчого призначення (овес, ячмінь, ріпак, льон, гірчиця, сорго, амарант, просо) з початковою вологістю у діапазоні 12,2...24,1 %.

Поточну вологість зерна контролювали за зміною його маси в касеті, а температуру — в періоди продування зерна повітрям, тобто при відсутності подачі імпульсів енергії. У зразках просушеного зерна та насіння олійних культур визначали також передбачені нормативними документами показники якості.

Висновки. Використання кінетичних рівнянь дозволяє визначати необхідні значення тривалості імпульсів підведення енергії і продування повітрям в залежності від початкової вологості і температури зерна (насіння), що гарантує нормативну якість просушених культур.

Розроблена технологія конвективно-мікрохвильового сушіння зернових і олійних культур може бути рекомендована до впровадження у виробництво, а також може бути використана для розробки енергоефективних конвективно-мікрохвильових зерносушарок.

Від ОНАХТ, д.т.н., проф.

Станкевич Г.М.

Від ПФВПР, к.т.н.

Бошкова І.Л.

Додаток Е

**Акт виробничої перевірки
показників якості зерна амаранту при зберіганні**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ „Туманівський”
назва підприємства

Козак Надія Семеновна
ПІБ

« 08 » 11 2015 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків
Одеської національної академії харчових технологій
д.т.н. проф. Капрельяні Л.В.

« 10 » 11 2015 р.



**АКТ
виробничої перевірки показників якості
зерна амаранту при зберіганні**

Комісія у складі:

– від ФГ „Туманівський”
назва підприємства

Директор Козак Надія Семеновна
посада, ПІБ

_____ посада, ПІБ

– від Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ):
зав. Кафедри технології зберігання зерна, д.т.н., проф. Станкевич Г.М.,
аспірант Валентюк Н.О.

склала цей акт про те, що у період з 01.11.2014р. по 30.10.2015р. на Фермерське господарство „Туманівський”
назва підприємства

були перевірені показники якості партії насіння амаранту, яке зберігалось у виробничих умовах у типовому складі підлогового типу протягом 12 місяців.

На зберігання було закладено 10 т очищеного від домішок зерна амаранту з такими показниками якості:

- вологість 9,5... 10,0%
- засміченість – сміттєва 0,7 ... 1,0 %, олійна 2,1... 2,5%
- кислотне число жиру 3 51 мг КОН/100г
- температура 15°C

Зерно амаранту зберігалось у тарі (тришарові паперові мішки) по 50 кг. в нерегульованих умовах, тобто при температурі та відносній вологості навколишнього середовища. Партія зерна амаранту вкладалася окремо у штабель на дерев'яному настилі, який знаходився на відстані 10 см від підлоги. Відстань між штабелями і стінами сховища – 0,75, а між окремими штабелями – 1м.

За період зберігання з 01.11.2014р. по 30.10.2015р. температура повітря у складі була у межах $-5...+20^{\circ}\text{C}$, а відносна вологість $-55...80\%$.

Перші два тижня зберігання контроль температури зерна амаранту проводили щодня, потім – 2 рази на тиждень, а далі – 2 рази у місяць.

Після зберігання на протязі 12 місяців станом на 30.10.2014р. зерно амаранту мало такі показники якості:

- вологість 8,5 – 9,6%
- температура 16...18 $^{\circ}\text{C}$
- кислотне число жиру 4,86 мг КОН/100г

За показниками якості зерно амаранту відповідає продовольчому.

Подальше зберігання зерна амаранту не проводили з причини його реалізації.

Висновки

1. При зберіганні зерна амаранту у тарі (тришарові паперові мішки) по 50 кг в нерегульованих умовах показники якості змінилися у допустимих межах. Псування і небажаних змін якості зерна амаранту не встановлено.

2. Рекомендований рівень вологості зерна амаранту 9,0...10,0% забезпечує надійне зберігання протягом 12 місяців без псування і небажаних змін якості. В якості обов'язкового контролю якості зерна амаранту продовольчого призначення під час зберігання рекомендовано щомісяця проводити аналіз кислотного числа. Значення кислотного числа не повинно перевищувати 5,0 мг КОН/100г



Зав. кафедри ТЗЗ, д.т.н., проф.

Аспірант

Г.М.

Г.М. Станкевич

Н.О. Валенюк

Додаток Ж

Акт виробничої перевірки показників якості зерна амаранту при сушінні



 ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор Фермерського господарства «Олена»
 д.м.н., проф. Чулак Л.Д.
 « 22 » 11 / 2016 р.



 ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з наукової роботи
 Одеської національної академії харчових технологій
 д.т.н., дон. Піварова Н.М.
 « 25 » 11 / 2016 р.

АКТ виробничої перевірки показників якості зерна амаранту при сушінні

Комісія у складі:

- від Фермерського господарства «Олена»:
головний технолог Теренько В.М.
- від Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ):
зав. кафедри технології зберігання зерна, д.т.н., проф. Станкевич Г.М.,
професор кафедри фізики і матеріалознавства д.х.н., проф. Задорожний В.Г., аспірант Валентюк Н.О.

склала цей акт про те, що з 15.10.2016 р. по 15.11.2016 р. на підприємстві ФГ «Олена» були перевірені режими сушіння та показники якості партії насіння амаранту до та після сушіння, проведеного на мобільній зерносушарці «АСТРА-ИНГУЛ-МИНИ» (продуктивність при зниженні вологості на 6 % – 50 т/добу).

Виробниче випробування проводили на партії продовольчого зерна амаранту сорту Харківський урожаю 2016 р. масою 15 т.

Показники якості зерна амаранту:

- початкова вологість 16,1...16,4 %;
- засміченість сміттєва 0,9...1,1 %;
- температура зовнішнього повітря 12...16 °С.

Сушіння проводили з використанням таких режимів:

- швидкість сушильного агента 0,6...0,8 м/с;
- температура сушильного агента 58...61 °С;
- температура зовнішнього повітря 13...17 °С.

Партія зерна амаранту була просушена до кінцевої вологості, яка була в межах 9,4...9,6 %.

Після сушіння із зерна амаранту методом холодного віджимання було отримано 6,4 % амарантової олії та визначено показники її якості, наведені у табл. 1. Вміст сквалену в отриманій олії склав 6,9 %.

Таблиця 1 – Показники якості амарантової олії

Показники	Вихідний зразок	Просушений зразок
Кислотне число КЧ, мг КОН/г	3,98	3,12
Перекисне число ПЧ, моль O ₂ /кг	3,52	3,05

Аналіз результатів виробничих випробовувань показав, що розроблені режими дозволяють просушити насіння амаранту до кондиційної вологості (не вище 10 %), яка необхідна для його надійного зберігання. Максимальна температура насіння амаранту у процесі сушіння не перевищувала 48...50 °С. Відмічено, що у просушеному зерні амаранту спостерігалось зниження кислотного та перекисного чисел, що підтверджує високу якість просушеного продовольчого амаранту.

Висновок

Розроблені в ОНАХТ режими конвективного сушіння зерна амаранту можна рекомендувати до використання у виробництві, оскільки вони гарантують отримання просушеного продовольчого насіння амаранту належної якості.

Головний технолог ФГ «Олена»



В.М. Теренько

Зав. кафедри ТЗЗ, д.т.н., проф.



Г.М. Станкевич

Професор кафедри фізики і матеріалознавства д.х.н., проф.



В.Г. Задорожний

Аспірант



Н.О. Валентюк

Додаток И

Рекомендації по очищенню, сушінню та зберіганню зерна амаранту

ЗАТВЕРДЖУЮ	УЗГОДЖЕНО
Проректор із наукової роботи ОНАХТ	Директор ІІП «Антонова Н.М.»
_____ Н.М. Поварова	_____ Н.М. Антонова
« 21 » _____ 12 _____ 2017 р.	« 18 » _____ 12 _____ 2017 р.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

ПО ОЧИЩЕННЮ, СУШІННЮ ТА ЗБЕРІГАННЮ

ЗЕРНА АМАРАНТУ

РОЗРОБЛЕНО:

Зав. кафедри технології зберігання зерна,
ОНАХТ, д.т.н., професор

_____ Г.М. Станкевич
« 14 » _____ 12 _____ 2017 р.

Професор кафедри фізики і
матеріалознавства, д.х.н., професор

_____ В. Г. Задорожний
« 12 » _____ 12 _____ 2017 р.

Аспірант кафедри технології зберігання
зерна

_____ Н.О. Валентюк
« 12 » _____ 12 _____ 2017 р.

Одеса –2017

Розроблені рекомендації стосуються технології очищення, сушіння та зберігання зерна амаранту продовольчого призначення на фермерських та зернозаготівельних підприємствах України.

Перед розміщенням на зберігання з метою запобігання погіршенню якості вологе та сире зерно амаранту необхідно очистити від домішок та просушити. Для надійного зберігання зерно амаранту має відповідати наступним вимогам: вологість – не більше 9 %; засміченість – не більше 2 %.

1 Очищення зерна амаранту

Зважаючи на малі розміри зерна амаранту (0,8...1,0 мм) та низьку швидкість витання (2...3 м/с), його доцільно очищати на безрешітних (аеродинамічних) сепараторах типу САД, АЛМАЗ, «ТОР» ІСН або зерноочисних комплексах на їх основі (мобільних ЗАВ типу СОК [1] та ін.). Аеросепаратори дозволяють проводити очищення зерна від домішок та розділяти його на кілька фракцій за аеродинамічними властивостями. Продуктивність сепараторів типу САД складає від 4 до 150 т/год.

Технологічна схема аеросепаратора наведена на рис. 1.

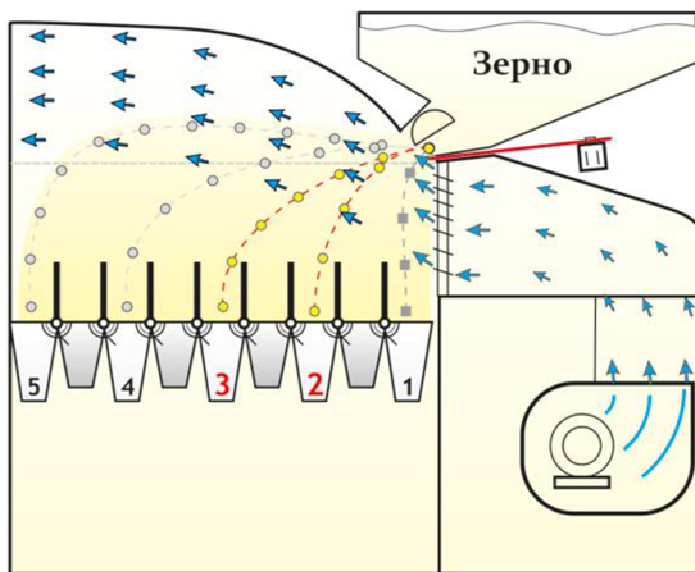


Рис. 1. Технологічна схема аеродинамічного сепаратора: 1 – крупні домішки; 2, 3 – очищене зерно; 4, 5 – легкі домішки, щупле та бите зерно

Після сепарації зерно розводиться за фракціями та направляється у приймальні бункери або фасується у мішки.

Для вловлювання пилу, легких домішок та дрібнодисперсних частинок, які надходять разом з зерновою масою на сепарацію, призначено циклон, вбудований у сепаратор.

Робота сепаратора зводиться до розподілу зернової маси на фракції за питомою вагою за допомогою повітряних потоків.

Зерно подають в бункер-живильник, потім за допомогою регулятора подачі зерна подають на віброкоток, де відбувається його псевдо зрідження та вирівнювання по товщині камери сепарації. В камері сепарації відбувається розширення та поділ зерна за питомою вагою за рахунок дії на нього повітряних потоків, що утворюються вентилятором високого тиску, підготовлених струминним генератором.

Очищення зерна амаранту можна проводити також на існуючих в галузі ситоповітряних сепараторах та зерноочисних стаціонарних комплексах ЗАВ. Рекомендовані форми та розміри отворів решіт наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Вибір решіт для очищення зерна амаранту на ситових та ситоповітряних сепараторах

Розміщення решіт	Позначення решіт	Розмір отворів решіт, мм
B1	B1	□ (0,8...1,0)×20
B2	B2	□ (0,5...0,7)×20
B1	B1	□ (0,4...0,6)×20
B2	B2	∅ 1,2
Г1	Г1	∅ 0,9

Примітки:

1) розміри отворів решіт можуть змінюватись у зазначених межах в залежності від геометричних розмірів партії зерна амаранту, які уточнюються при проведенні пробного очищення відповідно до «Инструкции № 9-5-82 по очистке...» [2];

2) швидкість повітряного потоку у пневмоканалі сепаратора регулюється відповідно до крупності зерна, щоб запобігти його виносу у сміттєві домішки.

2 Сушіння зерна амаранту

Зерно амаранту можна сушити на усіх типах існуючих на підприємствах шахтних прямоточних зерносушарок, а також на карусельних та барабанних сушарках. Зерно амаранту завдяки дрібним розмірам має підвищену сипкість та невелику швидкість витання, в наслідок чого для його сушіння у діючих вітчизняних шахтних прямоточних зерносушарках необхідно провести ряд заходів з переустаткування:

- зменшити приблизно на 1/3 об'єми сушильного агента та зовнішнього повітря, що подаються кожним вентилятором, та знизити швидкість відпрацьованого сушильного агента і повітря із відповідних коробів до 2,0...2,5 м/с. Це можна досягти за рахунок відключення одного з двох вентиляторів (у конструкціях з двома вентиляторами), або шляхом зменшення частоти обертів вентиляторів (проводиться підбір та зміна діаметра шківів), крім того можливе дроселювання підсмоктування повітря у відповідних патрубках першої зони та підсмоктування у топку в верхній та нижній частинах каналів підсмоктування (на 50 %);

- підігнати місця прилягання коробів до шахти і добре зашпарувати всі нещільності термостійким силіконом з метою уникнення просипів зерна амаранту між шахтами та кріпленнями коробів;

- наварити металеві пластини на всіх коробах для уникнення видування зерна амаранту на вході та виході коробів сушильного агенту;

- відрегулювати випускний механізм на мінімальний випуск зерна, знизивши зазор між рухомою і нерухомою частинами випускного пристрою до 2...3 мм;

– замінити комплект деталей форсунки: завихрювач палива та повітря, розпилювач з діаметром отворів 0,5...0,7 мм замість 1,4 мм.

При використанні для сушіння амаранту колонкових модульних або баштових зерносушарок розміри отворів у зовнішніх та внутрішніх ситових поверхнях сушарок не повинні приводити до просипання через них зерен амаранту. Це можуть забезпечити сита з отворами $\varnothing 0,6...0,7$ мм.

З метою економії витрат палива на сушіння та покращення якості просушеного зерна амаранту рекомендується застосовувати конвективно-мікрохвильовий спосіб сушіння із використанням імпульсних режимів підведення енергії та продування зерна зовнішнім повітрям, що запобігає перегріванню зернового шару.

Цей спосіб передбачає три етапи сушіння амаранту. Вологе та сире зерно амаранту на першому етапі сушать у конвективних прямооточійних зерносушарках за спадними температурними режимами до вологості, яка на 3,5...5,0 % перевищує кондиційну (тобто до вологості 12,5...14,0 %). На другому етапі амарант сушать у мікрохвильових сушарках (які дозволять ефективно вилучати вологу з центральних шарів амаранту) до вологості, як на 1,5...2,0 % перевищує кондиційну (тобто до вологості 10,5...11,0 %). Мікрохвильове сушіння проводять за імпульсними режимами, чергуючи імпульси підведення енергії з продуванням амаранту зовнішнім повітрям, що дозволяє запобігти його перегріванню та сприяє зниженню енерговитрат на сушіння. На третьому, заключному, етапі амарант направляють у силоси з активним вентиляванням, де він після вилежування охолоджуються зовнішнім повітрям до температури, яка на 5...10 °C перевищує температуру довкілля.

Якщо вологість амаранту не перевищує 10 %, то конвективне сушіння можна не проводити і його відразу направляти у мікрохвильову сушарку і, далі, після вилежування, на охолодження.

У разі відсутності можливості встановлення на заготівельному підприємстві зерносушарного обладнання для досягнення нормативної вологості зерна амаранту можливе також за рахунок використання інфрачервоного сушіння. Для цього над стрічкою стрічкового конвеєру додатково встановлюють інфрачервоні випромінювачі з потужністю випромінювання 100 Вт.

Для забезпечення нормативної якості зерна амаранту з урахуванням його хімічного складу при сушінні слід дотримуватись рекомендованих режимів сушіння, наведених у табл. 2, 3.

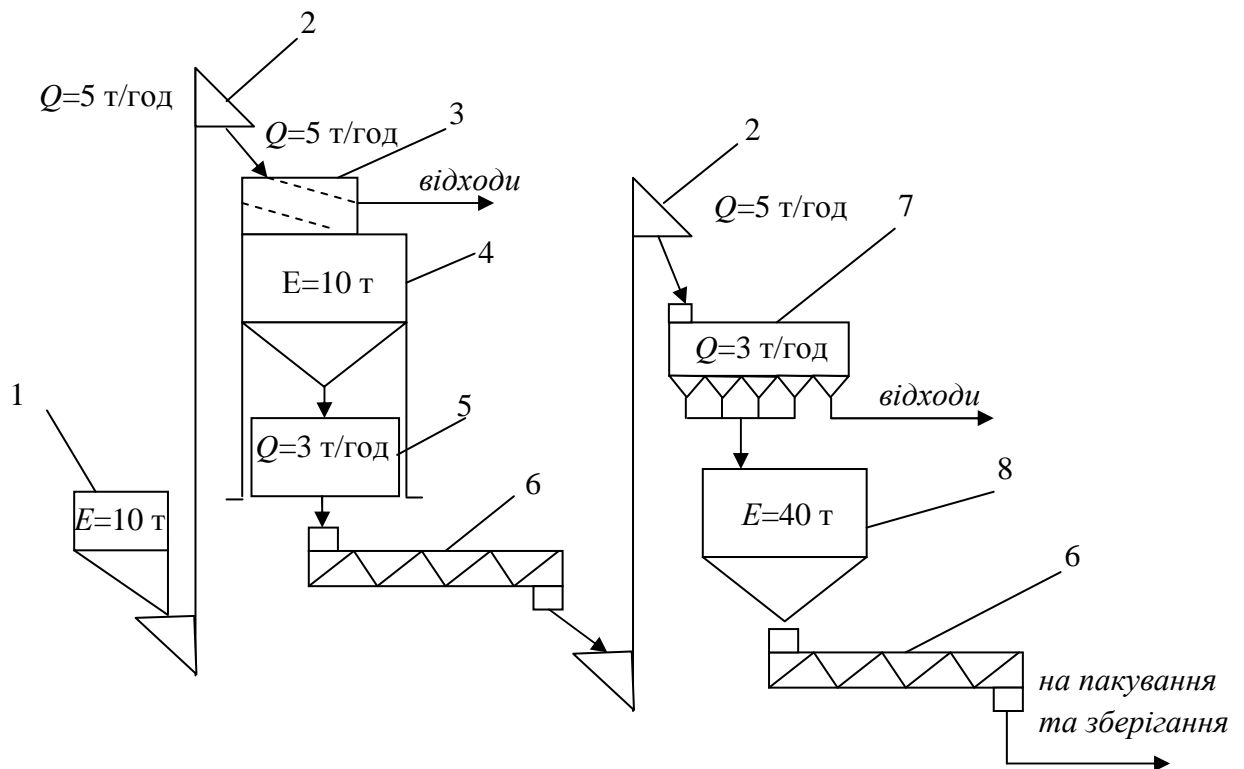
Таблиця 2 – Вищі граничні значення температури агента сушіння та нагрівання зерна в конвективних зерносушарках

Культура, призначення	Початкова вологість, %	Пройдення через сушарку	Гранична температура нагрівання зерна, °C	Гранична температура сушильного агента, °C
Амарант, продовольче призначення	Незалежно від початкової вологості	Однократне	50	60

Таблиця 3 – Режими мікрохвильового сушіння зерна

Культура, призначення	Вологість на вході у сушарку, %	Тривалість циклів, с		Швидкість повітря, м/с	Товщина шару зерна, мм
		підведення енергії	продування повітрям		
Амарант, продовольче призначення	12,5...14,0	4...6	20..40	0,3...0,8	30...60

3 Технологічна схема післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту



1 – приймальний бункер з автотранспорту; 2 – норія; 3 – скальператор; 4 – досушительний бункер; 5 – сушарка; 6 – конвеєр шнековий; 7 – аеродинамічний сепаратор «ТОР» ІСМ-3; 8 – накопичувальний бункер

Рис. 2 – Технологічна схема лінії післязбиральної обробки насіння амаранту

4 Зберігання зерна амаранту

На зберігання зерно амаранту необхідно закладати при вологості не більше 9,0 % за відносної вологості повітря не більше 40 %.

Для запобігання розвитку самозігрівання, пліснявіння, погіршення показників якості, підвищених природних втрат маси насіння за рахунок дихання, рекомендується зберігати насіння амаранту за температури не більше 15 °С, а для довготривалого зберігання його доцільно охолоджувати до +5 °С.

Зерно амаранту можна зберігати у зерносховищах малої місткості з розміщенням його насипом на підлозі, у засіках, у мішках. За температури не вище 10 °С висота штабеля може становити 6 мішків, при більш високій температурі – 4 мішка.

Під час зберігання необхідно систематично спостерігати за станом зерна, вимірювати його температуру, відносну вологість, наявність шкідників. Температуру амаранту на початку зберігання необхідно вимірювати щодня, через 1-2 місяці не менш чим 2-3 рази у тиждень, а взимку раз у тиждень – в різних місцях на глибині 20-30 см, у середній частині і внизу біля підлоги [8].

Література

1. Сепараторы для очистки зерна. *Агро Рост* : веб-сайт. URL: <https://alex.prom.ua/g2006715-separatory-dlya-ochistki>
2. Завод-виробник сепараторів САД. ТОВ «НВФ «Аеромех»^{ТМ}. Обладнання для очищення та калібрування зерна : веб-сайт. URL: <http://www.aeromeh.com/>
3. Аеродинамічний зерновий сепаратор «ТОР» ІСМ-3 (машина для очистки зерна) : веб-сайт. URL: <https://prom.ua/p247759476-aerodinamichnij-zernovij-separator.html>
4. Инструкция IS 9-5-82 по очистке и выделению мелкой фракции зерна, эксплуатации зерноочистительных машин на элеваторах и хлебоприёмных предприятиях. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982. 92 с.
5. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. – Одеса-Київ: ДАК «Хліб України», 1997. – 72 с.
6. Установка микроволновая для сушки зерновых и масленичных культур модели АСТ-3 : веб-сайт. URL: <http://www.act-agro.ru/?page=RuProductsGrain&Sid=SID>
7. Инструкция по хранению продовольственно-кормового зерна, маслосемян, муки и крупы. № 9-7-88. – М.: Министерство заготовок СССР, 1978. – 43 с.
8. Рекомендації по зберіганню насіннєвого матеріалу : веб-сайт. URL: zt-dpss.gov.ua/wp-content/uploads/Rekomendacii.pdf

Додаток К
Акт впровадження результатів наукового дослідження
в навчальний процес

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Ректор ОНАХТ _____ проф. Єгоров Б.В.
 « 19 » _____ 2019 р.
 АКТ

впровадження результатів наукового дослідження за дисертацією

Ми, що нижче підписалися, проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи доц. Трішин Ф.А., з одного боку, проректор з наукової роботи доц. Поварова Н.М. з іншого боку, даним актом підтверджуємо, що результати за дисертацією Валентюк Наталії Олександрівни на тему «Удосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту», яка виконана під науковим керівництвом доктора технічних наук, професора Станкевича Г. М. за спеціальністю 05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур (технічні науки), впроваджено у навчальний процес вивчення дисциплін «Зернознавство», «Технологія зберігання та сушіння зерна», «Науково-дослідна робота студентів» для студентів за напрямом підготовки 181 – харчові технології, які навчаються за навчальними планами бакалаврів та магістрів.

Додаток: Витяг з протоколу засідання кафедри технології зберігання зерна.

Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи

Ф.А. Трішин

Проректор з наукової роботи

Н.М.Поварова

Додаток Л

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Овсянникова Л., Валентюк Н. Уперше отримані дані оптимального очищення, вентильовання і зберігання зерна амаранту // *Зерно і хліб*. 2007. №4. С.35-36. *Внесок здобувача: проведено дослідження фізико-механічних характеристик та гігроскопічних властивостей зерна амаранту залежно від його вологості, проведено математичну обробку результатів досліджень, сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

2. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Вплив режимів зберігання на зміну мікрофлори зерна амаранту // *Зернові продукти і комбікорми*. 2007. №4. С.17-19. *Внесок здобувача: проведено дослідження впливу різних умов зберігання зерна амаранту на мікробіологічні показники, підготовлено статтю до друку.*

3. Єгорова А., Євдокимова Г., Овсянникова Л., Валентюк Н. Зерна амаранту можна уберегти від згубної дії мікрофлори // *Зерно і хліб*. 2008. №1. С. 34-35. *Внесок здобувача: проведено дослідження мікробіологічних показників та обґрунтовано режими надійного зберігання зерна амаранту, сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

4. Єгорова А.В., Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Зміна мікрофлори зерна амаранту в залежності від умов зберігання // *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 30. Том 2. С.121-125. *Внесок здобувача: проведено дослідження кількісного та якісного складу мікрофлори зразків зерна амаранту та їх зміни в залежності від режимів зберігання. Сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

5. Євдокимова Г.Й., Овсянникова Л.К., Валентюк Н.О. Вплив режимів зберігання на зміну біохімічних властивостей зерна амаранту // *Хранение и переработка зерна*. 2008. №1. С.33-35 *Внесок здобувача: Проведено дослідження біохімічних властивостей зерна амаранту та їх зміни під впливом різних умов зберігання. Сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

6. Яковенко А.І., Валентюк Н.О., Дмитренко Л.Д. Визначення режимів очищення зерна амаранту на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // *Наукові праці ОНАХТ*. 2008. Вип. 34. Том 1. С. 76-79. *Внесок здобувача: проведено дослідження геометричних характеристик зернівок амаранту та зроблено їх статистичний аналіз. Сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

7. Овсянникова Л., Євдокимова Л., Черній В., Валентюк Н., Лукіна Г. При -5°C ферментативні процеси в дрібнонасіньових олійних культурах сповільнюються // *Зерно і хліб*. 2009. №3. С.33-34. *Внесок здобувача: проведено дослідження змін біохімічних властивостей амаранту під час зберігання в різних умовах.*

8. Яковенко А., **Валентюк Н.**, Дмитренко Л. Зерна амаранту можна успішно очистити від щирини на основі статистичного аналізу геометричних характеристик // *Зерно і хліб*. 2009. №4. С.38-40. *Внесок здобувача: проведено статистичний аналіз геометричних характеристик зернівок амаранту. Побудовано кореляційні таблиці з варіаційними кривими розподілу зернівок за розмірами. Визначено можливість розділення зернової суміші свіжозібраного зерна амаранту. Сформульовано висновки та підготовлено статтю до друку.*

9. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Вплив умов сушіння на посівні якості зерна амаранту // *Аграрний вісник Причорномор'я*. Зб. наук. праць, 2018. Вип. 87. С.43-50. *Внесок здобувача: проведено дослідження впливу умов сушіння на посівні якості амаранту. Сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

Статті у наукових виданнях інших держав:

10. **Valentyuk N. A.**, Zadorozhnyj V. G., Chulak Yu. L., Chulak O. L. The Influence Of Drying Method On The Chemical Amaranth Seed Structure // *Nauka i studia*. 2015. NR 10 (141) 2015. P.24-33 *Внесок здобувача: проведено дослідження впливу різних методів сушіння на зміну вмісту сквалену в зерні амаранту. Проведено математичну обробку результатів досліджень. Сформульовано висновки, підготовлено статтю до друку.*

11. Станкевич Г.Н., **Валентюк Н.А.** Исследование кинетики сушки зерна амаранта // *Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений (22-23 сентября 2015 года)/ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015. С.244-246. Внесок здобувача: проведено дослідження кінетики сушіння зерна амаранту за різних способів його термічної обробки, проведено математичну обробку результатів досліджень, виведено рівняння кривих сушіння та температурних кривих нагріву зерна амаранту.*

Монографії:

12. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Проблеми та перспективи післязбиральної обробки зерна амаранту // *Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. / За ред. Савенка І.І., Станкевича Г.М., Седікової І.О. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 373-390. Внесок здобувача: проведено аналіз стану проблеми післязбиральної обробки зерна амаранту, проведено дослідження кінетики сушки за умов застосування конвективного, конвективно-мікрохвильового та інфрачервоного сушіння зерна амаранту з різними режимами обробки. Проведено математичну обробку результатів досліджень, виведено відповідні рівняння, зроблено висновки.*

Тези доповідей:

13. Станкевич Г.Н., **Валентюк Н.А.** Теоретическая проработка способов сушки зерна амаранта // Materials of X International scientific and practical conference, "Prospects of world science". 2014. V.8. P. 21-27. *Внесок здобувача: проведено аналіз існуючих способів сушіння зерна та обґрунтовано вибір методів сушіння для зерна амаранту. Сформульовано висновки. Підготовлено матеріали до друку.*

14. Станкевич Г.М., **Валентюк Н.О.** Визначення посівних якостей зерна амаранту в залежності від способу та умов сушіння // Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва: Зб. матеріалів міжнарод. науково-практич. Конференції, 20-21 вересня 2018 р. Одеса, 2018. С.55-56. *Внесок здобувача: проведено сушіння насіннєвого матеріалу амаранту різними способами. Визначено вплив способів та режимів сушіння на схожість та енергію проростання амаранту. Підготовлено матеріали до друку.*