e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

CLUSTER MODEL FOR POTATO PRODUCT MANUFACTURING: RAW MATERIALS, TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND EQUIPMENT

I. Dudarev*

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES
АСМ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Key words:
potatoes,
potato production,
potato processing,
potato product technology,
potato storage

Article history:
Received 19.09.2026
Reviewed 01.10.2026
Approved 30.10.2026

****Corresponding author:***
i_dudarev@ukr.net

ABSTRACT

Potatoes are an important food crop with high nutritional value and are cultivated in most countries worldwide. Potatoes are also a valuable raw material for the industrial production of a wide range of food products and semi-finished products, including potato chips, dehydrated mashed potatoes, alcohol, starch, breakfast cereals, snacks, and frozen potato products. The efficient of potato processing largely depends on the suitability of raw materials for the technological requirements of processing facilities, the rational selection of processing methods, the availability of modern equipment, and effective coordination between agricultural producers and manufactures of finished products. This study identifies the main directions of industrial potato processing and classifies the corresponding technological operations. It also determines the equipment required for different processing applications and establishes the key quality and technological requirements for potato raw materials. These findings provide a basis for developing an integrated production system aimed at the efficient use of raw materials, technical capabilities, scientific expertise, and human resources. The study substantiates the feasibility of adopting a cluster-based approach to the production of various potato products. This approach involves coordinating the activities of agricultural producers, processing enterprises, research institutions, educational and advisory centres, suppliers of agricultural machinery and processing equipment, and other stakeholders within the production infrastructure. Such a model facilitates the alignment of potato production volumes and quality with the requirements of processing enterprises, promotes the adoption of modern technologies and the dissemination of innovations, and enhances resource-use efficiency. The establishment of raw material hubs is also proposed. These hubs would receive, accumulate, store, and consolidate potato batches supplied by different farms in accordance with the quality and processing requirements of food manufacturers. Furthermore, a method is proposed for determining the optimal locations of raw material hubs and processing enterprises based on potato production volumes and the geographical distribution of agricultural producers.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2339

To cite this article:
Dudarev, I. (2026). Cluster model for potato product manufacturing: Raw materials, technological processes, and equipment. *Agricultural Machines*, *52*, 131–140. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2339

e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

УДК 664.83:633.491

КЛАСТЕРНА МОДЕЛЬ ВИРОБНИЦТВА КАРТОПЛЕПРОДУКТІВ: СИРОВИНА, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

І.М. Дударєв*
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Ключові слова:
картопля,
виробництво картоплі,
перероблення картоплі,
технологія картоплепродуктів,
зберігання картоплі

Історія публікації:
Отримано 19.09.2026
Прорецензовано 01.10.2026
Затверджено до друку 30.10.2026

****Автор для листування:***
i_dudarev@ukr.net

АНОТАЦІЯ

Картопля – це важлива продовольча культура, що має високу поживну цінність. Картоплю вирощують у переважній більшості країн світу. Картопля є цінною сировиною для промислового виробництва широкого асортименту харчових продуктів та напівфабрикатів, зокрема чипсів, сухого картопляного пюре, спирту, крохмалю, сухих сніданків, снеків, заморожених напівфабрикатів тощо. Ефективність виробництва картоплепродуктів переважно залежить від відповідності сировини технологічним вимогам переробних підприємств, раціонального вибору технологічних процесів, забезпеченості сучасним обладнанням та узгодженої взаємодії агровиробників з виробниками кінцевого продукту. Визначені основні напрями промислового перероблення картоплі, що дозволило згрупувати технологічні операції для перероблення картоплі, визначити необхідне технологічне обладнання та основні вимоги до якості і технологічних характеристик сировини. Як результат, визначено передумови формування інтегрованої системи виробництва, орієнтованої на ефективне використання сировинних, технічних, наукових і кадрових ресурсів. Обґрунтовано доцільність застосування кластерного підходу до організації виробництва різних продуктів з картоплі, що передбачає координування діяльності агровиробників, переробних підприємств, наукових установ, навчально-консультаційних центрів, постачальників техніки, технологічного обладнання та інших учасників виробничої інфраструктури. Така модель створює передумови для узгодження обсягів і якості вирощування картоплі з потребами переробних підприємств, упровадження сучасних технологій, поширення інновацій та підвищення ефективності використання ресурсів. Також запропоновано організувати сировинні хаби, призначені для приймання, накопичення, зберігання та формування партій картоплі, що надходять з різних господарств, відповідно до вимог виробників харчових продуктів. Запропоновано метод визначення раціонального розташування таких хабів та переробних підприємств на основі обсягів виробництва картоплі агропідприємствами і їх розташування.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2339

Цитувати цю статтю:
Дударєв, І. М. (2026). Кластерна модель виробництва картоплепродуктів: сировина, технологічні процеси та обладнання. *Сільськогосподарські машини*, *52*, 131–140. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2339

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших продовольчих культур у світі завдяки своїй широкій адаптивності та високій харчовій цінності (*Hu et. al., 2025*). Завдяки високій врожайності картоплю вирощують у понад 125 країнах, причому у багатьох країнах картоплю вважають основною культурою для досягнення продовольчої безпеки (*Wang & Su, 2024*). За статистичними даними 2023 року, найбільшими країнами-виробниками картоплі були Китай (4571 тис га, 93,49 млн т), Індія (2332 тис га, 60,14 млн т), США (388 тис га, 19,99 млн т), Німеччина (264 тис га, 11,60 млн т) та Франція (204 тис га, 8,60 млн т) (*Hu et. al., 2025*). Очікуваний обсяг виробництва картоплі в Китаї, Індії та США у 2027 році становитиме, відповідно, 100,41, 61,88 та 18,22 млн т (*Mishra et al., 2024*).

Картоплю переважно використовують у домашній кулінарії або у закладах громадського харчування. Близько 50% світового виробництва картоплі переробляють на чипси, картоплю фрі, крохмаль, пюре тощо (**рис. 1**), причому перероблення картоплі спричиняє утворення значної кількості відходів (шкірки) – 15–40% від початкової маси (*Vescovo et al., 2025*). Більшість цих відходів утилізують на звалищах або використовують як корм для тварин з низькою доданою вартістю у виробничому ланцюжку. Однак, розроблені технології використання відходів перероблення картоплі як біомаси для виробництва енергії та біогазу (*Sampaio et al., 2020*).

Картопля забезпечує організм людини основними поживними речовинами, зокрема, вуглеводами, харчовими волокнами (у шкірці), вітамінами (B_3, B_6 та C) і мінеральними речовинами (калій, магній, залізо), а кольорова картопля – ще й *β*-каротином та поліфенолами (*Zaheer & Akhtar, 2016*). Картопляні білки є високоякісними та не містять алергенів, що забезпечує їхні харчові та функціональні переваги (*Bhutto et al., 2024*). У багатьох розвинених країнах щоденне споживання картоплі дорослою людиною варіює в межах 102– 181 г (*Xu et al., 2023*).



Рис. 1 – Основні напрями промислового перероблення картоплі
Джерело: розроблено автором.

У виробництві картоплі однією із найважливіших технологічних операцій є садіння, що впливає на ефективність виробництва та урожайність. Для механізованого садіння картоплі, догляду за рослинами та збирання уражаю розроблено комплекс високопродуктивних машин різного типу (*Zhou et al., 2022*). Основними причинами низької врожайності картоплі є дефіцит якісної насіннєвої картоплі, низький рівень впровадження високопродуктивних сортів, недотримання необхідних агротехнологічних заходів, застарілі технічні засоби, хвороби та шкідники, висока вартість виробничих ресурсів, неналежне післязбиральне оброблення та зберігання, нестабільні кліматичні умови (*Muthoni & Shimelis, 2023*). На врожайність картоплі особливо впливає зміна кліматичних умов, зокрема зміна температури, кількості опадів, а також посухи та заморозки. Водночас, виробництво

картоплі має менший вуглецевий слід, а її вирощування вимагає менше води порівняно з іншими культурами (*Adekanmbi et al., 2024*). Висока температура у більшості випадків затримує утворення бульб, причому утворення бульб зрідка проходить за температури понад 30ºС. Переважно, картоплю вирощують у країнах з температурою 15–18ºС та достатньою кількістю опадів або зрошення протягом вегетаційного періоду (*Waheed et al., 2023*). Важливо також, щоб сорти картоплі були адаптовані до нових умов вирощування (*Myronova et al., 2023*). Ефективність виробництва картоплі залежить не лише від дотримання агротехнологічних вимог та застосування сучасних технічних засобів, а й від організування подальших етапів її зберігання, транспортування та перероблення.

Картопля без належних умов зберігання швидко втрачає якість та масу (*Zhang et al., 2024*), тому важливого значення набуває формування регіональних кластерів з перероблення картоплі поблизу основних зон її вирощування. Такий підхід дозволить зменшити відстані транспортування сировини, логістичні витрати та втрати продукції, а також забезпечити ефективніше використання виробничих ресурсів. Інтегрування сільськогосподарських виробників, підприємств зі зберігання картоплі, переробних потужностей і постачальників необхідної техніки й додаткової сировини в межах єдиної кластерної системи створить передумови для підвищення доданої вартості картоплепродуктів та розвитку регіональної економіки.

Мета дослідження – обґрунтування кластерної моделі виробництва картоплепродуктів на основі комплексного аналізу сировини, технологічних процесів та обладнання, необхідних для їх реалізування.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методологічною основою дослідження був аналіз наукової літератури, опублікованої у виданнях, що індексовані міжнародними наукометричними базами Scopus, Web of Science та Google Scholar, з використанням ключових слів: potato, potato cultivation, potato nutritional value, potato storage, potato processing, potato processing equipment, potato cluster. Технологічний аналіз використано для визначення послідовності операцій перероблення картоплі та необхідного обладнання, а графічне моделювання – для розроблення структурної схеми кластерної моделі виробництва продуктів з картоплі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для отримання якісної та безпечної сировини, придатної для перероблення на картоплепродукти, агровиробники мають тісно співпрацювати з переробними підприємствами, оскільки саме виробники картоплепродуктів визначають вимоги до якості та безпечності сировини. На формування врожаю якісної та безпечної картоплі, призначеної для промислового перероблення, впливають такі основні чинники: сорт картоплі, природно-кліматичні умови вирощування картоплі, технологія та технічне забезпечення вирощування картоплі, технологія та технічне забезпечення збирання урожаю, транспортування урожаю, умови та тривалість зберігання урожаю. За основними показниками якості та безпечності картопля має відповідати вимогам державних стандартів ДСТУ 9221:2023 «Картопля продовольча. Технічні умови» та ДСТУ 4993:2008 «Картопля для промислового переробляння. Технічні умови». Водночас виробники харчових продуктів можуть висувати додаткові вимоги до сировини залежно від виду продукції та особливостей технологічного процесу її виробництва. Наприклад, до бульб картоплі, призначеної для виробництва чипсів, можуть висуватися такі додаткові вимоги: вміст сухих речовин – 20,6–24,5%; вміст крохмалю – 16–18%; вміст редукуючих цукрів – не більше ніж 0,2–0,4%; форма бульб – округла або округло-овальна; кількість вічок – мінімальна; глибина залягання вічок – незначна; забарвлення м’якоті бульб – біле чи ясно-жовте; шкірка – тонка та гладка, але досить щільна для захисту бульб від несприятливих зовнішніх впливів; високі смакові якості, що забезпечують належні органолептичні властивості готової продукції; недопустимі бульби підморожені та уражені сільськогосподарськими шкідниками й хворобами; стабільні показники якості сировини незалежно від сезону перероблення (*Дударєв та Кузьмін, 2023*). Дотримання зазначених вимог сприяє зменшенню втрат сировини, забезпеченню стабільності технологічного процесу та отриманню продукції високої якості.

Перероблення картоплі дозволяє отримати продукцію з різними функціональними характеристиками, термінами зберігання та напрямами використання – від готових до споживання

снеків до крохмалю. Таке диверсифікування виробництва сприяє раціональному використанню сировинних ресурсів, зменшенню втрат під час перероблення та підвищенню економічної ефективності діяльності підприємств. Кожна група продуктів має спеціальні вимоги до органолептичних і фізико-хімічних показників, а також до показників безпечності, пакування та умов зберігання.

Вимоги до готової продукції визначені у державних стандартах, зокрема: ДСТУ 4608:2006 «Чипси і снеки картопляні. Загальні технічні умови», ДСТУ 4286:2004 «Крохмаль картопляний. Технічні умови», ДСТУ 4498:2005 «Патока крохмальна. Технічні умови»; ДСТУ 8643:2016 «Картопля сушена. Технічні умови», ДСТУ 2903:2005 «Концентрати харчові. Сніданки сухі. Загальні технічні умови», ДСТУ 4901:2007 «Напівфабрикати овочеві пюреподібні швидкозаморожені. Технічні умови».

У домашній кулінарії та закладах громадського харчування для приготування страв зі свіжозібраних бульб обов'язково проводять їх миття. Після цього бульби переважно очищають та нарізають, а згодом варять, іноді розминають, смажать або запікають і споживають у такому стані (*Haverkort et al., 2023*). Кип'ятіння, випікання, мікрохвильове оброблення та смаження спричиняють розщеплення крохмалю, що у бульбах перебуває в *β*-кристалічній формі, стійкій до розщеплення амілазою (*Saini et al., 2023*). Гідротермічне оброблення спричиняє порушення кристалічності, що робить картоплю легше засвоюваною. Однак смаження, сушіння та випікання картоплі спричиняє втрати різних фітонутрієнтів та порушує структуру цілісність продукту. Подібні технологічні операції, лише у більших масштабах, проводять на харчових підприємствах для отримання готового продукту чи напівфабрикату.

Технологічні процеси перероблення бульб картоплі під час виробництва різних продуктів можна згрупувати за їхнім призначенням: процеси підготовлення сировини, процеси механічного оброблення сировини, процеси термічного оброблення сировини, процеси розділення компонентів, процеси формування готового продукту, процеси стабілізування готового продукту, процеси фасування і пакування готового продукту. Підготовчі процеси охоплюють зберігання, сортування, інспектування, попереднє замочування, миття й очищення бульб картоплі. Очищення бульб може проходити у різний спосіб: парою, щіткою, абразивними матеріалами, різанням, агресивними методами (із використанням лугу, розсолу, полум'я) (*Haverkort et al., 2023*). Механічне оброблення полягає у нарізанні, подрібненні та протиранні бульб картоплі або напівфабрикатів з них. Термічне оброблення містить операції бланшування, варіння, обсмажування, сушіння, пастеризування та стерилізування. Способи сушіння, що застосовують для картоплі та напівфабрикатів із неї: конвекційне сушіння, сублімаційне сушіння, вакуумне сушіння, мікрохвильове сушіння, кондуктивне сушіння, розпилювальне сушіння. Для отримання картопляного крохмалю застосовують процеси подрібнення бульб, промивання, концентрування та зневоднення. У виробництві крохмальної патоки проводять гідроліз крохмалю та концентрування сиропу. Завершальні операції технологічного процесу охоплюють охолодження, заморожування, фасування, пакування та маркування готової продукції.

Вибір технологічного обладнання для перероблення картоплі залежить від виду готової продукції, властивостей сировини, послідовності технологічних операцій та заданих якісних показників продукту. Для виробництва картоплепродуктів застосовують обладнання для зберігання, підготовлення сировини, механічного оброблення, теплового оброблення, охолодження, заморожування, фасування та пакування. Склад і компонування технологічних ліній залежить від специфіки виробництва.

Для зберігання картоплі використовують спеціалізовані сховища, оснащені системами вентилювання, контролювання температури та вологості повітря. Таке обладнання забезпечує відведення тепла, видалення надлишкової вологи та підтримання умов, необхідних для збереження технологічних властивостей бульб. Особливо важливим контроль умов зберігання є для картоплі, призначеної для виробництва чипсів і картоплі фрі, оскільки зміни вмісту редукуючих цукрів можуть впливати на забарвлення готової продукції під час обсмажування. Оптимальна температура для зберігання картоплі залежить від подальшого її використання: для споживання у свіжому вигляді – 2–4ºС, для виробництва чипсів – 4–5ºС, для виробництва картоплі фрі – 7–10ºС, для виробництва гранульованого картопляного пюре – 5–7ºС (*Zhang et al., 2024*). Причому за температури 5ºС картопля зберігає свої властивості до 6 місяців, за температури 10ºС – до 3–4 місяців, а за температури 15–20ºС – лише 2–3 місяця (*Zhang et al., 2024*).

На початковому етапі перероблення застосовують обладнання для приймання, калібрування, сортування, інспектування, миття та очищення бульб. Калібрувальні машини забезпечують розподіл сировини за розміром, а інспекційні конвеєри дозволяють відокремлювати пошкоджені, уражені хворобами та непридатні для перероблення бульби. Мийні машини використовують для відокремлення ґрунту та сторонніх домішок, а картоплечистки – для механічного, абразивного або парового очищення. Наступне технологічне обладнання у лінії залежить від продукту, що виробляють. Наприклад, у виробництві чипсів після миття й очищення картоплю подають на різання, тоді як у виробництві крохмалю підготовлені бульби спрямовують на подрібнення для вивільнення крохмальних гранул. Для переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції між технологічними операціями застосовують стрічкові, роликові, шнекові, скребкові та інші конвеєри, а також насоси й гідротранспортні системи. Застосування транспортного обладнання забезпечує безперервність виробничого процесу, узгодження продуктивності окремих машин і зменшення ручної праці. Механічне оброблення картоплі проводять за допомогою різальних машин, слайсерів, подрібнювачів, терок та млинів.

Важливу групу складає обладнання для теплового оброблення: бланшувачі, варильні котли, парові установки, сушарки та фритюрниці. Бланшувачі використовують для короткочасного оброблення скибочок картоплі гарячою водою чи парою, зокрема для зменшення активності ферментів і підготовлення сировини до подальшого сушіння або обсмажування. Дослідження демонструють, що режим обсмажування впливає на вологість, вміст жиру, колір, текстуру та мікроструктуру картопляних виробів (*Pedreschi, 2012*).

Окреме місце займає обладнання для охолодження та заморожування напівфабрикатів або продуктів. Охолоджувальні конвеєри й камери використовують для зниження температури, наприклад, готових чипсів перед пакуванням, а морозильні апарати та низькотемпературні камери – для виробництва й зберігання швидкозаморожених картопляних напівфабрикатів. Для збереження якості такої продукції необхідно забезпечувати стабільність температурного режиму під час зберігання та транспортування.

Завершальним етапом технологічного процесу є пакування готової продукції. Для цього використовують дозатори, вагові фасувальні машини, пакувальні автомати, обладнання для герметичного запаювання та маркування. Тип паковання вибирають з урахуванням чутливості продукту до вологи, кисню, світла й механічного пошкодження. Наприклад, чипси фасують у паковання з належними бар'єрними властивостями, щоб зберегти хрусткість і запобігти окисненню жиру, сухе картопляне пюре – у стаканчики з полістиролу (PS), поліпропілену (PP), поліетилентерефталату (PET) та мультишарові стаканчики (PS/PE або PP/EVOH/PP), тоді як крохмаль може фасуватися в мішки. Отже, технологічні лінії для перероблення картоплі формують із взаємопов'язаних груп обладнання, склад яких залежить від виду готової продукції та необхідних параметрів технологічного процесу.

Для забезпечення комплексного й ефективного використання сировини, матеріально-технічних, трудових, наукових та інших ресурсів доцільно формувати територіально інтегровані кластери з вирощування, зберігання та перероблення картоплі на різні види харчових продуктів і напівфабрикатів. Формування таких кластерів доцільне передусім у зонах інтенсивного вирощування картоплі, що дозволить сформувати стабільну сировинну базу, оптимізувати логістичні процеси, зменшити сукупні виробничі витрати та забезпечити безперебійне функціонування переробних потужностей.

Відповідно до запропонованої організаційно-функціональної моделі (**рис. 2**), до основних структурних елементів кластера належать агровиробники картоплі, хаби основної сировини, переробні підприємства, постачальники матеріально-технічних ресурсів, навчально-консультаційний центр і науковий центр. Їхня взаємодія ґрунтується на координуванні виробничих, логістичних, технологічних, освітніх та науково-дослідних процесів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування всього кластера.

Базовою ланкою кластера є агровиробники, що забезпечують вирощування картоплі та формують сировинну базу для її подальшого промислового перероблення. Залежно від спеціалізації переробних підприємств агровиробники мають орієнтуватися на вирощування сортів картоплі з відповідними технологічними характеристиками, зокрема за вмістом сухих речовин і крохмалю, структурою м'якоті, кулінарними властивостями та придатністю до конкретних способів перероблення. Узгодження

сортового складу, обсягів виробництва, строків збирання й показників якості сировини з потребами переробних підприємств є важливою передумовою стабільного виробництва конкурентоспроможної картоплепродукції.

Важливим структурним елементом кластеру є хаби основної сировини, що призначені для приймання, сортування, за потреби калібрування та тривалого зберігання картоплі. У межах території обслуговування кластера доцільно створювати декілька хабів сировини. Їхні потужності мають визначатися з урахуванням площ вирощування картоплі в зоні обслуговування кластера, сезонності надходження сировини, потреб переробних підприємств, тривалості виробничого циклу та нормативних умов зберігання. Сукупний обсяг складських потужностей повинен забезпечувати формування необхідних запасів сировини для безперебійного функціонування переробних підприємств упродовж запланованого періоду. Розташування хабів має забезпечувати їх зручне транспортне сполучення з агровиробниками та переробними підприємствами з мінімальними логістичними витратами. Водночас розташування хабів має враховувати концентрацію агровиробників, стан дорожньої інфраструктури та доступність енергетичних ресурсів. Від ефективності функціонування цієї ланки залежить ритмічність постачання сировини на переробні підприємства відповідно до виробничих графіків.



Рис. 2 – Кластерна модель виробництва картоплепродуктів
Джерело: розроблено автором.

Одне з основних місць у кластері належить переробному підприємству, що переробляє картоплю на харчові продукти чи напівфабрикати. Залежно від масштабів діяльності, доступності сировини, асортименту продукції, ринкового попиту та інвестиційних можливостей кластер може містити одне або декілька переробних підприємств. Вони можуть спеціалізуватися на виробництві окремих видів продукції, наприклад, сухого картопляного пюре, картопляного крохмалю, заморожених картоплепродуктів, сушеної картоплі чи напівфабрикатів для закладів громадського харчування, або забезпечувати широкий асортимент продукції. У випадку широкого асортименту продукції буде забезпечено диверсифікування виробництва, розширення ринків збуту та зменшено залежність кластера від коливань попиту на окремі види продукції.

Спеціалізування переробних підприємств визначають з урахуванням характеристик сировини, технологічних можливостей виробництва, потреб цільових сегментів ринку та економічної доцільності використання обладнання. У випадку кількох переробних підприємств, у межах кластеру необхідно

забезпечити ефективне координування їхньої виробничої діяльності, зокрема шляхом розподілення обсягів сировини і видів продуктів, що необхідно виробляти. Важливим також є забезпечення в межах кластеру комплексного використання картоплі, зменшення частки відходів і залучення побічних продуктів перероблення до подальшого використання за умови забезпечення належних технологічних і санітарних вимог до виробництва безпечної продукції.

Важливим компонентом кластерної моделі є постачальники матеріально-технічних ресурсів, що забезпечують агровиробників, хаби та переробні підприємства необхідними засобами виробництва. До цієї групи належать постачальники сільськогосподарської техніки, обладнання для зберігання картоплі, переробних ліній, добрив, засобів захисту рослин, посадкового матеріалу, пакувальних матеріалів та інших ресурсів, необхідних для функціонування кластера. Особливе значення має постачання безпечної додаткової сировини й допоміжних матеріалів, що використовують у виробництві конкретних видів картоплепродукції. Взаємодія з цією групою суб'єктів дозволить своєчасно забезпечувати виробничі потреби, упроваджувати сучасні технічні рішення та підвищувати ресурсну ефективність.

Для координування виробничої діяльності, поширення інновацій і підвищення професійної компетентності учасників у структурі кластера передбачено навчально-консультаційний центр. Його основними функціями мають бути надання консультацій агровиробникам і переробним підприємствам, підготовлення рекомендацій щодо впровадження перспективних сортів картоплі, удосконалення технологій її вирощування, збирання, транспортування та зберігання, а також застосування сучасних способів перероблення й контролю якості готової продукції. Центр також може організовувати навчальні заходи, семінари, тренінги та курси підвищення кваліфікації для працівників підприємств кластера.

Особливістю запропонованої моделі є використання навчально-консультаційного центру як сполучної ланки між науковим центром та іншими учасниками кластера. Таке організування роботи забезпечуватиме передавання результатів наукових досліджень безпосередньо виробникам і переробникам картоплі, адаптування науково обґрунтованих рекомендацій до практичних умов господарювання та поширення передового виробничого досвіду. Водночас зворотний зв'язок від агровиробників, хабів і переробних підприємств дозволить визначити актуальні технологічні проблеми та формувати запити на подальші дослідження.

Науковий центр у структурі кластера виконуватиме функцію науково-дослідного й інноваційного забезпечення всього виробничого циклу – від вирощування картоплі до одержання готової продукції. До напрямів його діяльності належатимуть дослідження сортових і технологічних характеристик картоплі, розроблення та вдосконалення технологій вирощування, збирання й зберігання сировини, оптимізування режимів її промислового перероблення, розроблення нових видів картоплепродукції та підвищення їхньої якості. Під час функціонування центру особливу увагу доцільно звернути на зменшення втрат сировини у виробничому процесі, підвищення енергоефективності виробництва, раціонального використання водних і інших ресурсів, а також пошуку можливостей залучення побічних продуктів перероблення до виробничого циклу. За необхідності у науковому центрі можуть бути реалізовані дослідницькі проєкти із залученням виробничих підприємств кластера та інших наукових установ. Науковий центр може функціонувати на базі закладу вищої освіти, науково-дослідної установи або як спеціалізований структурний підрозділ, створений на засадах партнерства між учасниками кластера.

У випадку застосування кластерної моделі важливо правильно з огляду на логістичні витрати розташувати на місцевості хаби сировини відносно агровиробників та переробне підприємство відносно хабів сировини. Для розв'язання цієї задачі доцільно застосовувати метод центру ваги. Розглянемо задачу визначення раціонального розташування хабу сировини на місцевості, де розташовано шість агропідприємств з виробництва картоплі. Координати розташування підприємств на місцевості та річний обсяг виробництва картоплі у них подані в **таблиці** (усі дані вигадані для демонстрування застосування методу). Необхідно знайти такі координати хабу картоплі для цих агровиробників, щоб мінімізувати сумарні транспортні витрати.

Таблиця – Координати розташування агропідприємств та річний обсяг виробництва картоплі

Агровиробник	x_i, км	y_i, км	Річний обсяг виробництва картоплі Q_i, т/рік
А	3	5	3600
Б	12	20	4850
В	8	18	7200
Г	1	7	3850
Д	15	3	5120
Е	14	2	4200

Джерело: розроблено автором.

Координати раціонального розташування хабу сировини визначимо як середньозважені координати виробників за виразами:

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i Q_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i} \text{ та } y^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i Q_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i}, \quad (1)$$

де x^* та y^* – обчислені координати розташування хабу сировини, км;

x_i та y_i – координати розташування i-го агропідприємства (виробника картоплі), км;

Q_i – річний обсяг виробництва картоплі i-им агропідприємством, т/рік;

n – кількість агропідприємств, що постачають картоплю у хаб для зберігання.

Після проведених обчислень отримали раціональні координати розташування хабу сировини відносно агропідприємств з урахуванням обсягів виробництва картоплі: x^* = 9,23 км, y^* = 10,25 км. Графічне інтерпретування розв'язку задачі подано на **рис. 3**. Необхідно зауважити, що ці координати були отримані за низки припущень. Для остаточно вибору розташування хабу сировини необхідно врахувати мережу доріг, транспортні витрати, вартість ділянки під будівництво, можливість підведення електромережі тощо.

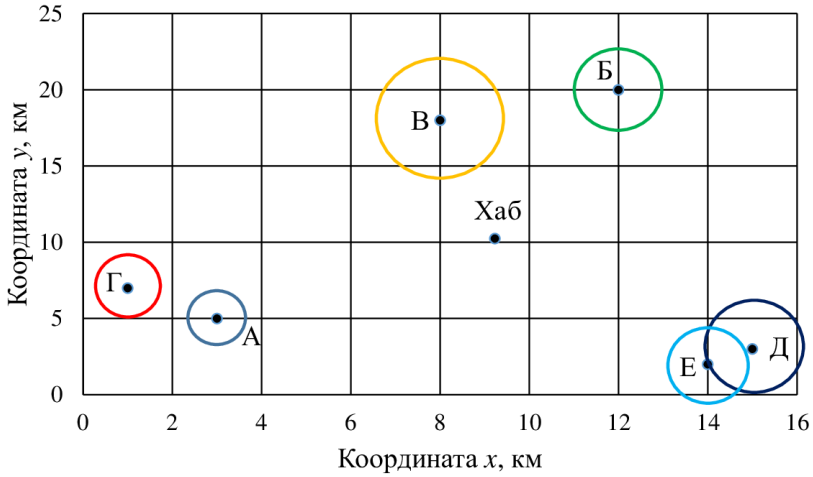


Рис. 3 – Графічна інтерпретування розв'язку задачі із визначення раціонального розташування хабу сировини відносно агропідприємств (діаметр кіл на графіку характеризує річний обсяг виробництва картоплі в господарстві)

Джерело: розроблено автором.

За аналогічною методикою можна визначити раціональні координати розташування переробного підприємства відносно хабів сировини. У цьому випадку в якості параметра Q_i (т/міс) доцільно обрати середньомісячний обсяг картоплі, що постачають з i-го хабу на переробне підприємство.

ВИСНОВКИ

Запропонована організаційно-функціональна структура кластера з вирощування та перероблення картоплі передбачає поєднання виробничої, логістичної, постачальницької, освітньо-консультаційної та науково-дослідної складових. Їхня узгоджена взаємодія створюватиме організаційні передумови для

стабільного забезпечення переробних підприємств якісною сировиною, скорочення транспортних і складських витрат, підвищення ефективності використання виробничих потужностей, розширення асортименту картоплепродукції та прискорення впровадження інновацій. Реалізування такого підходу сприятиме посиленню кооперації між сільськогосподарськими виробниками, переробними підприємствами, постачальникам ресурсів і науково-освітніми установами, а також підвищенню конкурентоспроможності учасників кластера та розвитку територій, на яких він функціонує. Запропоновано також методику визначення координат раціонального розташування хабів сировини відносно агропідприємств та переробного підприємства відносно хабів сировини.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Дударєв, І. М., & Кузьмін, О. В. *Чипси з рослинної сировини*: монографія. Одеса: Олді+, 2023. 224 с.

Adekanmbi, T., Wang, X., Basheer, S., Liu, S., Yang, A., & Cheng, H. (2024). Climate change impacts on global potato yields: A review. *Environmental Research: Climate*, *3*(1), 012001. https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad0e13

Bhutto, R. A., Khanal, S., Wang, M., Iqbal, S., Fan, Y., & Yi, J. (2024). Potato protein as an emerging high-quality: Source, extraction, purification, properties (functional, nutritional, physicochemical, and processing), applications, and challenges using potato protein. *Food Hydrocolloids*, *157*, 110415. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110415

Haverkort, A.J., Linnemann, A.R., Struik, P.C., & Wiskerke, J. S. C. (2023). On processing potato 2. Survey of products, processes and operations in manufacturing. *Potato Research*, *66*, 339-383. https://doi.org/10.1007/s11540-022-09563-y

Hu, X., Jiang, H., Liu, Z., Gao, M., Liu, G., Tian, S., & Zeng, F. (2025). The global potato-processing industry: A review of production, products, quality and sustainability. *Foods*, *14*(10), 1758. https://doi.org/10.3390/foods14101758

Mishra, P., Alhussan, A. A., Khafaga, D. S., Lal, P., Ray, S., Abotaleb, M., Alakkari, K., Eid, M.M., & El-Kenawy, E. S. M. (2024). Forecasting production of potato for a sustainable future: Global market analysis. *Potato Research*, *67*(4), 1671-1690. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09717-0

Muthoni, J., & Shimelis, H. (2023). An overview of potato production in Africa. *Potato Production Worldwide*, 435-456. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822925-5.00020-7

Myronova, H., Tymoshchuk, T., Voloshyna, O., Mazur, O., & Mazur, O. (2023). Formation of seed potato yield depending on the elements of cultivation technology. *Scientific Horizons*, *26*(2), 19-30. https://doi.org/10.48077/scihor.26(2).2023.19-30

Pedreschi, F. (2012). Frying of potatoes: Physical, chemical, and microstructural changes. *Drying Technology*, *30*(7), 707-725. https://doi.org/10.1080/07373937.2012.663845

Saini, R., Kaur, S., Aggarwal, P., Dhiman, A., & Suthar, P. (2023). Conventional and emerging innovative processing technologies for quality processing of potato and potato-based products: A review. *Food Control*, *153*, 109933. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109933

Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *103*, 118-129. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015

Vescovo, D., Manetti, C., Ruggieri, R., Spizzirri, U. G., Aiello, F., Martuscelli, M., & Restuccia, D. (2025). The valorization of potato peels as a functional ingredient in the food industry: A comprehensive review. *Foods*, *14*(8), 1333. https://doi.org/10.3390/foods14081333

Waheed, A., Li, C., Muhammad, M., Ahmad, M., Khan, K. A., Ghramh, H. A., Wang, Z., & Zhang, D. (2023). Sustainable potato growth under straw mulching practices. *Sustainability*, *15*(13), 10442. https://doi.org/10.3390/su151310442

Wang, R.-F., & Su, W.-H. (2024). The application of deep learning in the whole potato production chain: A comprehensive review. *Agriculture*, *14*(8), 1225. https://doi.org/10.3390/agriculture14081225

Xu, J., Li, Y., Kaur, L., Singh, J., & Zeng, F. (2023). Functional food based on potato. *Foods*, *12*(11), 2145. https://doi.org/10.3390/foods12112145

Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2016). Potato production, usage, and nutrition – A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(5), 711–721. https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479

Zhang, S., Wang, X., Kinay, P., & Dau, Q. (2024). Climate change impacts on potato storage. *Foods*, *13*(7), 1119. https://doi.org/10.3390/foods13071119

Zhou, B., Li, Y., Zhang, C., Cao, L., Li, C., Xie, S., & Niu, Q. (2022). Potato planter and planting technology: A review of recent developments. *Agriculture*, *12*(10), 1600. https://doi.org/10.3390/agriculture12101600