

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ШПАК ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 656.073.21/.23–048.78:[631.24:656.013]:631.563(043.3)

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПУСКНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА
ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНОВИХ ТЕРМІНАЛАХ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2021

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису
Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: – доктор технічних наук, професор
Станкевич Георгій Миколайович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технології зберігання зерна, професор кафедри.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор
Дударєв Ігор Миколайович,
Луцький національний технічний університет,
кафедра технологій і обладнання переробних виробництв,
професор кафедри;

– доктор технічних наук,
Верещинський Олександр Павлович,
радник з науково-технічної політики та розвитку
ТОВ «ОЛИС».

Захист відбудеться *20 квітня 2021 р. о 13³⁰* годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112, ауд. А-234.

Автореферат розіслано *20 березня 2021 року*.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук, доцент



Т. І. Нікітчина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Рівень життя населення і харчова безпека країни у значно залежать від стану і темпів розвитку агропромислового комплексу, зокрема його зернового виробництва. Україна може не тільки задовольняти свої потреби в зерні, але й конкурувати на світовому ринку. Вона й нині залишається одною з найбільших виробників та експортерів зерна.

Останнім часом у портах України побудовано і будуються сучасні зернові термінали для приймання, накопичення, формування експортних партій зерна та відвантаження їх на судна. Однак питанням удосконалення технологічних процесів зернових терміналів приділяється мало уваги.

Недостатньо прогнозовані тенденції щорічних коливань якості зерна та обсягів його експорту, мало обґрунтовані співвідношення необхідної місткості силосів на підприємствах, недостатньо досліджені питання формування великих суднових партій зерна контрактної якості.

Нестабільність клімату, коливання врожайності й виробництва зерна, мінливість законодавчої бази у зерновій галузі, ускладнюють прогнозування термінів зберігання зерна у крупнотоннажних металевих силосах зернових терміналів, розташованих на морських узбережжях зі значними коливаннями температури і вологості повітря. Недостатньо інформації щодо перебігу добових та сезонних температурних коливань зерна у таких силосах, відсутня нормативна документація (правила, інструкції, рекомендації) зі зберігання у них зерна.

Технічна база автомобільного та залізничного транспорту, що доставляє зерно на зернові термінали, постійно удосконалюється. Введені обмеження на вагу вантажного автотранспорту вносить певні проблеми з накопиченням на зернових терміналах однорідних за якістю партій зерна у великих обсягах. Недостатньо також вивчені закономірності динаміки надходження зерна на зернові термінали, відсутні фактичні значення тривалості виконання окремих етапів приймання зерна з різних видів транспорту та коефіцієнтів нерівномірності надходження зерна, які необхідні для обґрунтування продуктивності технологічних ліній зернових терміналів. Існують певні проблеми з формуванням оптимального складу та забезпеченням однорідності великовантажних суднових партій зерна.

Практично не приділяється увага аналізу зовнішньої і внутрішньої роботи зернових терміналів за коефіцієнтами інтенсивного і екстенсивного використання основних норій на зернових терміналах, що не дозволяє науково обґрунтувати шляхи підвищення ефективності їх роботи.

Все вище зазначене, дозволило сформулювати мету дисертаційної роботи та визначити основні завдання необхідних теоретично-експериментальних наукових досліджень

Таким чином, актуальними є питання, які присвячені удосконаленню приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології зберігання зерна ОНАХТ «Підвищення ефективності технологічних процесів в елеваторній промисловості».

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є удосконалення технології приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах, що дозволить підвищити якість та ефективність відвантаження суднових партій зерна за вимогами контрактів на зернових терміналах.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- встановити кількісно-якісні характеристики зерна, що надходить на зернові термінали автомобільним транспортом та залізницею;
- дослідити процес формування зернових мас з автомобільних і залізничних партій у силосах великого діаметру та визначити ефективність використання місткості силосів;
- дослідити температурні характеристики зерна при його накопиченні та зберіганні у силосах великого діаметру;
- дослідити динаміку приймання зернових мас автомобільним та залізничним транспортом, провести хронометраж окремих етапів надходження зерна та визначити коефіцієнти нерівномірності його надходження;
- дослідити кількісно-якісні характеристики зерна та суден, визначити тривалість окремих етапів, фактичну продуктивність відвантаження зерна на водний транспорт;
- провести оцінку однорідності формування суднових партій за різними показниками якості, обґрунтувати оптимальний склад суднових партій та порівняти розрахункові і експериментальні значення показників якості сформованих партій;
- провести графоаналітичне моделювання зовнішньої і внутрішньої роботи зернових терміналів та визначити коефіцієнти інтенсивного і екстенсивного використання основних норій;
- удосконалити технологію приймально-відпускних операцій, зберігання та формування суднових партій зерна на перевантажувальних зернових терміналах та рекомендації з її застосування у виробничих умовах;
- визначити економічну ефективність впровадження результатів роботи.

Об'єкт досліджень – технологія приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах.

Предмет досліджень – транспортно-технологічні лінії, партії зерна, технологічні операції зернових терміналів.

Методи досліджень – загальноприйняті і спеціальні математико-статистичні та графоаналітичні методи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в:

- науковому обґрунтуванні удосконаленої технології приймально-відпускних операцій та розв'язанні важливої науково-практичної проблеми підвищення ефективності відвантаження суднових партій зерна в залежності від умов експортних контрактів та підвищення ефективності використання зернових запасів зернових терміналів;
- встановленні кількісно-якісних характеристик надходження зерна різних культур на зернові термінали;

- розширенні уявлень про формування зернових мас з автомобільних і залізничних партій у силосах великого діаметру та оцінки ефективності використання місткості силосів;
- встановленні тенденцій зміни температурних характеристик зернових мас при їх накопиченні та зберіганні у силосах великого діаметру;
- встановленні закономірностей динаміки надходження зернових мас автомобільним і залізничним транспортом та визначенні тенденцій їх можливих змін у сучасних умовах роботи зернових терміналів;
- уточненні тривалості окремих етапів приймання зерна на зернових терміналах, визначенні коефіцієнтів нерівномірності надходження зерна залізницею і автотранспортом та введенні для автотранспорту поняття коефіцієнта місячної нерівномірності надходження зерна;
- встановленні кількісно-якісних характеристик зерна та суден при відвантаженні суднових партій зерна на водний транспорт;
- визначенні коефіцієнтів інтенсивного та екстенсивного використання основних норій та науковому обґрунтуванні шляхів їх підвищення.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі експериментальних та теоретичних досліджень удосконалено технологію приймально-відпускних операцій на зернових терміналах, що дозволяє підвищити коефіцієнти використання транспортного обладнання, підвищити ефективність та якість формування суднових партій зерна відповідно до експортних контрактів. Удосконалена технологія та розроблений проект рекомендацій промисловості прийняті до впровадження на зерновому терміналі ТОВ «Укрелеваторпром», та можуть бути рекомендовані до застосування на інших зернових терміналах та зернозаготівельних підприємствах, зайнятих накопичення та формуванням експортних партій зерна. Результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Зернознавство», «Технологія зберігання та сушіння зерна», «Інноваційні технології галузі з КП», «Науково-дослідна робота студентів» для студентів за спеціальністю 181 – «Харчові технології», які навчаються за навчальними планами бакалаврів та магістрів.

Особистий внесок здобувача. Автор особисто організував і здійснив аналітичні та експериментальні дослідження на зерновому терміналі ТОВ «Укрелеваторпром», провів аналіз та обробку одержаних результатів, сформував висновки і рекомендації, підготував матеріали досліджень до публікації, брав участь в апробації у промислових умовах результатів та рекомендацій роботи. Особистий внесок здобувача підтверджено наданими документами та науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях і спеціалізованих виставках: 65, 66, 67, 68, 69, 70, 76, 77, 78, 79, 80 наукових конференціях викладачів (Одеса, ОНАХТ, 2005–2010, 2016–2020); V, VI, X Міжнародних науково-практичних конференціях «Хлібопродукти-2005, -2006, -2010» (ОНАХТ, 2005, 2006, 2010); круглих столів «Інновації в переробній галузі» III, IV спеціалізованих виставках «АгроСфера», «ЗерноСфера» (Одеса, 2016, 2017); XII Міжнародній

науково-технічній конференції «Техника и технология пищевых производств» (Могилів, Білорусь, МГУП, 2018); Міжнародних науково-практичних конференцій «Технології харчових продуктів і комбікормів» (ОНАХТ, 2018, 2019).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 23 друкованих працях, з них 11 у фахових виданнях, 1 у наукометричному виданні, 3 статтях у монографіях та 8 тезах доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, основного змісту, що включає 6 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 137 найменувань (17 с.) та 6 додатків (22 с.). Основний зміст роботи викладено на 180 с., включаючи 82 рисунки та 30 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету роботи та завдання досліджень, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації, визначено особистий внесок здобувача в проведенні дослідженнях та публікаціях за темою дисертаційної роботи.

Перший розділ «Сучасний сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку зернових терміналів» містить огляд наукових літературних джерел. Наведено аналіз наукових публікацій, що стосуються технології приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах, характеристик різних видів транспорту для приймання та відпускання зерна.

Одними зі основних завдань зернових терміналів є приймання автомобільним та залізничним транспортом великих обсягів зерна різних культур, їх розміщення та, накопичення та формування однорідних за чисельними показниками якості суднових партій зерна. Вирішити ці завдання можна лише завдяки глибокому вивченню процесів, що відбуваються в зернових масах як живих об'єктах при цілеспрямованому використуванні їх технологічних властивостей при доробці, зберіганні та формуванні партій за вимогами контрактів.

На сьогодні залишаються не достатньо вивченими тенденції зміни кількісно-якісних характеристик зерна різних культур, питання розрахунків та формування за різними критеріями оптимального складу суднових партій зерна, закономірностей динаміки надходження зерна різними видами транспорту, технології відвантаження зерна, оцінки ефективності окремих технологічних операцій та функціонування зернових терміналів.

У **другому розділі** «Об'єкти та методики досліджень» сформульовано наукову проблему, обґрунтовано вибір об'єктів та напрямку досліджень, наведено методики експериментальних і теоретичних досліджень. У відповідності до задач дослідження було розроблено програму роботи, яка передбачає проведення досліджень кількісно-якісних характеристик зерна та транспортних засобів, що доставляють його на зернові термінали, особливостей формування партій зерна у силосах великого діаметра та зміни температури зерна в різних локаціях, динаміки надходження зерна автомобільним та залізничним транспортом та тенденції їх змін, хронометражу окремих етапів приймання зерна. Визначали коефіцієнти нерівно-

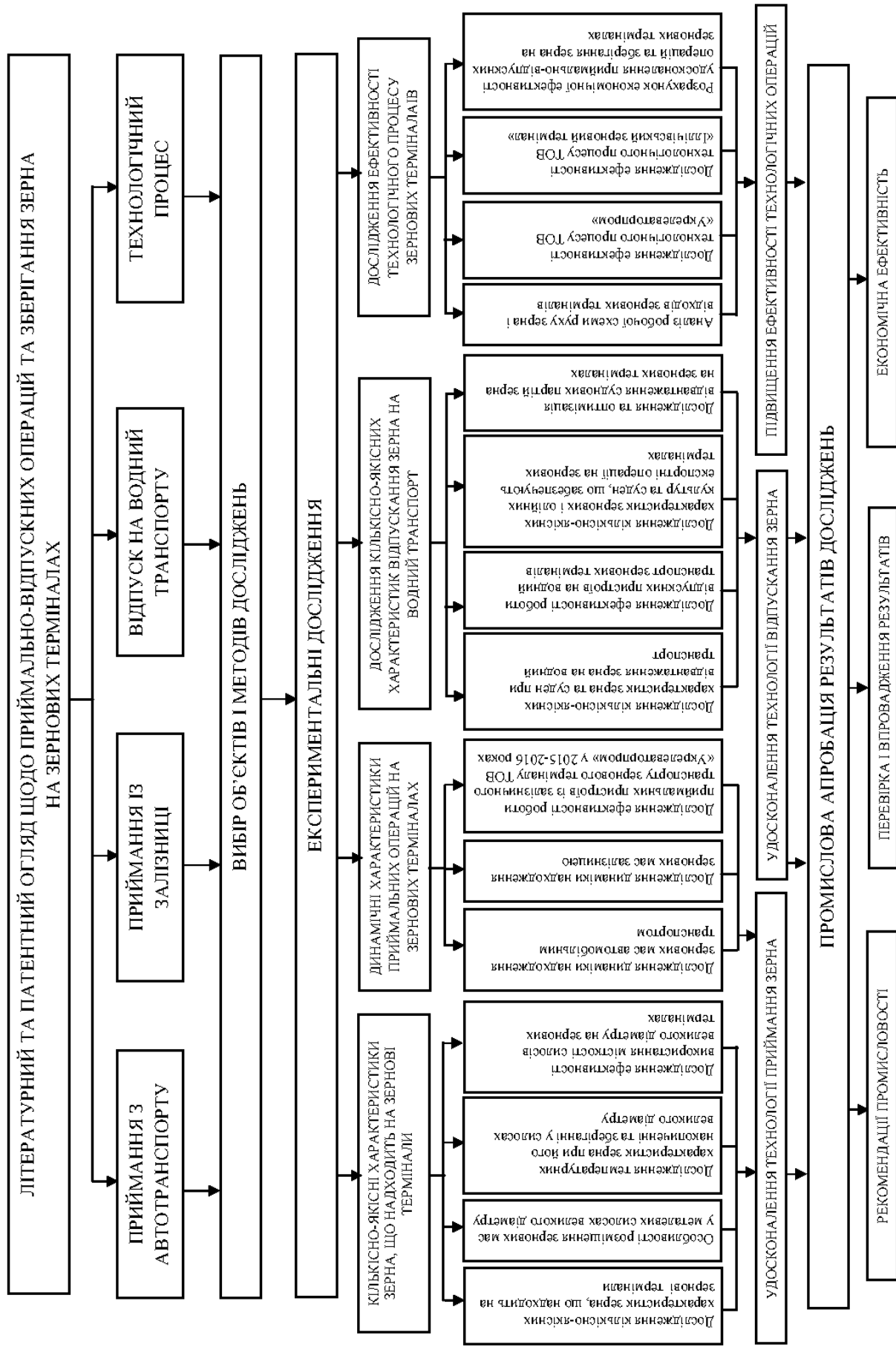
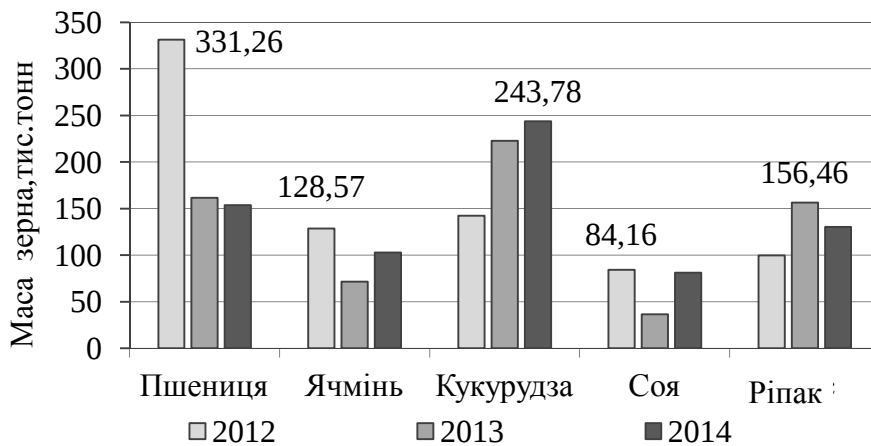


Рис. 1. Програма досліджень

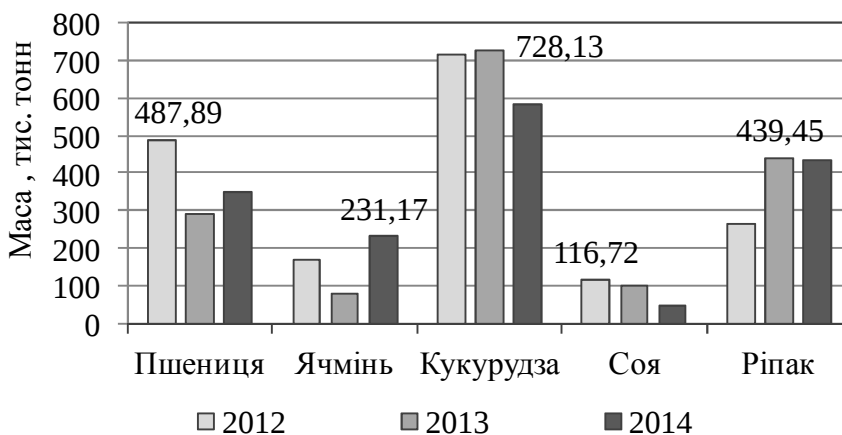
нерівномірності надходження зерна автомобільним транспортом і залізницею, а також коефіцієнти неоднорідності за різними показниками якості сформованих суднових партій при їх відвантаженні на водний транспорт. За допомогою графо-аналітичних методів визначали коефіцієнти інтенсивного і екстенсивного використання основних норій при зовнішній та внутрішній роботі зернових терміналів.

Загальна програма теоретичних та експериментальних досліджень наведена на рис. 1.

На заключному етапі розроблено удосконалену технологію приймально-відпускних операцій і зберігання зерна на зернових терміналах, рекомендації з її застосування у виробничих умовах, а також визначено економічну ефективність впровадження результатів роботи.



а) автотранспорт



б) залізниця

Рис. 2. Надходження основних культур на ТОВ «Укрелеваторпром»

У третьому розділі «Кількісно-якісні характеристики зерна, що надходить на зернові термінали» наведено результати дослідження характеристик надходження зерна автомобільним транспортом у 2012–2014 роках. Обсяги зерна та насіння основних культур, що надходили автомобільним транспортом, та їх співвідношення наочно видно на рис. 2. Такі ж групи культур надходили і залізницею.

Порівняльний аналіз, що співвідношення обсягів зерна прийнятого з автотранспорту до прийнятого із залізниці складає

один до двох, що пояснюється більш практичним використанням вагонів-хоперів для транспортування зернових та олійних культур, ніж автотранспортом.

На наступному етапі у виробничих умовах досліджували особливості розміщення зернових мас у металевих силосах великого діаметру (рис. 3). Фактична тривалість зберігання різних шарів зерна в досліджуваному силосі були неоднакові. Адже перші шари пшениці сформовані в середині березня, а закінчено заповнення силосу тільки у кінці травня 2007 р. Для першого і останнього шару ця різниця становить більше 2 місяців. До цих термінів слід додати ще час зберігання пшениці в силосі до моменту завантаження його в судно.

Аналіз розподілу чисельних значень вологості і засміченості пшениці в кожній автомобільній партії показав, що їх вологість коливається в більших межах, ніж вміст смітної домішки (рис. 4). Встановлено, що зернова маса в силосі за вологістю є однорідною (коефіцієнт варіації складає всього 3,7 %), а смітна домішка розподілена у зернових шарах силосу неоднорідно (коефіцієнт варіації складає 60,0 %).

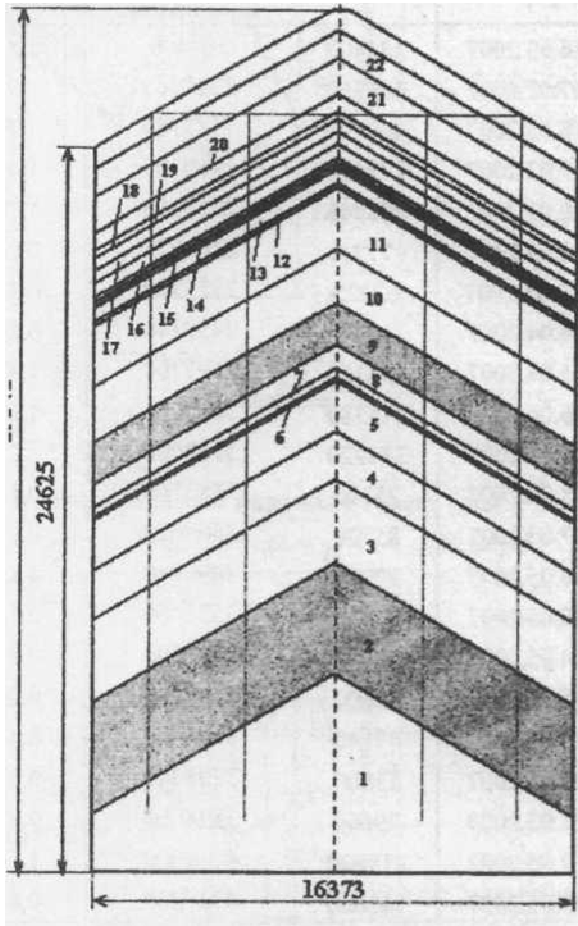


Рис. 3 – Сформовані з автомобільних партій шари зерна пшениці у силосі місткістю 4200 т

кож, що найкращим часом вимірювання температури зерна є 7 або 20 година, які дають більш близьку до реальної середньозважену температуру зерна в силосі.

Узагальнення результатів досліджень за 2012–2020 роки показало, що середньозважені терміни безпечного зберігання кондиційного зерна на підприємстві, знаходяться у межах 44...56 діб. Однак, у деяких ситуаціях зернові та олійні культури безпечно зберігались значно довше – максимальний термін безпечного зберігання зе-

При заповненні ж силосів зерном залізничними партіями, формуються шари більш однорідні за якістю – коефіцієнти варіації для вологості та засміченості дорівнюють відповідно 2,4 % та 13,7 %.

Проведені дослідження показали не лише певну неоднорідність окремих показників якості зерна у сформованій партії, але й їх різну температуру, яку контролювали системою термометрії.

Дослідження динаміки змін температури зерна при зберіганні було проведено у силосі, в якому воно зберігалось тривалий період — з вересня 2006 року по лютий 2007 року). Порівнювали температури зерна у силосах, розташованих з південної та північної сторін ряду, у нижній та верхній частинах силосів, у денні та нічні періоди діб. Вставлено, що добові коливання температури зерна в окремих точках силосів сягали 10,5...13 °С. Підтверджено вплив на температуру зерна в силосі різних чинників — розташування силосів відносно сторін світу, близькість зерна до стінок силосів та даху, часу доби та інших. Було встановлено та-



Рис. 4. Зміна вологості і засміченості у окремих шарах зернового насипу

максимальний термін безпечного зберігання зе-

рна пшениці склав 16 місяців (1,34 року), насіння сої – 10,5 місяців, насіння ріпаку – 8,8 місяців.

Зберігання зерна у силосах великого діаметру викликає питання ефективного використання їх місткості. Дослідження проведені на ТОВ «Укрелеваторпром» у 2005 р. на 10-ти силосах максимальною місткістю по 4500 т при об'ємі 6000 м³ по зерну з об'ємною масою 0,75 кг/м³ при прийманні насіння соняшнику та зерна пшениці (за якістю – сухе, чисте).

Результати досліджень показали, що у 80 % силосів основну масу насіння соняшнику завантажили протягом 4–10 діб. Період максимального заповнення силосів склав 15–41 діб, середнє завантаження склало 2382 т, а максимальне – 2560 т. Мінімальна кількість автомобільних партій зерна, які завантажили у силоси склала 124, максимальне 138, а середнє 128, що свідчить про доволі ефективне використання місткості металевих силосів при прийманні насіння соняшнику.

Заповнення таких же металевих силосів пшеницею III, IV і V класів показало, що тільки 23 % силосів заповнили пшеницею повністю, стільки ж – всього на 14,3 %, а решта – в інтервалі від 26 % до 83 %, що було обумовлено в більшій мірі приналежністю пшениці до різних класів і великою нерівномірністю її надходження. Кількість автомобільних партій зерна пшениці, що завантажувались в кожен силос була такою: середня кількість склала 87, максимальна – 158, а мінімальна – всього 4. Ці дані свідчать про те, що під час приймання зерна пшениці різних класів місткість металевих зерносховищ використовується неефективно.

У четвертому розділі «Динамічні характеристики приймальних операцій на зернових терміналах» проведено дослідження динаміки надходження зернових мас автомобільним та залізничним транспортом у 2012–2014 та 2018 роках.

Найбільш інтенсивно зерно на ТОВ «Укрелеваторпром» надходить з середини червня до кінця грудня та період надходження зерна триває в середньому 329 діб, що видно з наведеного для 2014 р. типового графіка щодобового надходження зерна автомобільним транспортом (рис. 5).



Рис. 5. Графік надходження зерна з автотранспорту на ТОВ «Укрелеваторпром» за 2014 рік

Для кожного з розглянутих років були визначені періоди надходження зерна автотранспортом, обсяги середньодобового надходження зерна, максимальні об-

сяги надходження зерна за періоди найбільш інтенсивного приймання та за добу максимальної роботи зернового терміналу, які наведені в табл. 1.

Отримані значення коефіцієнтів добової нерівномірності відрізняються як за роками, так і від нормативних ($K_{\text{доб норм.}}=1,52$), за якими необхідно проводити розрахунки та коригування необхідної кількості та продуктивності транспортного і технологічного обладнання підприємства.

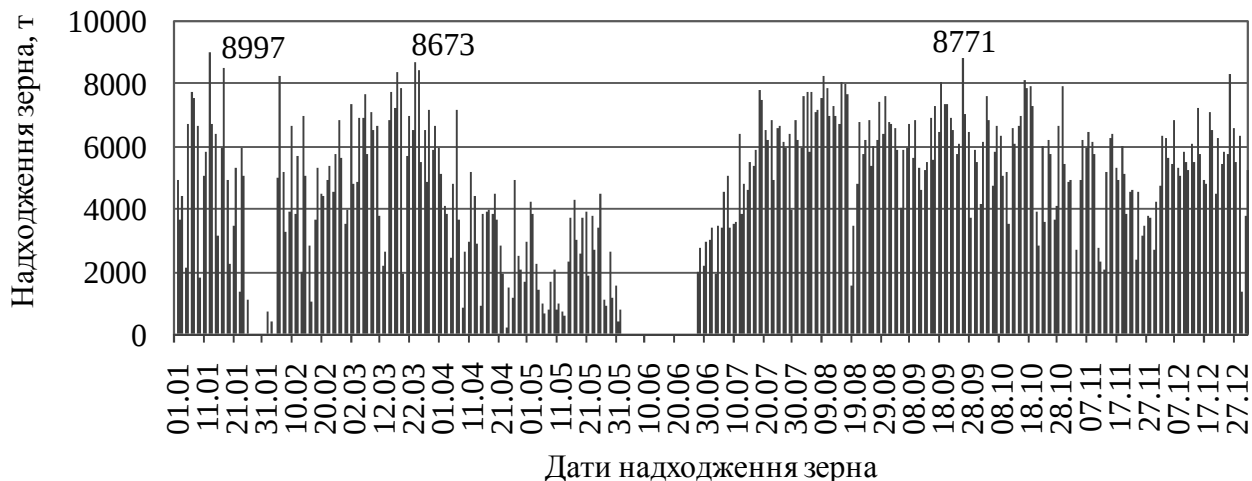
Таблиця 1

**Результати дослідження надходження зерна автотранспортом
на зерновий термінал**

Найменування показників	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2018 р.
Період надходження, діб	311	337	340	348
Середньодобовий об'єм приймання, т/добу	2570	1937	2094	2177
Максимальний добовий об'єм, т/добу	6079	6078	7786	5851
Коефіцієнт добової нерівномірності, $K_{\text{доб}}$	2,4	3,1	3,7	2,7

На відміну від зернозаготівельних підприємств (ХПП, елеватори) на зернові термінали зерно автомобільним транспортом надходить практично цілий рік. Зважаючи на це нами, по аналогії із залізничним транспортом, введено поняття коефіцієнта місячної нерівномірності надходження зерна автотранспортом. Для 2018 року цей коефіцієнт на основі даних ТОВ «Укрелеваторпром» склав 1,73, що не перевищує нормативне для залізничного транспорту (2,0). Використання запропонованого коефіцієнта у розрахунках ліній приймання зерна з автотранспорту сприятиме більш точному обґрунтування продуктивності транспортного обладнання зернових терміналів.

Динаміку надходження зернових мас залізницею проводили у період 2012-2016 рр. Характерні закономірності для прикладу наведено для 2014 року (рис. 6).



**Рис. 6. Графік надходження зерна з залізничного транспорту
на ТОВ «Укрелеваторпром» за 2014 рік**

Візуально видно, що надходження зерна залізницею порівняно з автотранспортом відбувається більш рівномірно. Для кожного з розглянутих років було визначено низку показників та визначено фактичні значення коефіцієнтів нерівномірності надходження зерна із залізниці, які необхідні для проектування приймальних пристроїв з залізниці та ліній. Отримані значення наведено в табл. 2.

У 2015-2016 роках були проведені дослідження з оцінки ефективності роботи приймальних пристроїв із залізниці на ТОВ «Укрелеваторпром». Щомісячне надходження зерна залізницею на підприємство у досліджені роки наведено на рис. 7. З гістограм видно, що обсяги надходження зерна залізничним транспортом у 2015 році були більшими, ніж у 2016 році. Найбільше зерна залізничним транспортом поступило за 2015 рік в березні, грудні та січні, а найменше — в червні, травні та квітні. У 2016 році найбільша кількість зерна надійшла залізничним транспортом в квітні, серпні та вересні, а найменша — в червні, травні та січні.

Таблиця 2

Зведені дані з визначення коефіцієнтів нерівномірності приймання зерна із залізничного транспорту у 2012–2016 рр.

Коефіцієнти нерівномірності	Роки					Нормативні значення
	2012	2013	2014	2015	2016	
– добової, $K_{\text{доб}}$	1,62	1,86	1,79	1,46	1,56	2,5
– місячної, $K_{\text{міс}}$	1,31	1,40	1,35	1,24	1,16	2,0

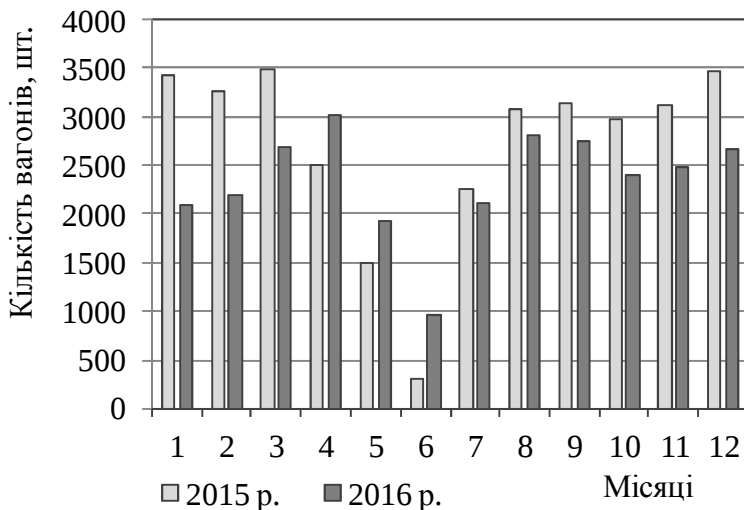


Рис. 7. Кількість зерна, яке надійшло на ТОВ «Укрелеваторпром» залізничним транспортом за 2015-2016 роки

Кількісно-якісна характеристика надходження зерна різних культур та їх груп наведена на рис. 4.9. Аналіз наведеної гістограми показав, що у 2016 році значно збільшилися об'єми надходження сої (у 2,5 рази) та ячменю (на 28 %), але зовсім не було пшениці 1 класу. За іншими культурами переважав 2015 рік — ріпак 1 та вищого класів було більше відповідно на 27 % та 44 %, понад третину було більше пшениці 3, 5 та 6 класів.

Проведений хронометраж розвантаження вагонів на дільни-

ці № 1 ТОВ «Укрелеваторпром» показав, що найбільш тривалими етапами є визначення показників якості зерна та висипання зерна з вагонів-зерновозів. Тому для зменшення їх тривалості необхідно: використовувати більш сучасні методи визначення показників якості зерна з використанням експрес-аналізаторів; попередньо формувати подачі вагонів з однаковими за якістю партіями зерна; модернізувати лінію приймання зерна із залізничного транспорту шляхом заміни обладнання на більш продуктивне.

У п'ятому розділі «Дослідження кількісно-якісних характеристик відпускання зерна на водний транспорт» визначали кількісно-якісні характеристики суден та зерна при його відвантаженні на водний транспорт у 2012–2017 рр.

Щорічний аналіз хронологічних та дедвейтних характеристик суден при відвантаженні зерна у зазначеній період показав, що за 2012 рік було відвантажено 2539 тис. т зернових за допомогою 89 суден різної вантажопідйомності. Най-

менший дедвейт склав 2,75 тис. т, найбільший – 63 тис. т. Характер завантаження був неоднорідний, та найбільша кількість суден була з чистим дедвейтом до 40 тис. т. У 2013 році було відвантажено близько 2390 тис. т на експорт. Також можна простежити коливання у порядку надходження суден, але характер відвантаження був найбільш стабільним. За 2014 рік була завантажена найменша кількість суден за 3 роки, 70 суден, з сумарним чистим дедвейтом 2264 тис. т, що склало найменшу кількість зернових з 2012 по 2014 роки. Місткість судна з мінімальною вантажопідйомністю склала 2,86 тис. т, максимальною – 92 тис. т.

Далі був проведений аналіз щомісячного відвантаження зерна у кожному з 3-х років (рис. 8). Видно, що відпускання зерна найбільш активно мало місце з серпня по грудень на протязі року, причому можна відмітити, що у 2012 році показники відпуску зернових значно вище, ніж у наступні 2 роки. Середньомісячні чисті дедвейти суден варіюються у широкому діапазоні та у середньому складають близько 30 тис. т у кожному році.

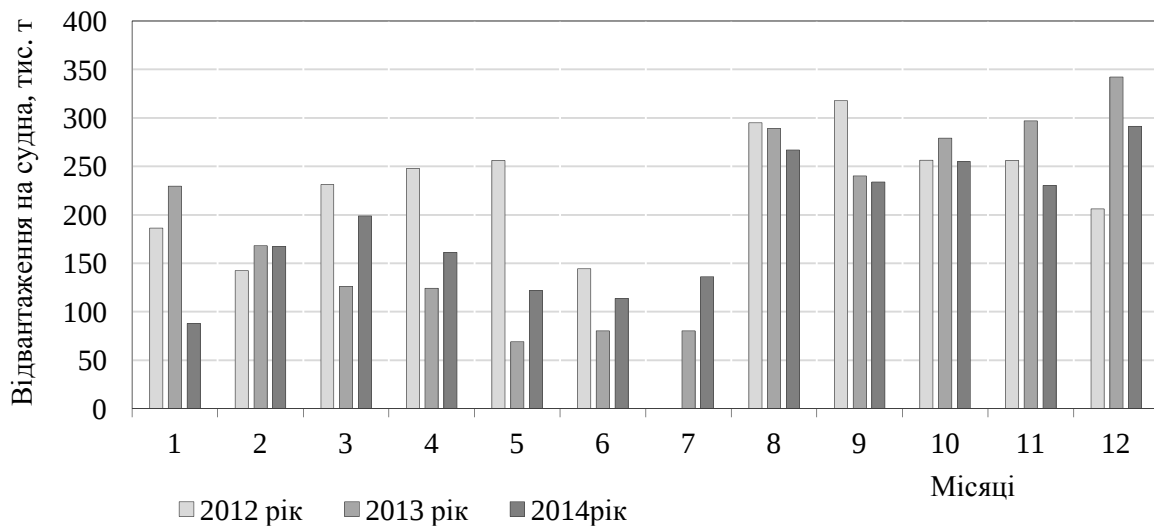


Рис. 8. Характеристика щомісячного відвантаження зерна на ТОВ «Укрелеваторпром» за 3 роки

Далі досліджували динаміку помісячного розподілу маси зерна та кількості суден, які здійснюють його транспортування. Було встановлено, що найбільша кількість зерна була експортована у період з серпня по січень кожного окремо року. Відпуск зерна за місяць складає не більше 300 тис. т зернових у максимальні місяці роботи, причому кількість суден для їх перевезення знаходиться у діапазоні від 8 до 11 шт. Приклад гістограми для 2014 року наведено на рис. 10.

Далі визначали розподіл часток чистих дедвейтів суден та співвідношення перевезеного ними зерна. Для цього всі судна було згруповано з кроком у 15 тис. тонн та побудовано для кожного дослідженого року гістограми, які надали наочне уявлення про динаміку щомісячних обсягів відвантаження зерна та кількості задіяних для цього суден. Гістограма для 2014 р. наведена на рис. 11.

Проведений аналіз показав, що у кожного дослідженого року найменша кількість зерна була перевезена судами з чистим дедвейтом до 15 тис. тонн, причому кількість суден доволі висока. Оптимальним можна вважати дедвейт (вантажопідйомність) від 30 до 45 тис. тонн, оскільки обсяг експортованого ними зерна є найбільшим.

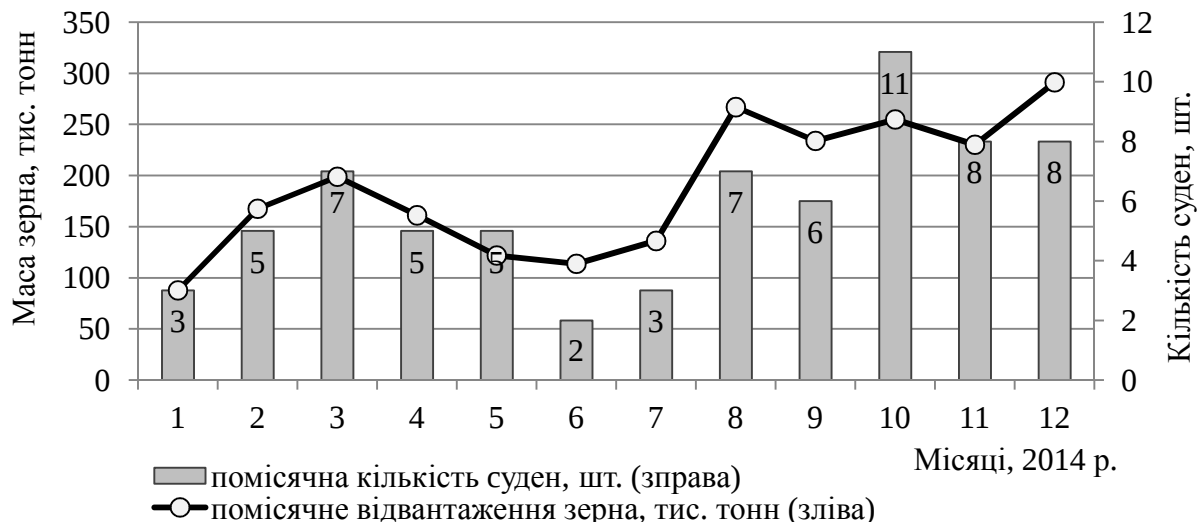


Рис. 10. Помісячний розподіл кількості суден та маси відвантаженого на них зерна у 2014 р.

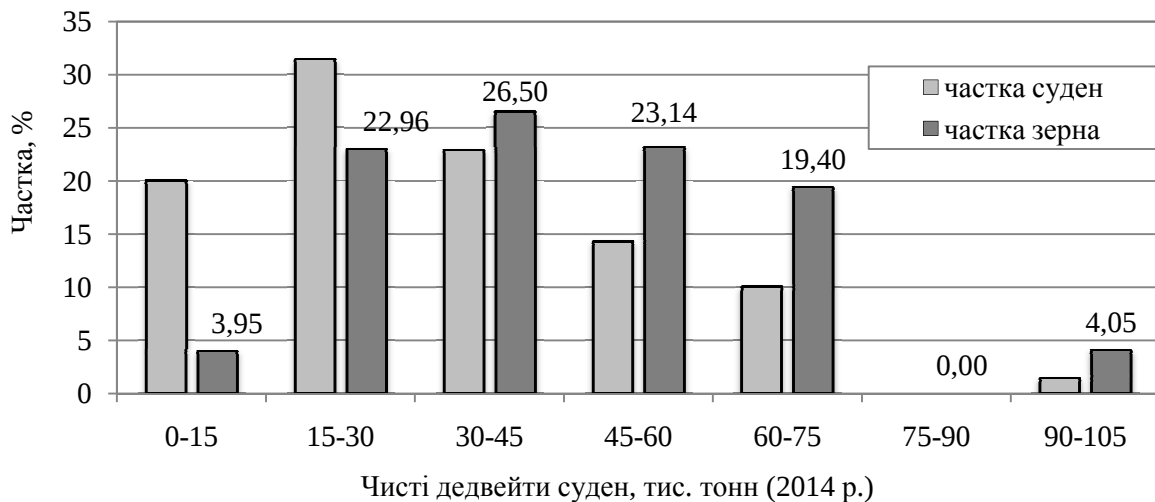


Рис. 11. Розподіл часток суден та зерна за чистими дедвейтами суден, 2014 р.

Дослідження, продовжені у 2015-2016 роках, підтвердили описані вище результати. Крім того, був проведений хронометраж завантаження суден за допомогою пересувної суднозавантажувальної машини (СЗМ), визначено фактичний час завантаження суден та фактичну продуктивність ліній відпускання зерна на судна. Порівнявши розраховану фактичну продуктивність відпускнуго пристрою з паспортною продуктивністю відпускнуго пристрою, яка становила 1200 т/год, отримали значення коефіцієнтів використання потужності СЗМ. Отримані результати наведено у табл. 3.

Аналіз результатів досліджень показав, що судна малих, середніх та великих дедвейтів використовують загрузочну машину СЗМ ефективно, незважаючи на простой, які пов'язані з її переміщенням від трюму до трюм безпосередньо при завантаженні та розрівнюванні зерна у трюмі. Розрахунки середньої помісячної продуктивності відвантаження зерна показали, що вона менше потужності СЗМ. А це свідчить про наявні резерви збільшення експортної потужності зернового те-

рміналі ТОВ «Укрелеваторпром» за рахунок більш ефективного використання СЗМ.

Таблиця 3

Тривалість операцій відвантаження зерна на судна, хвилини

Тривалість операції та показники	Вантажоспроможність, т		
	6000	25000	40000
Підхід судна до причалу, швартування, хв.	30	40	50
Відкриття люків і установка відпускних труб, хв.	30	35	95
Завантаження трюмів судна, хв.:	300	405	595
- першого;			
- другого;		645	525
- третього;		525	945
Простий відпускних конвеєрів при переході з трюму в трюм, хв.:	—	15	35
- з першого в другий;			
- з другого в третій.	—	15	35
Розрівнювання зерна в трюмах, хв	—	40	75
Швартові роботи, відхід судна від причалу, хв.	30	40	75
Загальна тривалість завантаження судна, хв.	390	1750	2430
Загальна тривалість завантаження судна, год.	6,5	29,2	40,5
Фактична продуктивність відпускних пристроїв, т/год.	923	856	988
Коефіцієнт використання продуктивності СЗМ	0,77	0,71	0,82

Аналогічні дослідження хронометражу були проведені також у 2017 р. на ТОВ «Іллічівський зерновий термінал». Для цього були обрані три судна з такими дедвейтами – малим (35,0 тис. т), середнім (53,0 тис. т) та великим (62,8 тис. т).

Використовуючи дані хронометражу були побудовані циклограми, які показують динаміку завантаження суден. Приклад такої циклограми для судна вантажопідйомністю 35,0 тис. т, наведено на рис. 4.30. На циклограмі показано роботу двох судно-завантажувальних машин: штрих-пунктирною лінією роботу машини СЗМ-1, штриховою лінією роботу машини СЗМ-2, а суцільною лінією — сумарний процес завантаження судна. Горизонтальні ділянки на лініях завантаження судна свідчать про простої судно-завантажувальних машин. Одна судно-завантажувальна машина завантажила 10 тис. тонн зерна, інша 25 тис. тонн, разом було завантажено 35 тис. тонн. Проведені розрахунки для трьох суден різної вантажопідйомності зведені у табл. 4.6.

Таким чином встановлено, що при відпусканні зерна на судна великої та мінімальної вантажопідйомності фактична продуктивність лінії відпускання без врахування простоїв транспортних механізмів склала біля 500 т/год, що значно нижче від паспортної продуктивності у 1200 т/год. Найбільша продуктивність ліній відпускання зерна (понад 700 т/год) досягнута для суден середньої вантажопідйомності (53 тис. тонн).

У кінці розділу було проведено дослідження та оптимізація відвантаження судових партій зерна на зерновому терміналі ТОВ «Укрелеваторпром».

На підприємстві застосовують таку технологію формування судової партії зерна. Проводять аналіз вимог контракту до показників якості судової партії зерна та підбирають силоси, у яких якість зерна за більшістю показників співпадає з вимогами контракту, та виокремлюють так звані критичні показники, значення

яких не відповідає зазначеним у контракті. Кількість силосів обирають за умови забезпечення необхідного обсягу суднової партії зерна.

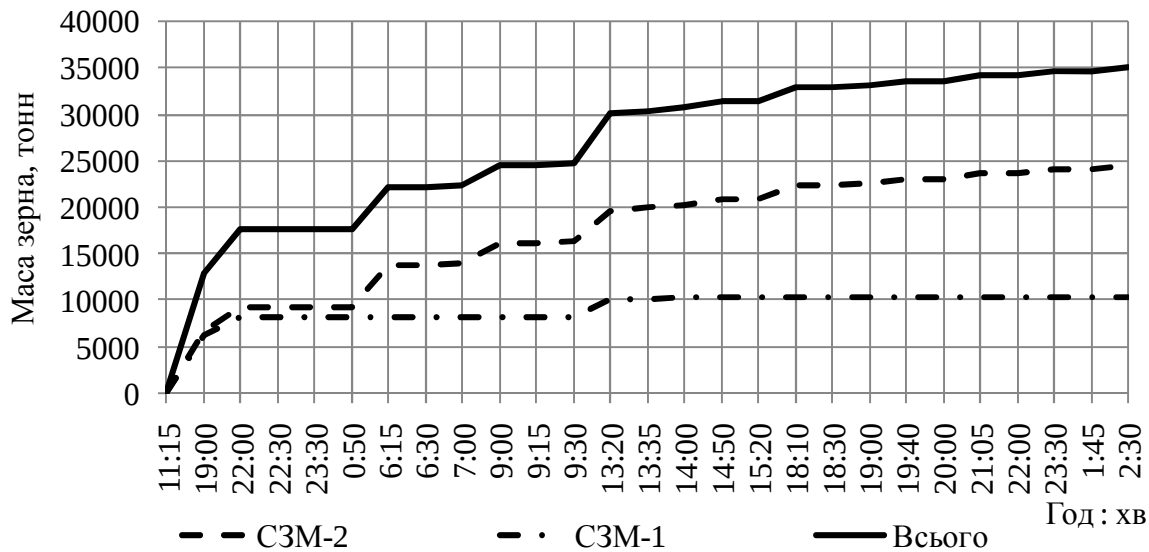


Рис. 4.30. Циклограма завантаження судна зерном масою 35 тис. тонн (вересень, 2017 р.)

Таблиця 4.6

Порівняння продуктивності завантаження суден СЗМ

Маса завантаженого зерна, тис. т	СЗМ	Без простоїв		З урахуванням простоїв	
		Q, т/год	Q _{сер.} , т/год	Q, т/год	Q _{сер.} , т/год
62,8	СЗМ-1	621,845	509,079	604,203	492,670
	СЗМ-2	396,313		381,148	
53,0	СЗМ-1	1154,703	1000,186	758,265	706,713
	СЗМ-2	845,668		655,160	
35,0	СЗМ-1	628,191	657,974	391,393	514,271
	СЗМ-2	687,756		637,148	

Частка (відсоток) підсортуння нестандартної пшениці до продовольчої перед завантаженням судна, розраховують виходячи з показників якості експортного контракту та усереднених показників якості по кожному силосу, взятих зі звіту «1С: Бухгалтерія». Розрахунок проводиться таким чином, щоб усереднений найгірший показник якості по силосах при змішуванні не перевищував відповідний контрактний. В процесі завантаження судна лабораторія контролює фактичну якість і коригує пропорції.

Технічно зерно із силосів 1-ї ділянки можна подавати на завантаження суден одним конвеєром продуктивністю 500 т/год, а з 2-ї – трьома по 600 т/год кожний. Загальна ж продуктивність лінії відвантаження зерна на судна складає 1200 т/год.

Дослідження були проведені у процесі формування суднової партії зерна пшениці масою 35 тис. тонн та її завантаження у судно. Отримані результати показали, що в окремих силосах перед формування суднової партії показники якості зерна пшениці не завжди співпадали з вимогами контрактів. В окремих силосах підприємства не відповідали вимогам контрактів деякі показники якості зерна – занижений вміст білка і клейковини, підвищений вміст сажкових зерен та, зрідка,

пошкоджених клопом-черепашкою зерен.

Існуюча технологія формування суднових партій пшениці на зерновому терміналі не гарантує однорідної якості зерна впродовж всього періоду завантаження судна, особливо на його початкових етапах. Встановлено, що перші 1000 т сформованої партії зерна мала дещо меншу масову частку сирої клейковини – 22,6% замість 23%, занижене число падіння (145–180 с) проти 230 с, підвищений вміст сажкового зерна (6,95-7,8%) замість нормованих 5%. Завантажена зернова маса у 3000 т також мала менше від контрактних вимог число падіння, значення якого коливаються у межах 142-215 с і лише у подальшому його значення виходить у необхідний за контрактом діапазон — 295-356 с. Показано також, що у сформованому з відібраних проб усередненому зразку зерна пшениці масою 5000 т не всі експериментально визначені показники якості також відповідають вимогам контракту – занижене значення числа падіння (176 с) та дещо вищий за норму вміст сажкових зерен (5,1%). Однак, інші показники якості задовольняють вимогам контракту.

Крім того, визначені у процесі формування суднової партії її статистичні характеристики показали, що розраховані середньоарифметичні значення показників якості сформованих зразків пшениці масою по 5000 т, практично не відрізнялись від експериментально визначених, окрім числа падіння та вмісту сажкових зерен.

Чисельні значення коефіцієнтів варіації показали, що на початку завантаження судна перші отримані 5000 тонн сформованої партії зерна були практично однорідні за всіма показниками якості, окрім числа падіння та, особливо, вмісту сажкових зерен, оскільки для них коефіцієнти варіації складали відповідно 36,4% та 78,3%, що перевищує граничну межу однорідності у 33%. Велику неоднорідність за коефіцієнтами варіації дали такі показники якості як сміттєва домішка (20,82–50,93%), зерна, пошкоджені клопом-черепашкою (7,41–25,76%), число падіння (8,76–36,36%) та вміст сажкових зерен (35,88–78,34%). Це свідчить про нерівномірність розподілу зерна у судновій партії зерна з силосів з невідповідними контракту окремими показниками якості зерна та вимагає коригування потоків зерна із силосів. Однак, незважаючи на деяку неоднорідність партії зерна на початку її формування, усереднені значення законтракованих показників якості знаходились у нормованих межах.

Оптимізація складу суднової партії на основі її математичної моделі з використання методів лінійного програмування дозволяє досягти дотримання вимог контракту за всіма показниками якості, наведеними в табл. 4.

Таблиця 4

Розрахункові оптимальні значення показників якості запроєктованої суднової партії зерна пшениці масою 35 тис. т

Найменування	Вологість, %	Натура, г/л	Домішка сміттєва, %	Масова частка білка, %	Сира клейковина, %	Число падіння, с	Сажкове зерно, %	Зерна, пошкоджені клоп.-череп., %	Ціна, грн./т
Показники якості	12,31	795	0,80	11,82	23,38	321	4,98	1,15	5470,14
Вимоги контракту	≤13	≥770	≤2	≥11,5	≥23	≥230	≤5	≤2	–

Одночасне (паралельне) відвантаження пшениці з усіх силосів за оптимальними співвідношеннями потоків зерна, дозволяє досягти їх рівномірного розподілу у судновій партії та забезпечити її якість за всіма контрактними показниками.

У розділі 6 «Дослідження ефективності технологічного процесу зернових терміналів» графоаналітичними методами проведено аналіз роботи робочих схем руху зерна і відходів (РСРЗіВ) зернового терміналу ТОВ «Укрелеваторпром». Проведений аналіз РСРЗіВ, виконані розрахунки тривалості кожної транспортно-технологічної операції внутрішньої і зовнішньої роботи терміналу, побудова зведених графіків та розрахунок коефіцієнтів використання основних норій, показали, що:

- лінія приймання зерна з автомобільного транспорту забезпечує розвантаження автомобілів без простоїв;
- місткість приймального бункеру забезпечує виконання робіт, запланованих у першу зміну, але не дозволяє формувати партії зерна за якістю більшої маси;
- розвантаження вагонів проходить у нормативний час, кількість подач за добу складає 5 шт.;
- схема маршрутів руху зерна є гнучкою, що дозволяє виконувати декілька операцій за допомогою однієї норії;
- при відвантаженні зернових культур на водний транспорт середньозважений коефіцієнт використання норій ($K_{\text{иср.в}} = 0,76$) наближається до одиниці, що свідчить про високу продуктивність даної операції.

За результатами роботи розроблено рекомендації з удосконалення приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах. Окремі результати роботи впроваджені на ТОВ «Укрелеваторпром» та у навчальний процес ОНАХТ, що підтверджено відповідними актами.

Проведені розрахунки та оцінка економічної ефективності від провадження результатів роботи у виробництва. Показано, що окупність інвестицій на модернізацію (збільшення продуктивності) лінії відвантаження зерна на водний транспорт на 20 % окупляться менше, ніж за 3 роки.

На ТОВ «Укрелеваторпром» з 19 по 27 жовтня 2020 р. було проведено перевірку фактичних показників якості експортної партії пшениці продовольчого призначення оптимізації складу, яку сформували відповідно вимог контракту та завантажили на судно «PRINCESS SUZAN» дедвейтом 40 тис. тонн.

Для формування експортної партії були обрані 8 силосів з пшеницею різної якості: 2, 3, 4 класів та не стандартну. Розрахунок оптимального складу суднової експортної партії зерна пшениці, яка відповідатиме вимогам контракту із замовлених показників якості зерна, а також буде враховувати наявні запаси зерна в обраних на підприємстві силосах, був проведений на основі методів лінійного програмування з використанням табличного процесора MS Excel 2007 та його процедури «Пошук рішень».

Цільовою функцією було обрано закупівельну вартість суднової експортної партії. Обмеження на показники якості експортної партії були взяті відповідно до умов контракту.

Для забезпечення рівномірності оптимального складу суднової партії зерна пшениці, завантаження судна проводили паралельними потоками зерна, відбираючи їх у розрахованих пропорціях з усіх обраних силосів.

Для контролю поточних значень показників якості суднової партії зерна пшениці, що формувалась у процесі завантаження судна відбирали окремі проби зерна, з яких формували зразки для кожних проміжних 500 т і 5000 т завантажених у судно партій зерна, а також потрюмні зразки зерна та генеральний зразок для всього судна, які використовували для експериментального визначення показників якості партії зерна пшениці.

Отримана суднова партія за розрахунковими та експериментально підтвердженими показниками якості була віднесена за ДСТУ 3768-2010 до зерна пшениці 2 класу. Реалізація сформованої партії зерна пшениці обсягом 40 тис. тонн забезпечила додатковий прибуток у розмірі 3312,4 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Науково обґрунтовано та практично реалізовано удосконалену технологію приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах, що дозволить підвищити якість та ефективність відвантаження судових партій зерна за вимогами контрактів на зернових терміналах.

1. Встановлено кількісно-якісні характеристики зерна, що надходить на зернові термінали автомобільним транспортом та залізницею. Показано, що автотранспортом у 2012–2014 та 2018 роках злакових культур (76,62 %) надійшло більш всього у 2012 р., так само як і олійних (12,46 %), з бобових – у 2013 р. (24,4 %). Із залізниці у 2012–2016 рр. також найбільша кількість прийому (78,0 %) належить злаковим культурам, що пояснюється їх високим попитом на міжнародному ринку зернових. На другому місці знаходяться олійні культури (до 26,7 %), такі як ріпак та соняшник. З бобових культур на експорт відправляють горох та сою (до 12,0 %).

2. Процес формування зернових мас з автомобільних партій у силосах великого діаметру призводить до утворення окремих шарів зерна різної товщини. При завантаженні силосу місткістю 4500 т по зерну пшениці мінімальна висота шару 0,05 м, а максимальна – 3,77 м, тобто більша в 75 разів. Встановлено коливання показників якості зерна у силосах, зокрема вологість була у межах 11,9–13,4%, а засміченість складала 0,5–2,2%.

Показано, що ефективність використання місткості силосів великого діаметру на зернових терміналах залежить від культури. Так, при завантаженні у 10 силосів об'ємом по 6000 м³ сухого та чистого насіння соняшнику, їх середнє завантаження склало 2382 т, а максимальне – 2560 т, що свідчить про ефективне використання місткості металевих силосів при прийманні насіння соняшнику.

При завантаженні у силоси зерна пшениці III–V класів тільки 23% силосів заповнені зерном повністю, стільки ж – всього на 14,3%, решта – на 26–83%, що свідчить про неефективне використання місткості силосів із-за приналежності пшениці до різних класів і великої нерівномірності її надходження.

3. Встановлено, що при накопиченні та зберіганні зерна у силосах великого діаметру впродовж 20 днів жовтня коливання температури зерна у силосі залежа-

ло від розташування термодатчика (верхня чи нижня частина силосу), розміщення силосу у рядах (південь, північ), часу доби (день, ніч) та температур довкілля. Коливання денної та нічної температури зерна у силосах часто викликаються коливаннями відповідної температури зовнішнього повітря. У період досліджень добові коливання температури зерна досягали 11,3 °С, що може призвести до виникнення осередків самозігрівання та псування зерна.

4. На основі дослідження динаміки приймання зернових мас автомобільним транспортом встановлено, що період надходження зерна у 2012–2014 роках складав 311–348 діб та мав тенденцію до збільшення. Коефіцієнти добової нерівномірності надходження зерна автотранспортом у тих же роках коливались в межах 2,4–3,7 при нормативі 1,52.

При прийманні зерна з залізниці періоди надходження зерна склали 315–333 доби з тенденціями до зростання. Коефіцієнти добової нерівномірності були у діапазоні 1,46–1,86 з тенденцією до зниження, як і коефіцієнти місячної нерівномірності, що були у межах 1,14–1,40.

5. Хронометражем окремих етапів надходження зерна встановлено, що найбільш тривалими етапами у прийманні з залізниці є визначення показників якості окремих культур та висипання зерна з вагонів-зерновозів. Так, визначення показників якості насіння ріпаку триває 28,2 хв. та суттєво відрізняється від тривалості аналізів для інших культур (кукурудзи, пшениці та ячменю), які тривають значно менше – 4,6...9,1 хв., причому на пшеницю (9,1 хв.) витрачається майже удвічі більше часу, ніж на кукурудзу та ячмінь (4,6...4,8 хв.).

6. Дослідженням кількісно-якісних характеристик зерна та суден встановлено, що у 2012–2014 роках було завантажено від 70 до 89 суден з дедвейтом від 2,78 до 92 тис. тонн. Щорічне завантаження суден найбільш активно відбувалось з серпня по грудень. Відпуск зерна за місяць складає не більше 300 тис. т зернових у максимальні місяці роботи, причому кількість суден для їх перевезення знаходиться у діапазоні від 8 до 11 шт. Оптимальний дедвейт (вантажопідйомність) суден складає від 30 до 45 тис. тонн, оскільки обсяг експортованого ними зерна є найбільшим.

На основі визначення тривалості окремих етапів відвантаження зерна на судна дедвейтом 6-40 тис. тонн встановлено, що фактична продуктивність відпускних пристроїв у 2015–2016 рр. становила 856-988 т/год, що близько до паспортної – 1200 т/год.

7. Встановлено, що при формуванні судових партій зерна пшениці з окремих силосів велику неоднорідність за коефіцієнтами варіації дають такі показники якості як сміттєва домішка (20,82–50,93%), зерна, пошкоджені клопом-черепашкою (7,41–25,76%), число падіння (8,76–36,36%) та вміст сажкових зерен (35,88–78,34%). При цьому усереднені значення законтракованих показників якості знаходились у нормованих межах.

Оптимізація складу судової партії на основі методів лінійного програмування з використанням паралельного випускання зерна у визначених пропорціях з усіх силосів, дозволить підвищити однорідність сформованих партій та дотримання вимог контракту за всіма показниками якості.

8. Графоаналітичне моделювання зовнішньої і внутрішньої роботи зернових терміналів, показало, що при відвантаженні зерна на водний транспорт середньозважений коефіцієнт використання норій ($K_{\text{иср.в}} = 0,76$) на зернових терміналах наближається до одиниці, що свідчить про високу ефективність роботи ліній відпускання зерна на водний транспорт.

9. Удосконалено технологію приймально-відпускних операцій, зберігання та формування суднових партій зерна на перевантажувальних зернових терміналах та рекомендації з її застосування у виробничих умовах.

10. Результати роботи впроваджено на ТОВ «Укрелеваторпром» та навчальний процес за спеціальністю «Технології зберігання та переробка зерна». Сформована на ТОВ «Укрелеваторпром» експортна партія зерна у 40 тис. т забезпечила прибуток у розмірі 3312,3 тис. грн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Ткаченко О.А., Дмитренко Л.Д., Кац А.К., Шпак В.М. Аналіз ефективності роботи технологічних ліній приймання зерна з автотранспорту на зернових терміналах // Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 505-525. *(Особистий внесок: аналіз ліній приймання зерна, якісного складу вантажного автотранспорту, розрахунок коефіцієнтів нерівномірності надходження зерна, формулювання висновків до пункту 2.1.10).*

2. Шпак В.М., Кац А.К., Любченко Р.О. Кількісно-якісні характеристики приймання зерна з автотранспорту на зерновому терміналі // Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 525-539. *(Особистий внесок: аналіз характеристик вантажного автотранспорту, автомобільних ваг та автомобілерозвантажувачів, побудова графіків надходження зерна та розрахунок коефіцієнтів добової нерівномірності надходження зерна автотранспортом).*

3. Порівняльні характеристики сучасного транспортно-технологічного обладнання елеваторної галузі / Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Дмитренко Л.Д., Шпак В.М. // Елеваторна і зернопереробна галузі: ефективні технології та якість: монографія / за ред. Г.М. Станкевича, Д.О. Жигунова, М.Р. Мардар. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2018. С. 73-127. *(Особистий внесок: аналіз характеристик сучасних вагонів-зерновозів та суден, приймальних пристроїв приймання зерна з залізниці та відпускання на водний транспорт на зернових терміналах).*

Стаття у фаховому українському виданні, що індексується у міжнародних наукометричних базах.

4. Stankevych G., Kats A., Shpak V. Research and optimization of quantitative and qualitative characteristics of ship batches of grain on grain terminals // Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 4. P. 130-139. *(Особистий внесок: аналіз показників та вимог контрактів до якості зерна на зерновому терміналі; визначення статистичних характеристик розподілу зерна пшениці у судновій партії за показниками якості; оптимізація складу суднової партії зерна пшениці).*

Статті у фахових виданнях України

5. Станкевич Г.Н., Страхова Т.В., Будюк Л.Ф., Шпак В.Н. Исследование эффективности работы приемных устройств с железнодорожного транспорта продольного типа // Наукові праці ОНАХТ / Міністерство освіти і науки України. Одеса: 2006. Вип. 28. Т.1. С. 213-

217. *(Особистий внесок: проведення хронометражу приймання зерна із вагонів, аналіз типів ліній приймання зерна із залізниці та визначення їх ефективності).*

6. Станкевич Г., Шпак В., Нестерук Г. Яким же транспортом найчастіше доставляють зерно до південних портових терміналів України // *Зерно і хліб*, № 2, 2007. С. 52-53. *(Особистий внесок: дослідження технічних характеристик автотранспорту та ефективності його використання на зернових терміналах, формулювання висновків).*

7. Станкевич Г.М., Будюк Л.Ф., Шпак В. М., Улизько О.С. Исследование формирования зерновой насыпи из автомобильных партий в металлических силосах большой вместимости // *Наукові праці ОНАХТ / Міністерство освіти і науки України*. Одеса: 2008. Вип. 34. Т.1. С. 107-112. *(Особистий внесок: дослідження формування зернового насипу у силосах великої місткості із автотранспорту та характеристик і показників якості окремих його шарів, підготовка статті до друку).*

8. Станкевич Г., Будюк Л., Шпак В., Улизько А. Особливості формування зернового масиву з автомобільних партій у великих металевих силосах // *Зерно і хліб*. 2009. № 3. С. 26-27. *(Особистий внесок: дослідження формування зернових шарів у великих металевих силосах, оцінка однорідності шарів за якістю зерна, підготовка статті до друку).*

9. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Будюк Л.Ф., Шпак В.М. Порівняльне дослідження ефективності роботи прийомних пристроїв із залізничного транспорту подовжного типу // *Наукові праці ОНАХТ / Міністерство освіти і науки України*. Одеса: 2009. Вип. 36, т. 1. С. 94-97. *(Особистий внесок: аналіз схем ліній приймання зерна із залізниці, хронометраж розвантаження залізничних вагонів, визначення ефективності роботи ліній приймання, розробка рекомендацій з удосконалення ліній приймання зерна).*

10. Буценко І.М., Станкевич Г.М., Будюк Л.Ф., Страхова Т.В., Шпак В.М. Удосконалення технології розвантаження зерна з автотранспорту на ЗАТ “Укрелеваторпром” // *Наукові праці ОНАХТ / Міністерство освіти і науки України*. Одеса: 2009. Вип. 36, т. 1. С. 98-100. *(Особистий внесок: дослідження якісного складу автомобілів, що доставляють зерно на зернові перевантажувальні комплекси, дослідження технічних характеристик автомобілерозвантажувачів, підготовка статті до друку).*

11. Станкевич Г.М., Будюк Л.Ф., Шпак В.М. Дослідження формування шарів зернового насипу в металевих силосах великої ємності // *Наукові праці ОНАХТ / Міністерство освіти і науки України*. Одеса: 2009. Вип. 36, т. 1. С. 101-103. *(Особистий внесок: дослідження формування зернового насипу у великих силосах із залізничних вагонів, оцінка однорідності насипу та змін температур зерна при зберіганні, формулювання висновків).*

12. Станкевич Г. М., Страхова Т.В., Будюк Л.Ф., Шпак В.М. Порівняльне дослідження ефективності роботи приймальних пристроїв із залізничного транспорту подовжного типу // *Хранение и переработка зерна*. 2009. №12 (126). С. 48-49. *(Особистий внесок: визначення тривалості розвантаження вагонних подач, аналіз ефективності приймання зерна на пристроях подовжного типу, узагальнення результатів).*

13. Будюк Л., Страхова Т., Стебловська А., Шпак В. Варто постійно контролювати температуру зернової маси при заповненні металевих силосів. Адже такі сховища мають доволі високу теплопровідність // *Зерно і хліб*. № 1. 2012. С. 28-29. *(Особистий внесок: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів).*

14. Stankevych G., Kats A., Shpak V., Gaponiuk O. Research of quantitative characteristics of grain railway on grain terminal // *Grain Products and Mixed Fodder's*, 2019; 19 (4): 11-16. DOI: <https://doi.org/10.15673/gpmf.v19i4.1590> (Станкевич Г.М, Кац А.К., Шпак В.М., Гапонюк О.І. Дослідження закономірностей приймання зерна із залізниці на зерновому терміналі // *Зернові продукти і комбікорми*, 2019; 19 (4): с. 11-16). *(Особистий внесок: збір статистичних даних за 2012-14 рр., побудова гістограм та дослідження кількісно-якісних характеристик надходження зерна залізницею, формулювання висновків).*

15. Stankevych G., Dmytrenko L. Kats A., Shpak V. Investigation of characteristics of the grain receiving from railway to the grain transshipment terminal // *Grain Products and Mixed Fodder's*, 2020; 19 (2): 7-13. DOI <https://doi.org/10.15673/gpmf.v20i2.1759> (Станкевич Г.М., Дмит-

ренко Л.Д., Кац А.К., Шпак В.М. Дослідження характеристик приймання зерна із залізничного транспорту на зерновий перевантажувальний термінал // (Зернові продукти і комбікорми, 2020; 20 (2, 78): с. 7-13). *(Особистий внесок: дослідження кількісно-якісних характеристик культур, що надходили на термінал у 2015-16 рр., проведення хронометражу розвантаження вагонів-зерновозів, визначення коефіцієнтів добової і місячної нерівномірності надходження зерна залізницею, узагальнення результатів).*

Матеріали конференцій

16. Шпак В.М., Страхова Т.В., Борта А.В. Визначення впливу зовнішніх факторів на температуру зерна, що зберігається в металевих силосах // Зб. тез доповідей 76 наукової конференції викладачів академії 18-22 квітня 2016. С. 31-32. *(Особистий внесок: аналіз впливу зовнішніх факторів на температуру зерна у металевих силосах, підготовка тез до друку)*

17. Страхова Т.В., Борта А.В., Шпак В.М. Аналіз ефективності роботи технологічної лінії приймання зерна з автотранспорту на ПрАТ «Укрелеваторпром» // Зб. тез доповідей 77 наукової конференції викладачів академії 18-21 квітня 2017. С. 24-26. *(Особистий внесок: хронометрах зважування автомобілів, аналіз зовнішньої роботи елеватора, розробка пропозицій з удосконалення приймання зерна).*

18. Страхова Т.В., Борта А.В., Шпак В.Н., Рабович О.Н. Исследование влияния температурных условий на сохранность зерна в металлических силосах // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докл. XII Междунар. научно-технич. конф. 19-20 апреля 2018 г., в двух томах. Могилев / учрежд. образованием «Могилевский госуд. ун-т продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. Могилев: МГУП, 2018. Том 1. С.160-161. *(Особистий внесок: визначення показників якості зерна, мікробіологічного обсіменіння зерна та допустимих термінів його зберігання).*

19. Дмитренко Л.Д., Кац А.К., Шпак В.М. Відмінності приймання зерна з автотранспорту на заготівельних елеваторах і зернових терміналі // Зб. тез доповідей 78 наукової конференції викладачів академії 23-27 квітня 2018. С. 23-25. *(Особистий внесок: аналіз динаміки надходження зерна автотранспортом, визначення коефіцієнтів нерівномірності).*

20. Станкевич Г.М., Кац А.К., Шпак В.М. Підвищення ефективності приймання зерна з залізничного транспорту на ЗАТ «Укрелеваторпром» // Зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції [«Технології харчових продуктів і комбікормів»], (Одеса, 24-29 вересня 2018 р.) / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2018. С. 5-7. *(Особистий внесок: дослідження кількісного надходження зерна залізницею та коефіцієнтів його нерівномірності, узагальнення результатів).*

21. Станкевич Г.М., Кац А.К., Шпак В.М. Дослідження кількісно-якісних характеристик відвантаження зерна на водний транспорт на ТОВ «Укрелеваторпром» // Зб. тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії 16-19 квітня 2019 р. Одеса, ОНАХТ. С. 6-8. *(Особистий внесок: збір статистичних даних з відвантаження зерна на підприємстві у 2012-14 рр., побудова гістограм, формулювання висновків).*

22. Шпак В.М., Станкевич Г.М., Кац А.К., Борта А.В. Аналіз ефективності відвантаження зерна на водний транспорт на ТОВ «Укрелеваторпром» // Зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції [«Технології харчових продуктів і комбікормів»]. (Одеса, 24-29 вересня 2019 р.) / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2019. С. 9-11. *(Особистий внесок: проведення хронометражу завантаження суден зерном у 2015-16 рр., побудова та аналіз гістограм, узагальнення результатів).*

23. Станкевич Г.М., Дмитренко Л.Д., Кац А.К., Шпак В.М. Дослідження транспортних потоків надходження зерна залізницею на ТОВ «Укрелеваторпром» // Збірник тез доповідей 80 наукової конференції викладачів академії 7-8 травня 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій; ред. Б. В. Єгоров та ін. Одеса, 2020. С. 5-6. URL: https://www.onaft.edu.ua/download/konfi/2020/Thesis_80_scientific_conference_of_teachers_2020.pdf *(Особистий внесок: дослідження транспортних потоків та обсягів надходження зерна залізницею у 2015-16 рр., визначення продуктивності приймального пристрою, формулювання висновків).*

АНОТАЦІЯ

Шпак В. М. Удосконалення технології приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах. – *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 комбікормів, олійних і луб'яних культур» (181 – Харчові технології). – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2020.

Дисертація присвячена удосконалення технології приймально-відпускних операцій та зберігання зерна на зернових терміналах, що дозволить підвищити якість та ефективність відвантаження суднових партій зерна за вимогами контрактів на зернових терміналах.

У дисертації розглянуто сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку зернових терміналів, встановлено кількісно-якісні характеристики зерна, що надходить на зернові термінали автомобільним транспортом та залізницею, досліджено формування зернових мас з автомобільних і залізничних партій у силосах великого діаметру та визначено ефективність використання місткості силосів, досліджено температурні характеристики зерна при його накопиченні та зберіганні у силосах великого діаметру. Встановлено закономірності динаміки приймання зернових мас автомобільним та залізничним транспортом, проведено хронометраж окремих етапів надходження зерна та визначено коефіцієнти нерівномірності його надходження. Дослідити кількісно-якісні характеристики зерна та суден, визначити тривалість окремих етапів, фактичну продуктивність відвантаження зерна на водний транспорт, та однорідність суднових партій за показниками якості. На основі графоаналітичного моделювання зовнішньої і внутрішньої роботи зернових терміналів визначено коефіцієнти інтенсивного і екстенсивного використання основних норій.

Удосконалено технологію приймально-відпускних операцій, зберігання та формування суднових партій зерна на перевантажувальних зернових терміналах та рекомендації з її застосування у виробничих умовах. Визначити економічну ефективність впровадження результатів роботи.

Ключові слова: зерно, зернові термінали, приймально-відпускні операції, зберігання зерна, якість зерна, формування партій зерна, відвантаження зерна

ANNOTATION

Shpak V. M. Improvement of the technology of receiving and dispensing operations and grain storage at grain terminals. – *Qualifying scientific work as a manuscript.*

Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree (PhD) in specialty 05.18.02 "Technology of cereals, legumes, animal feed and industrial crops" (181 – Food technologies). – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2021.

The dissertation is devoted to the improvement of the technology of receiving and selling operations and storage of grain at grain terminals, which will improve the quality

and efficiency of grain shiploads according to the requirements of contracts at grain terminals.

Recently, modern grain terminals have been built and are being built in Ukrainian ports for receiving, accumulating, forming export consignments of grain and shipping. However, little attention is paid to the issues of improving the technological processes of grain terminals. The regularities of grain delivery dynamics have also been insufficiently studied, there are no actual values of the duration of the individual stages of grain acceptance from various types of transport and the coefficients of uneven grain flow. There are certain problems with the formation of the optimal composition and ensuring the uniformity of grain heavy shiploads.

The dissertation presents the results of grain flow characteristics research by road in 2012-2018. The quantitative and qualitative characteristics of grain supplied by road and rail have been established. The ratio of the volumes of grain taken from vehicles and from the railway is shown.

The features of the placement of grain masses in large metal silos are considered, the uneven distribution of moisture and trash in the layers of grain during filling and unloading of silos is shown.

The dynamics of changes in the temperature of grain during storage in a silo, in which it was stored for a long period, has been investigated. The influence of various factors on the grain temperature was confirmed - the location of the silos relative to the cardinal points, the proximity of the grain to the walls of the silos and the roof, the time of day, and others. It has been shown that the best time for measuring the temperature of grain in a silo is 7 or 20 hours, which give a weighted average grain temperature closer to the real one.

The results of studies of grain masses flow dynamics by road and rail transport are presented. The periods of grain supply by road transport, daily average and maximum volumes of grain supply, as well as actual values of the coefficients of daily irregularity of grain supply by road transport have been determined. For grain terminals, the concept of the coefficient of monthly irregularity of grain flow by road has been introduced. For 2018, this coefficient based on data from Ukrelevatorprom LLC was 1.73. Its use in the calculations of grain acceptance lines from vehicles will contribute to a more accurate justification of the performance of the transport equipment of grain terminals. The timing of unloading of cars was carried out, its longest stages were revealed and the ways of their reduction were shown.

The results of studies of the quantitative and qualitative characteristics of grain delivery to water transport are presented. The analysis of the distribution of the shares of clean deadweight vessels and the ratio of the grain transported by them. It is shown that the smallest amount of grain was transported by vessels with a net deadweight of up to 15 thousand tons, and the optimal deadweight is 30-45 thousand tons, since the volume of grain exported by them is the largest.

The results of the timing of loading ships with the help of a mobile ship-loading machine are described, the actual time of loading the ships and the actual productivity of the lines for delivering grain to ships are determined. It is shown that vessels of small, medium and large deadweight use the loading machine efficiently, despite the downtime associated with moving it from hold to hold when loading and leveling

grains. It was found that when supplying grain to ships of large and small carrying capacity, the actual productivity of the distribution line, excluding the downtime of transport mechanisms, was about 500 t / h, which is significantly lower than the passport capacity (1200 t / h). The highest productivity of grain delivery lines (more than 700 t / h) was achieved for medium-tonnage vessels (53 thousand tons).

Optimal composition of a ship export consignment of wheat grain weighing 35 thousand tons and its shipment at the grain terminal of LLC Ukrelevatorprom are presented.

The article describes the results of the working patterns analysis of the movement of grain and waste of grain terminals of LLC "Ukrelevatorprom" and LLC "Ilyichevsk Grain Terminal"

The results of calculations and estimates of economic efficiency from the production of work results in the production process are presented. It is shown that the return on investment for the modernization (increase in productivity) of the grain shipping line for water transport will pay off by 20% in less than 3 years. Experimental verification of quality indicators of the export batch of wheat grain of the optimal composition in the volume of 40 thousand tons, which was formed at Ukrelevatorprom LLC. It confirmed compliance with the requirements of the contract for its quality, which provided a profit of 3312.3 thousand grivnas (UAH).

The appendices show the chronological and deadweight characteristics of ships when delivering grain in 2013-2014, calculating the technical and economic indicators of LLC Ukrelevatorprom when increasing the productivity of lines for delivering grain to water transport, recommendations for improving receiving and leaving operations and storage of grain at grain terminals, as well as acts of implementation of the results of work in the educational process and production.

Key words: *grain, grain terminals, acceptance and release operations, grain storage, grain quality, formation of grain consignments, grain shipment.*

Підписано до друку 18.03.2021 р. Формат 60×90/16.
Ум.-друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим.

ОНАХТ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039