

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Мехатронні системи та транспортні  
технології

проф. \_\_\_\_\_ Анатолій ПАНЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»

(ступінь вищої освіти)

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА ПІД ЧАС  
ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ПРИВАТНИМ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМ ПІДПРИЄМСТВОМ  
«ПРИМОРСЬКИЙ»**

***ЗІМСД.047.000000ПЗ***

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи

Спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПІ Агроінженерія

(цифра і назва спеціальності та ОПІ)

\_\_\_\_\_ **Олександр ТИСЛЕНКО**

Керівник професор

Консультант професор

Нормоконтроль ст. викл.

Рецензент

Мелітополь – 2021 рік

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків та списку використаної літератури. Робота викладена на 74 сторінках машинописного тексту, містить 18 рисунків, 7 таблиць та бібліографію, що включає 40 найменувань.

Мета дослідження – підвищення ефективності перевезень зерна під час збирання врожаю аграрних підприємств шляхом застосування логістичного центру в складі виробника продукції.

Об'єкт дослідження – процеси транспортного обслуговування у «пікові» періоди збирання зернових на аграрних підприємствах.

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують процес перевезення зерна під час збирання зернових з застосуванням логістичних центрів у складі виробника продукції.

Між запитом на транспортне обслуговування збирання зернових, потужністю логістичного центру та продуктивністю збиральних комплексів існує взаємозв'язок, який дозволить прогнозувати кількість транспортних засобів для перевезення врожаю.

Новизна одержаних результатів полягає в отриманні математичного апарату, який дозволяє визначити ймовірності обслуговування транспортних процесів через логістичний центр та ймовірності виконання замовлення на перевезення зерна у залежності від кількості автомобілів; розробці методики, яка дозволяє виконати прогноз на перевезення зерна та розрахувати необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення транспортного обслуговування. Методика є основним розрахунковим інструментом для роботи логістичного центру, який входить до складу виробника зерна.

**ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ, ЗБИРАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, АУТСОРСИНГ**

## ВСТУП

Обсяг транспортного обслуговування у виробництві продукції рослинництва складає 20% і більше, що складається із витрат на навантажувально-розвантажувальні та транспортні роботи. Проблема раціонального використання транспорту посилюється необхідністю скорочення строків збирання врожаю через значні втрати внаслідок осипання зерна, а так само можливістю повною мірою надавати транспортні послуги в «пікові» періоди збирання.

Аналіз обсягу вантажних перевезень у «пікові» періоди збирання врожаю свідчить про те, що аграрні підприємства повинні мати великий автомобільний парк, який в інші періоди, не пов'язані із збиранням врожаю, не будуть завантажені. Складність транспортного обслуговування аграрних підприємств полягає в тому, що транспортні потоки, при виробництві продукції рослинництва, повинні бути пов'язані з технологічним процесом.

Найбільш перспективним науковим напрямком вирішення проблем транспортного забезпечення аграрних підприємств та підвищення ефективності використання транспортних засобів є використання методів транспортної логістики, яка займається плануванням, керуванням, контролем та регулюванням переміщення матеріальних та інформаційних потоків у просторі і часі. Слід відзначити зростання інтересу і конкуренції в сфері транспортної логістики та в інших областях виробництва, що пов'язано з підвищенням вимог, які пред'являються до якості та своєчасності транспортних послуг. Такі актуальні завдання, як прогнозування та побудова плану вантажоперевезень, підвищення рівня інформативного забезпечення, інтеграції в логістичних системах, вимагають системного підходу до вирішення.

Аналіз функціонування аграрних підприємств дозволяє зробити висновок, що існують «пікові» навантаження на транспортне обслуговування під час збирання врожаю. Транспортний парк, який знаходиться на балансі

аграрних підприємств, не в змозі забезпечити «пікові» навантаження, а отже змушений залучати транспортні засоби інших організацій на правах аутсорсингу. Для пошуку таких організацій, оформлення та укладання договорів на транспортне обслуговування, прогнозування обсягу перевезень та розрахунку необхідної кількості транспортних засобів необхідно створення логістичного центру. Доцільніше логістичний центр створювати у складі виробника продукції, тобто у складі аграрного підприємства. Це дозволить прогнозувати «пікові навантаження» на транспортне обслуговування та попередньо розраховувати інтенсивність заявок на транспортне обслуговування.

У цьому зв'язку об'єктом дослідження є процеси транспортного обслуговування у «пікові» періоди збирання зернових на аграрних підприємствах.

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують процес перевезення зерна під час збирання зернових з застосуванням логістичних центрів у складі виробника продукції.

Мета дослідження – підвищення ефективності перевезень зерна під час збирання врожаю аграрних підприємств шляхом застосування логістичного центру в складі виробника продукції.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

1. Розробити математичну модель функціонування транспортно-логістичного центру у складі виробника вантажу.
2. Виконати математичне моделювання транспортного обслуговування на прикладі збирання зернових при наявності транспортно-логістичного центру.
3. Розробити методику розрахунку продуктивності збиральних комплексів та транспортних засобів для їх обслуговування.
4. Розробити практичні рекомендації з побудови технологічного процесу транспортного обслуговування на прикладі збирання ранніх зернових культур на прикладі ПСП «Приморський».

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Аналіз логістичної діяльності в зерновому комплексі

Доставка вантажів розглядається як складна система, на яку впливають ефекти глобалізації, інтеграція різних видів транспорту, географічно розподілені операції і розширені бізнес-моделі [1, 2].

Автомобільний транспорт – найпоширеніший і доступний вид транспорту у багатьох країнах світу. За обсягом перевезень в тоннах за 2019 рік він займає 25 % від загального обсягу, перевозячи більш 242,7 млн. тон усіх вантажів країни [1, 3]. Автомобільний транспорт має високу мобільність, велику різноманітність транспортних засобів за вантажністю, вантажоємністю, призначенням, конструктивним і фактично економічним характеристикам. Від якості роботи автомобільного транспорту залежать організація безперебійної торгівлі, задоволення попиту населення на товари, успішне виконання плану товарообігу, швидкість товароруку, розмір товарних запасів, рівень витрат за статтями, собівартість продукції і рівень рентабельності торгівлі, заготівельної та виробничої діяльності [1, 4].

В період збору врожаю зернових культур виникає суттєва потреба в залученні великої кількості транспортних засобів для забезпечення своєчасного вивозу зазначеної групи сільськогосподарських вантажів з полів до тимчасових місць зберігання [1]. Окрім цього, сам процес збору врожаю характеризується наявністю деяких труднощів, що постають перед аграріями та безпосередньо впливають на технологію доставки: відсутність необхідної кількості сільськогосподарської техніки, не завжди сприятливі погодні умови, недостатні провізні можливості власного парку транспортних засобів, суттєве обмеження в часі при зборі врожаю та інше.

З огляду на стратегічну важливість для економіки України стабільного розвитку зернового сектора, проблема підвищення якості системи зернової логістики на сьогоднішній день є досить актуальною для нашої країни в сучасних умовах транспортного ринку, тому потрібно розробити методичний

підхід щодо удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом для подальшого зниження втрат на всьому шляху постачання по території України.

В сучасних умовах доставка зернових вантажів здійснюється залізничним транспортом, морським та автомобілями-зерновозами, при перевантаженнях зерна з одного виду транспорту на інший втрачається та псується певний відсоток зерна, так як його потрібно перевантажувати з одного виду транспорту на інший. Набагато вигідніше зерно поміщати одразу в автомобіль і доправляти від відправника до пункту накопичення (елеватор, морський порт) без перевантажень. Так би мовити «від дверей до дверей» [1, 5].

За даними Державної служби статистики, перевезення зерна автомобільним транспортом у I півріччі 2019 року сягнули 7,2 млн. тонн, що на 46 % більше, ніж за аналогічний період 2018 року [3]. Збільшення виробництва і заготівлі зерна різних культур – необхідна умова для забезпечення нормального споживання населення продуктами харчування, запасами насіння на посівні цілі, промисловості – сировиною, тваринництва – кормами державних резервів, з метою подальшого поліпшення та створення добробуту населення країни, а також забезпечення продовольчої безпеки країни.

Незважаючи на те, що Україна вважається крупним виробником та постачальником зернових культур на протязі багатьох років, визначення проблем зернової логістики з'явилося лише в останні роки. Шляхів щодо вирішення визначених проблем зернової логістики в українській науці досить мало, тому сьогодні абсолютно очевидно, що об'єктивною необхідністю є систематизація практичного досвіду та розробка заходів підвищення ефективності транспортування зернових вантажів [1, 6].

Нагромаджені за останнє десятиліття проблеми в агропромисловому комплексі України вимагають системного, комплексного підходу до їх вирішення, включаючи заходи економічної, соціальної, екологічної та

науково-технічної політики держави [7]. Аналіз розробок та публікацій вчених, які досліджували удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом, дозволяє визначити основні результати та напрямки розвитку [1]:

- формування стійких систем доставки вантажів з урахуванням існуючих ресурсів: елеватори, порти, водні шляхи, залізниця та дорожня інфраструктура на основі сучасних методів моделювання [8, 9];

- формування раціональних технологій доставки з урахуванням стохастичності попиту на транспортні послуги [10, 11];

- впровадження термінальних систем та логістичних центрів при організації доставки та обслуговування замовлень [12, 13];

- розробка та удосконалення логістичних ланцюгів постачання різних видів товарів з урахуванням рівня замовлень, втрат при виконання операцій з вантажем [14, 15].

Розглянуті наукові праці щодо теоретико-методологічних засад логістичної діяльності в зерновому комплексі дозволили встановити, що удосконалення організаційного управління якістю в проектах з надання транспортних послуг поки що не було предметом спеціального дослідження. Розглянуті праці стосуються лише окремих аспектів цієї проблеми і мають фрагментарний характер. Тому стан наукового опрацювання зазначеної проблеми не можна вважати задовільним, а сама проблема потребує дослідження.

Аналіз поточного стану питань у області ефективного управління якістю доставки зерна показав, що сучасний стан зернового господарства України перебуває на досить високому рівні і має тенденції до швидкого розвитку. Проте шляхів щодо вирішення визначених проблем зернової логістики в українській науці досить мало, тому сьогодні абсолютно очевидно, що об'єктивною необхідністю є систематизація практичного досвіду та розробка заходів підвищення ефективності зернової логістики. Питання удосконалення управління якістю транспортування зернових

культур досі ще не було предметом спеціального вивчення, а тому потребує поглибленого дослідження та аналізу.

З наведеного аналізу видно, що в умовах широкого застосування інтенсивних агротехнологій і зростання обсягів виробництва зерна, підвищення ефективності використання транспорту стає особливо актуальним. При цьому особлива роль відводиться автомобільному транспорту, який безпосередньо пов'язаний з виконанням технологічних операцій сільськогосподарськими комплексами або машинами, наприклад, із зернозбиральними комбайнами.

Таким чином, для підвищення продуктивності збирально-транспортних комплексів необхідне застосування логістичного центру, який створений і функціонує у складі виробника продукції та виконує завдання узгодження робочих циклів збиральних комплексів і транспортних засобів.

## 1.2. Аналіз схем взаємодії зернозбиральних комбайнів і транспортних засобів

Для збирально - транспортних комплексів характерно безперервно - пульсуючий рух вантажу (зерна), що пов'язане з періодичністю наповнення бункерів комбайнів і їх вивантаженням.

У роботах К.І. Іскакова [16] і Х.І. Печеного [17] розглядається розрахунок необхідної кількості транспортних засобів з припущенням, що тривалість виконання технологічних операцій, час наповнення бункера, інтервали руху транспортних засобів – величини постійні.

Основні вимоги до технологічних схем при збиранні зернових є.

1. Вантажопідйомність транспортних засобів, використовуваних на зборі зерна від комбайнів, повинна дорівнювати вантажопідйомності автомобілів, що використовуються для транспортування зерна на тік.

2. Зернозбиральні комбайни повинні мати можливість незалежної роботи один від одного.



3. Можливість використання в потокової лінії збору та транспортування зерна транспортних засобів різної вантажопідйомності і продуктивності.

В даний час використовується ряд технологічних схем [18].

Перша схема - прямі перевезення. Транспортний засіб завантажується безпосередньо від комбайна і транспортує зерно на тік. Отже завантаження пов'язане з переміщенням транспортного засобу по полю від одного комбайна до іншого.

Переваги такої схеми є використання як тракторів з причепами, так і автомобілів і не потрібно додаткових витрат на перевантаження.

Недолік - низька продуктивність з - за низької узгодженості в роботі всіх складових.

Друга схема заснована на зборі зерна від комбайнів в тракторні причепи і транспортування їх до краю поля, де відбувається їх обмін на порожні. Цей спосіб має два різновиди:

- оборотні причепи буксируються по полю тракторами;
- оборотні причепи розставляються по полю для завантаження їх зерном з комбайнів.

Це виключає простої комбайнів, однак збільшує час їх вивантаження в причепи з - за під'їздів і від'їздів.

Недоліком даної системи є застосування в якості транспортних засобів тракторів, що при транспортуванні на тік не забезпечує високої швидкості руху.

Третя схема використовує мобільний причіп - перевантажувач, як додаткова ланка між групою комбайнів і групою великовантажних автомобілів на краю поля. Причіп - перевантажувач грає роль резервної ємності накопичувача зерна. Це не дозволяє простоювати групі комбайнів, тому причіп - перевантажувач є мобільним і виконує складальні операції.

Недоліком такої схеми є зростання матеріаломісткості і витрат енергії на одиницю отриманої продукції, тому причепи - перевантажувачі використовуються з енергонасиченими тракторами.

Четверта схема заснована на транспортуванні енергонасиченим трактором класу 5 двох автомобільних причепів загальною вантажопідйомністю 21 т. Можливий варіант розстановки в місцях передбачуваного вивантаження комбайнів і варіант збору зерна від комбайнів. Після завантаження трактор доставляє причепи до краю поля для підцепки до автомобілів.

Переваги - виключається і зменшується кількість автомобілів. До недоліків слід віднести простій автомобіля в очікуванні завантаження автомобіля.

П'ята схема передбачає застосування спеціальних автомобілів самоскидів, які обладнані вантажно - розвантажувальними пристроями системи «мультиліфт». Дані системи розроблені і описані в роботі [19].

Автомобіль обладнаний системою знімання і установки кузова, вантажопідйомністю 10 т. Автомобіль розвозить кузови по полю і встановлює їх в заздалегідь обумовлених місцях. Комбайн під'їжджає до кузова і вивантажує зерно в порожній кузов.

До достоїнств схеми відносять відсутність простою комбайнів. До недоліків - збільшення матеріаломісткості і енерговитрат на транспортування зерна і негативний вплив шин автомобіля на родючий ґрунт.

Розглянуті п'ять технологічних схем узгодження роботи комбайнів і транспортних засобів мають свої переваги і недоліки. Для раціонального вибору схеми роботи збирально - транспортного комплексу необхідно обґрунтувати і вибрати критерій оптимізації, за допомогою якого надалі вибрати ту чи іншу технологічну схему, яка забезпечувала би максимальну продуктивність процесу збирання зерна.

### 1.3. Аналіз шляхів моделювання логістичних систем вантажоперевезень при збиранні зернових

У зарубіжній літературі поняття логістики трактується як процес управління рухом і зберіганням продукції в господарському обороті. Розширення суміжних функцій в логістичному управлінні підприємством пов'язано з підвищенням попиту на комплексні послуги вантажоперевезень, зберігання і управління ланцюгами постачань [20]. Такі актуальні завдання, як побудова плану вантажоперевезень, формування ланцюгів постачань, підвищення рівня інформаційного забезпечення, вимагають системного підходу до вирішення.

Логістичний ланцюг вантажоперевезень формується, як між територіально розташованими підрозділами підприємства, так і між виробником і споживачем.

Авторами робіт [21-23] проаналізовано існуючі підходи до аналізу логістичних систем на підставі яких виділені наступні групи: моделювання найкоротших маршрутів при оптимізації руху транспортних засобів; інтеграція транспортних засобів; інтеграція структурних підрозділів керуючого та виконавчого секторів в єдину логістичну систему; підвищення рівня інформаційного забезпечення процесів вантажоперевезень; модернізація існуючих або розробка нових систем управління і диспетчеризація в логістичній системі. Ймовірнісне моделювання роботи логістичного ланцюга постачань припускає поряд з побудовою математичних моделей, враховувати обсяги вантажоперевезень і оцінювати їх вплив на основні показники ефективності логістичної системи.

Згідно роботи [21], процес функціонування логістичної системи можна розділити на такі складові: підготовка та підписання контракту на транспортне обслуговування з перевізником; процес перевезення вантажів; супровідні операції.

Моделювання логістичної системи вантажоперевезень відноситься до класу моделей оптимізації процесу транспортування і включає кілька видів завдань [24, 25]: планування обсягів вантажоперевезень; маршрутизація перевезень; задачі теорії розкладу і календарного планування.

Для опису взаємодії різних видів транспорту в логістичних центрах використовуються різні типи систем масового обслуговування. Обґрунтування ефективності такого підходу пов'язано з можливістю побудови аналітичних моделей для будь-якої конфігурації логістичних систем. Ймовірнісне моделювання за такими моделями дозволяє скоротити час на вантажно - розвантажувальні роботи.

Наявність вантажних потоків з високою інтенсивністю є визначальним фактором при оптимізації транспортних процесів. Вибрані оптимальні маршрути повинні відповідати жорстким вимогам, пов'язаним з ступенем завантаження, часу здійснення однієї їздки (обороту), використання найкоротших відстаней для руху. Здійснення коректної диспетчеризації транспортного процесу передбачає виключення зустрічних однотипних перевезень і мінімізацію таких показників, як кількість задіяних транспортних засобів та рівень порожніх пробігів.

Огляд існуючих підходів до моделювання логістичних систем, заснованих на різних математичних, економічних, імітаційних моделях, наведених у роботі [20], показав загальну тенденцію до комплексного застосуванню декількох методів. В роботі [26] проведено огляд методології DIMA для комплексного моделювання ланцюгів постачань, яка об'єднує оптимізаційні, статистичні, евристичні методи.

Дворівнева система моделювання транспортної системи наведена в роботі [27]. Підхід заснований на розгляді вантажоутворюючих і вантажопоглинаючих пунктів, а так само пунктів перевалки (перцепки) - в якості вузлів системи масового обслуговування, а кожен маршрут - у вигляді лінії зв'язку між вузлами. Такий підхід дозволяє спростити структуру логістичної системи, розбити її на ділянки для виконань моделювання.

Для використання системи масового обслуговування при моделюванні вантажоперевезень, необхідно враховувати наступні ознаки класифікації [28]:

- по числу каналів на обслуговування (одноканальні, багатоканальні);
- за якістю обслуговування (з чергою, з відмовою в обслуговуванні);
- за кількістю етапів (однофазні, багатофазні);
- за схемою обслуговування (впорядковані, не впорядковані, з пріоритетом);
- по обмеженню потоку заявок (замкнуті і відкриті).

Авторами роботи [20] наводиться ймовірнісна модель роботи, як деякої зосередженої системи, для моделювання якої використовується однофазна одноканальна модель. Автори припускають, що в загальній інфраструктурі логістичної системи великого масштабу є цілий ряд локальних логістичних центрів (підсистем), які в своїй спільній роботі можуть бути промодельовані як транспортна мережа, що складається з одно- і багатофазних моделей. Авторами отримані розрахункові формули для визначення ймовірності виконання замовлень на транспортне обслуговування. Застосовуючи розроблену модель можна розрахувати характеристики логістичної системи для конкретних значень замовлення на перевезення вантажів.

Аналіз літературних джерел з вирішення транспортних завдань у сільському господарстві показав, що є три підходи.

1. Оптимізація параметрів в транспортній системі з використанням детермінованих економіко-математичних моделей [29].
2. Застосування ймовірнісних моделей з використанням теорії масового обслуговування [28].
3. Імітаційне моделювання [30-33].

Високий рівень розробки моделей, а так само необхідності обліку випадкового характеру протікання технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві, призвели до використання теорії масового обслуговування [28].

Аналіз робіт, присвячених математичному моделюванню транспортних процесів у сільськогосподарському виробництві, дозволяє зробити висновок, що більшість моделей розроблено на базі теорії масового обслуговування. Це дозволило авторам таких моделей розробити методики розрахунку узгодженості складових елементів у системі (збирально-транспортному комплексі), так і розрахувати їх продуктивність. Однак такі методики носять приватний характер і не є універсальними.

Розробка методик розрахунку продуктивності всіх складових в технологічному ланцюгу постачань продукції рослинництва та їх узгодження з транспортними процесами, є актуальним завданням та направлено на підвищення ефективності використання транспортних засобів різної вантажопідйомності.

#### 1.4. Обґрунтування об'єкта досліджень. Мета і задачі досліджень

Проблема раціонального використання транспорту посилюється необхідністю скорочення строків збирання врожаю через значні втрати внаслідок осипання зерна, а так саме можливістю повною мірою надавати транспортні послуги в «пікові» періоди збирання.

Аналіз обсягу вантажних перевезень у «пікові» періоди збирання врожаю свідчить про те, що аграрні підприємства повинні мати великий автомобільний парк, який в інші періоди, не пов'язані із збиранням врожаю, не будуть завантажені. Складність транспортного обслуговування аграрних підприємств полягає в тому, що транспортні потоки, при виробництві продукції рослинництва, повинні бути пов'язані з технологічним процесом. Найбільш перспективним науковим напрямком вирішення проблем транспортного забезпечення аграрних підприємств та підвищення ефективності використання транспортних засобів є використання методів транспортної логістики, яка займається плануванням, керуванням, контролем та регулюванням переміщення матеріальних та інформаційних потоків у

просторі і часі. Слід відзначити зростання інтересу і конкуренції в сфері транспортної логістики та в інших областях виробництва, що пов'язано з підвищенням вимог, які пред'являються до якості та своєчасності транспортних послуг. Такі актуальні завдання, як прогнозування та побудова плану вантажоперевезень, підвищення рівня інформативного забезпечення, інтеграції в логістичних системах, вимагають системного підходу до вирішення.

У цьому зв'язку об'єктом дослідження є процеси транспортного обслуговування у «пікові» періоди збирання зернових на аграрних підприємствах.

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують процес перевезення зерна під час збирання зернових з застосуванням логістичних центрів у складі виробника продукції.

Мета дослідження – підвищення ефективності перевезень зерна під час збирання врожаю аграрних підприємств шляхом застосування логістичного центру в складі виробника продукції.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

1. Розробити математичну модель функціонування транспортно-логістичного центру у складі виробника вантажу.
2. Виконати математичне моделювання транспортного обслуговування на прикладі збирання зернових при наявності транспортно-логістичного центру.
3. Розробити методику розрахунку продуктивності збиральних комплексів та транспортних засобів для їх обслуговування.
4. Розробити практичні рекомендації з побудови технологічного процесу транспортного обслуговування на прикладі збирання ранніх зернових культур на прикладі ПСП «Приморський».

### 1.5. Висновки по розділу

Аналіз функціонування аграрних підприємств дозволяє зробити висновок, що існують «пікові» навантаження на транспортне обслуговування під час збирання врожаю. Транспортний парк, який знаходиться на балансі аграрних підприємств, не в змозі забезпечити «пікові» навантаження, а отже змушений залучати транспортні засоби інших організацій на правах аутсорсингу. Для пошуку таких організацій, оформлення та укладання договорів на транспортне обслуговування, прогнозування обсягу перевезень та розрахунку необхідної кількості транспортних засобів необхідно створення логістичного центру. Доцільніше логістичний центр створювати у складі виробника продукції, тобто у складі аграрного підприємства. Це дозволить прогнозувати «пікові навантаження» на транспортне обслуговування та попередньо розраховувати інтенсивність заявок на транспортне обслуговування.



## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

### 2.1. Структура математичної моделі транспортного обслуговування із застосуванням логістичного центру

З аналізу ролі транспортних засобів та особливостей їх використання в процесі збирання зернових, який представлений в першому розділі, випливає, що в процесі збирання врожаю існують «пікові» навантаження на вантажні перевезення врожаю. Наприклад, після збирання ранніх зернових починається збирання соняшнику, потім кукурудзи та цукрових буряків. Особливо великі обсяги перевезень при збиранні цукрових буряків, де дальність перевезення вантажу сягає 50-70 км, маса перевезеного вантажу 60-180 тис тон, час на перевезення не більше 60 днів. Для виконання такого обсягу перевезень в аграрних підприємствах повинен бути автомобільний парк, який містить 100-200 одиниць вантажних автомобілів. Утримання такого автопарку із завантаженістю 2-3 місяці в році є економічно недоцільним. Тому аграрні підприємства застосовують схему аутсорсингу, тобто залучення транспортних засобів інших організацій будь-якої форми власності. Для керування транспортними процесами з використанням аутсорсингу необхідно організувати у складі виробника продукції транспортно-логістичний центр.

Під транспортно-логістичним центром будемо розуміти господарську структуру, яка надає послуги з наймання транспорту, прогнозуванню обсягу перевезень, планування використання транспорту, організації перевезень, інформаційне забезпечення. Функціонування транспортно-логістичного центру у складі аграрного підприємства має на меті скоротити терміни перевезень вантажів, а отже і обсяги втрат врожаю, що принесе економічний ефект аграрному підприємству.

Структуру транспортно-логістичного центру в складі виробника, можна представити у вигляді схеми, яка зображена на рис.2.1.

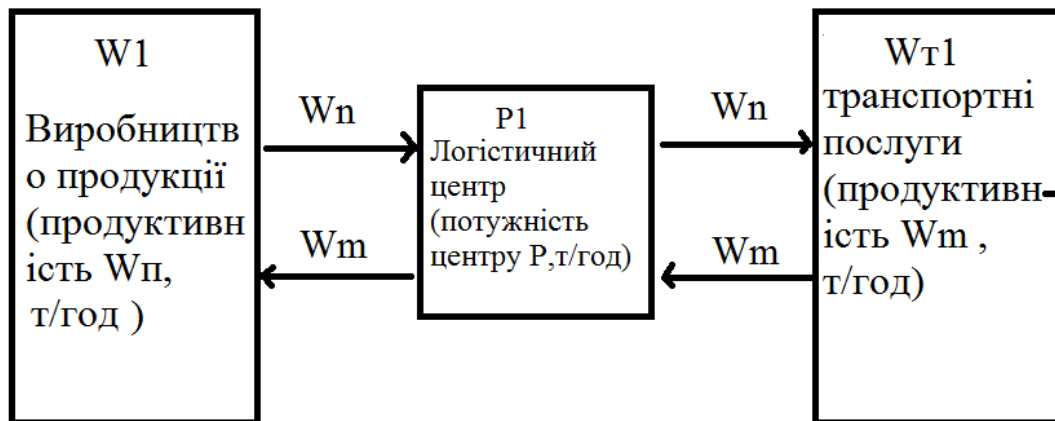


Рис.2.1 – Структурна схема транспортно-логістичного центру

Для підвищення рівня інформаційного забезпечення процесів вантажоперевезень, модернізації існуючих або розробки нових систем керування транспортним процесом та диспетчеризації в логістичному центрі, необхідно розробити математичну модель транспортно-логістичного центру згідно структурної схеми, наданої на рис.2.1.

Моделювання циклу функціонування транспортно-логістичного центру проводиться з метою поліпшення основних показників транспортного процесу та процесу виробництва продукції, а також подальшого прогнозування і дослідження.

Для побудови математичної моделі функціонування транспортно-логістичного центру скористаємося основними положеннями теорії масового обслуговування. Для цього необхідно прийняти основні допущення і обмеження.

1. Транспортне обслуговування технологічного процесу збирання зернових транспортними засобами розглядатиме як несталий (випадковий) процес з коливаннями продуктивності в часі, отже потік заявок на перевезення вантажу будемо розглядати як пуасонівський, де інтервал часу

між замовленнями на перевезення є випадкова величина, яка розподілена по показовому закону:

$$f(t)=\lambda^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність потоку заявок на перевезення вантажів, 1/год;

$t$  – поточний час, в якому моделюється процес вантажоперевезень.

2. Систему обслуговування транспортно-логістичного центру будемо розглядати як одноканальну систему масового обслуговування, а систему транспортних послуг, як багатоканальну, що складається з  $N$  каналів, тобто  $N$ - автомобілів.

3. В якості інтенсивності потоку заявок на обслуговування збирання зернових транспортними засобами будемо приймати сумарну продуктивність збиральних комплексів (зернозбиральних комбайнів)  $W_n$ , т/год, що і показано на рис. 2.1. В якості інтенсивності потоку заявок на обслуговування (виконання заявок на обслуговування), будемо приймати сумарну продуктивність всіх транспортних засобів,  $W_m$ , т /год.

4. Структуру системи обслуговування транспортними засобами будемо розглядати як багатоканальну, що складається з  $N$  автомобілів. Структура такої системи представлена на рис. 2.2, де  $S_0, S_1, S_2, S_N$  – стан системи, а  $W_{mc}$  – продуктивність одиничного транспортного засобу.

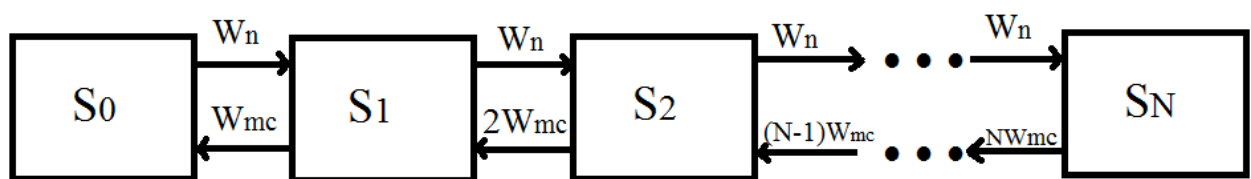


Рис.2.2 – Структура багатоканальної системи транспортного обслуговування

Розроблені структури транспортно-логістичного центру (рис. 2.1) та багатоканальної системи транспортного обслуговування (рис. 2.2) дозволяють розробити математичні моделі даних процесів.

## 2.2. Розробка моделі функціонування транспортно-логістичного центру

Отримані структурні схеми транспортно-логістичного центру (рис 2.1) та багатоканальної системи обслуговування транспортними засобами (рис. 2.2), відповідно до теорії дослідження операцій, можна розглядати як графи станів [34].

Визначимо стан системи транспортно - логістичний центр, рис.2.1.

Стан  $W_1$  – система перебуває в очікуванні вантажу, логістичний центр  $P_1$  і транспортні засоби  $W_{m1}$  вільні.

Стан  $P_1$  – логістичний центру прогнозує об'єм перевезень, маршрути, розраховує кількість транспортних засобів.

Стан  $W_{m1}$  – всі елементи системи, включаючи транспортні засоби беруть участь у виробництві та перевезенні продукції.

Стрілками з ліва на право показано інтенсивність заявок на перевезення вантажу,  $W_n$ ; з права на ліво – інтенсивність транспортного та логістичного обслуговування.

На основі графа станів (рис. 2.1), можна за допомогою правила Колмогорова отримати систему диференціальних рівнянь, яка дозволить визначити ймовірність перебування системи в будь-якому із станів.

У лівій частині рівняння розташована похідна ймовірності стану, а права частина містить стільки членів, скільки стрілок пов'язано з даним станом. Якщо стрілка направлена зі стану, то відповідний член має знак «мінус», якщо в стан, то знак «плюс». Кожен член дорівнює добутку інтенсивності на ймовірність стану з якого виходить стрілка.

Застосовуючи правило Колмогорова, запишемо систему диференціальних рівнянь для рис .2.1 [34]:

$$\begin{aligned} \frac{dp(W_1)}{dt} &= -W_{пр}(W_1) + W_{тр}(P_1), \\ \frac{dp(P_1)}{dt} &= W_{пр}(W_1) + W_{тр}(W_{m1}) - W_{тр}(P_1) - W_{пр}(P_1), \\ \frac{dp(W_{m1})}{dt} &= -W_{тр}(W_{m1}) + W_{пр}(P_1). \end{aligned} \quad (2.2)$$

Застосовуючи умову, що в початковий момент часу, коли  $t = 0$ , похідні в лівій частині рівнянь системи (2.2) будуть дорівнюють нулю. Переносячи в ліву частину значення зі знаком мінус, отримуємо систему лінійних рівнянь:

$$\begin{aligned} W_{\text{пр}}(W_1) &= W_{\text{пр}}(P_1), \\ (W_m + W_{\text{п}})p(P_1) &= W_{\text{пр}}(W_1) + W_{\text{тр}}(W_{m1}), \\ W_{\text{тр}}(W_{m1}) &= W_{\text{пр}}(P_1). \end{aligned} \quad (2.3)$$

Розв'яжемо систему (2.3) наступним чином. Висловимо всі ймовірності через  $p(W_1)$ .

З першого рівняння отримуємо:

$$p(P_1) = \frac{W_{\text{п}}}{W_m} p(W_1). \quad (2.4)$$

З третього рівняння отримуємо:

$$p(W_{m1}) = \frac{W_{\text{п}} + W_{\text{п}}}{W_m + W_m} p(W_1). \quad (2.5)$$

Беручи до уваги умову, що сума всіх ймовірностей дорівнює одиниці, запишемо:

$$p(W_1) + \frac{W_{\text{п}}}{W_m} p(W_1) + \frac{W_{\text{п}}^2}{W_m^2} p(W_1) = 1. \quad (2.6)$$

Вирішуючи рівняння (2.6), отримуємо:

$$p(W_1) = \frac{1}{1 + \frac{W_{\text{п}}}{W_m} + \frac{W_{\text{п}}^2}{W_m^2}}. \quad (2.7)$$

Отримані рівняння (2.4), (2.5) і (2.7) дозволяють моделювати роботу транспортно-логістичного центру з визначенням ймовірностей знаходження в тому чи іншому стані.

В отриманих вище формулах застосовується параметр  $W_m$ , який характеризує інтенсивність виконання заявок на перевезення, а отже залежить від кількості транспортних засобів їх вантажопідйомності і дальності перевезення вантажу.

Для розробки математичної моделі функціонування транспортних засобів розглянемо структуру багатоканальної системи транспортного обслуговування, яка представлена на рис. 2.2.

Застосуємо значення стану системи.

Стан  $S_0$  – всі  $N$  автомобілів вільні і знаходяться в очікуванні вантажу.

$S_1$  - один автомобіль виконує рейс решта  $N - 1$  вільні.

$S_2$  - два автомобілі виконують рейс, решта  $N - 2$  вільні.

$S_N$  - всі  $N$  автомобілі виконують рейс, вільних автомобілів немає.

Зі стану в стан по стрілках зліва-направо систему переводить інтенсивність потоку заявок на перевезення вантажу.  $W_n$  визначається як сумарна продуктивність збиральних комплексів, одиниця вимірювання т/год.

Стрілками з права на ліво визначається інтенсивність обслуговування збиральних комплексів автомобілями. При цьому, коли працює один автомобіль, інтенсивність обслуговування дорівнює продуктивності автомобіля  $W_{mci}$ , т/год. При наявності  $N -$  автомобілів,  $N \cdot W_{mci}$ , що і відображено над стрілками (рис. 2.2).

$$\begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= -W_{np0} + W_{mc}P_1, \\ \frac{dp_1}{dt} &= -(W_n + W_{mc})p_1 + W_{np0} + 2W_{mc}P_2, \\ \frac{dp_2}{dt} &= -(W_n + 2W_{mc})p_2 + W_{np1} + 3W_{mc}P_3, \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \frac{dp_N}{dt} &= -NW_{mc}P_N + W_{npN-1}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Застосовуючи умову, що в початковий момент часу при  $t = 0$  всі похідні ймовірностей станів рівні нулю, перепишемо систему рівнянь у вигляді системи лінійних рівнянь [34]:

$$\begin{aligned} W_{np0} &= W_{mc}P_1, \\ (W_n + W_{mc})p_1 &= W_{np0} + 2W_{mc}P_2, \\ (W_n + 2W_{mc})p_2 &= W_{np1} + 3W_{mc}P_3, \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ NW_{mc}P_N &= W_{npN-1}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Висловлюючи  $P_1$  через  $P_0$  першого рівняння [34]:

$$P_1 = \frac{W_n}{W_{mc}} P_0. \quad (2.10)$$

Підставляючи послідовно в інші рівняння отримаємо [34]:

$$P_2 = \frac{W_{\pi}^2}{W_{mc} * 2W_{mc}} P_0, \quad (2.11)$$

$$P_3 = \frac{W_{\pi}^3}{W_{mc} * 2W_{mc} * 3W_{mc}} P_0, \quad (2.12)$$

$$P_N = \frac{W_{\pi}^N}{W_{mc} * 2W_{mc} \dots NW_{mc}} P_0. \quad (2.13)$$

Або в загальному вигляді вираз для визначення ймовірностей можна записати [34]:

$$P_N = \frac{(W_{\pi}/W_{mc})^N}{N!} P_0. \quad (2.14)$$

Застосовуючи умову, що при  $t > 0$  сума всіх ймовірностей системи дорівнює одиниці [34]:

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_N = 1, \quad (2.15)$$

і підтримуючи у вираз (2.15) значення ймовірностей, отримаємо вираз для  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{(W_{\pi}/W_{mc})}{1!} + \frac{(W_{\pi}/W_{mc})^2}{2!} + \dots + \frac{(W_{\pi}/W_{mc})^N}{N!}}. \quad (2.16)$$

Застосовуючи отримані вирази (2.10) - (2.16) можна визначити необхідну продуктивність системи транспортного обслуговування:

$$Wm = W_{\pi}(1 - p_N). \quad (2.17)$$

Необхідна кількість транспортних засобів для роботи системи транспортного обслуговування можна визначити за виразом:

$$N = \frac{W_{\pi}}{W_{mc}}(1 - p_N). \quad (2.18)$$

Застосовуючи рівняння (2.17) для визначення продуктивності системи транспортного обслуговування можна виконати моделювання роботи транспортно-логістичного центру застосовуючи рівняння (2.4), (2.5) і (2.7).

Це дозволить визначити потужність логістичного центру, яка дорівнює продуктивності системи транспортного обслуговування. При цьому система транспортного обслуговування, що складається з  $N$  автомобілів, залучаються з аутсорсингу, протягом поточного часу роботи розраховується і формується логістичним центром.

### 2.3. Розрахунок продуктивності транспортних засобів та збирального комплексу

Продуктивність транспортного засобу для вивезення продукції врожаю з поля до місця зберігання або переробки визначається за формулою, яка наведена в роботах [24, 25, 35, 36]:

$$W_{\text{ТС}} = \frac{q_{\text{н}} * \gamma * \beta * \vartheta_{\text{т}}}{(l_{\text{гр}} + \vartheta_{\text{т}} * \beta * t_{\text{п-р}})}, \quad \frac{\text{т}}{\text{год}} \quad (2.19)$$

де  $q_{\text{н}}$  – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу;

$\beta$  – коефіцієнт використання пробігу;

$\vartheta_{\text{т}}$  – технічна швидкість транспортного засобу км/год;

$l_{\text{гр}}$  – пробіг з вантажем транспортного засобу, км;

$t_{\text{п-р}}$  – час навантаження і розвантаження транспортного засобу, год.

Коефіцієнт використання вантажопідйомності визначається за виразом:

$$\gamma = \frac{q_{\text{ф}}}{q_{\text{н}}},$$

де  $q_{\text{ф}}$  – фактична вантажопідйомність визначається за виразом:

$$q_{\text{ф}} = V_{\text{к}} * q * K_{\text{з}}, \quad \text{т}, \quad (2.20)$$

де  $V_{\text{к}}$  – об'єм кузова,  $\text{м}^3$ ;

$q$  – щільність вантажу зерна,  $\text{кг} / \text{м}^3$ ;

$K_{\text{з}}$  – коефіцієнт заповнення кузова.

Коефіцієнт використання пробігу визначається за виразом:

$$\beta = \frac{l_{\text{зп}}}{l_{\text{заг}}}, \quad (2.21)$$

де  $l_{\text{гр}}, l_{\text{заг}}$  – пробіг з вантажем і загальний пробіг без вантажу, км.

Продуктивність збирального комплексу визначається за виразом:

$$W_{\text{к}} = 0.1 * B * V_{\text{к}} * Q * K_{\text{см}} * K_{\text{п}} * K_{\text{с}}, \quad \frac{\text{т}}{\text{год}}, \quad (2.22)$$

де 0,1 – корегуючий коефіцієнт в систему СІ;



$B$  – ширина захвату жатки, м;

$V_k$  – робоча швидкість комбайна; км/год;

$Q$  – врожайність культур, т/га;

$K_{cm}$  – коефіцієнт використання робочої зміни;

$K_n$  – коефіцієнт полеглості зернових;

$K_c$  – коефіцієнт солонистості.

Сумарна продуктивність збирального комплексу складається з  $N$  комбайнів і дорівнює:

$$W_n = N * W_k, \text{ т/год.} \quad (2.23)$$

Знаючи сумарну продуктивність збирального комплексу  $W_n$  можна за формулою (2.17) визначити необхідну продуктивність транспортних засобів  $W_t$ , а також необхідну кількість автомобілів, формула (2.18), яке забезпечить виконання транспортних послуг логістичним центром.

Структурна блок-схема алгоритму моделювання транспортних процесів в логістичному центрі складається з визначення вхідних даних, які впливають на цей процес.

Основним вхідним параметром є визначення продуктивності збиральних комплексів, яка залежить від:

- площі збирання  $S$ , га;
- врожайності  $Q$ , та / га;
- технічних характеристик комбайна, таких як ширина захвату, робоча швидкість руху, пропускна здатність, обсяг бункера;
- зовнішніх умов у вигляді насипної щільності зерна, коефіцієнтів використання робочого часу.

Другим вхідним параметром є визначення продуктивності транспортного засобу, яка залежить від:

- номінальній вантажопідйомності транспортного засобу  $q_n$ , т;
- коефіцієнта використання вантажопідйомності  $\gamma$ ;
- дальності перевезення вантажів  $l_{tr}$ , км;

- коефіцієнт використання пробігу  $\beta$ ;
- технічної швидкості транспортного засобу  $V_T$ , км/год;
- часу навантаження-розвантаження транспортного засобу,  $t_{п-р}$ , год.

Моделювання транспортного процесу, а також роботи логістичного центру з визначення кількості автомобілів та їх залучень через аутсорсинг по всім перерахованим вище вхідним параметрам дозволить побудувати прогноз на вантажоперевезення, а отже забезпечити безперебійну роботу транспортно-логістичного центру з максимальною потужністю. Обмеженням при моделювання є величина  $W_{п}$  - продуктивність збирального комплексу, яка повинна прагнути до максимуму.

Алгоритм моделювання роботи транспортно-логістичного центру представлений на рис. 2.3.

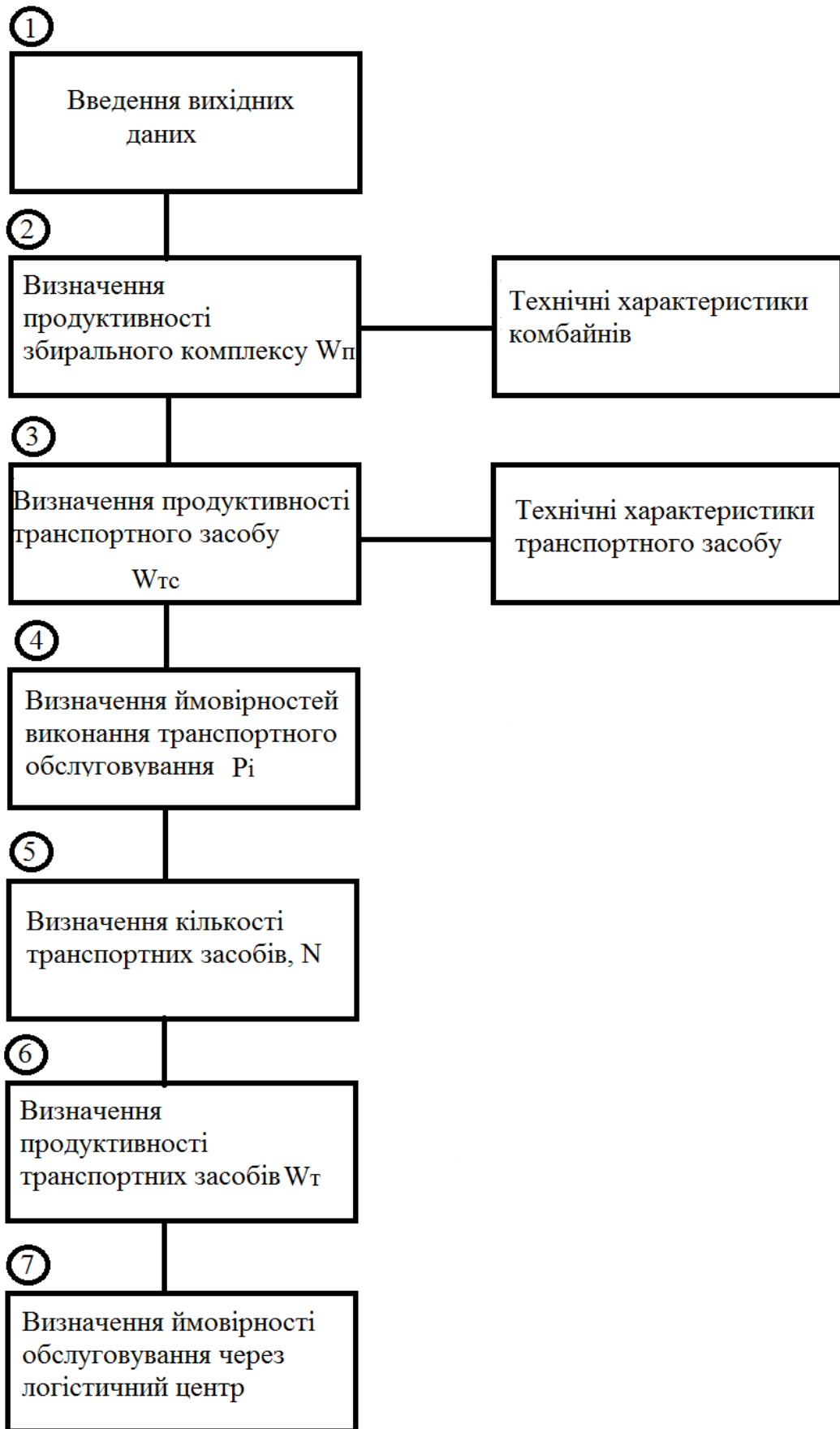


Рис.2.3 – Алгоритм моделювання роботи транспортно-логістичного центру

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена структура математичної моделі транспортного обслуговування при збиранні зернових із застосуванням логістичного центру. Отримані математичні вирази розрахунку ймовірності обслуговування транспортних процесів через логістичний центр і ймовірності виконання замовлення на перевезення зерна у залежності від кількості автомобілів.

2. Отримані вирази для визначення продуктивності збирального комплексу, транспортного засобу і необхідної кількості транспортних засобів для обслуговування збиральних комплексів через логістичний центр. Отримані вирази дозволяють сформулювати замовлення на залучення автомобілів через аутсорсинг.

3. Результати математичного моделювання транспортного обслуговування збиральних комплексів залежно від їх продуктивності показали, що існує оптимальна кількість транспортних засобів, необхідних для обслуговування, застосування яких забезпечить їх ефективне використання з максимальною продуктивністю. За результатами моделювання доведено, що потужність логістичного центру повинна дорівнювати продуктивності збирального комплексу.

4. За результатами математичного моделювання отримано залежності, що дозволяють визначити оптимальну кількість транспортних засобів для обслуговування збиральних комплексів з урахуванням їх продуктивності і дальності перевезення вантажу.

5. Розроблено методику розрахунку параметрів збирально-транспортного процесу під час збирання зернових. Методика дозволяє виконати прогноз на перевезення зерна і розрахувати необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення транспортного обслуговування. Методика є основним розрахунковим інструментом для роботи логістичного центру, який входить до складу виробника зерна.

6. На прикладі площ, що підлягають збиранню зернових культур приватним сільськогосподарським підприємством «Приморський» та

відстаней перевезення зерна визначені параметри транспортної технології збирання зернових культур. Розраховано необхідну кількість автомобілів для забезпечення транспортного обслуговування комбайнів, з урахуванням врожайності зернових, вантажопідйомності автомобілів та дальності перевезення вантажу. Розрахунковим шляхом встановлено, що застосування автомобілів з причепами дозволяє зменшити їх необхідну кількість з 9 до 5 шт.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павленко О.В., Волкова Т.В. аналіз теоретико-методологічних засад логістичної діяльності в зерновому підкомплексі // Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ, 2020. – с. 7-10.
2. R. Costa, R. Jardim-Goncalves, P. Figueiras, M. Forcolin, M. Jermol, R. Stevens (2016). Smart Cargo for Multimodal Freight Transport: When “Cloud” becomes “Fog”, IFAC-Papers OnLine. 49 (12), 121-126.
3. Нефьодов В.М., Павленко О.В., Калініченко О.П. Обсяги роботи підприємств транспорту. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Нефьодов, В.М. Побудова моделі системи перевезення партійних вантажів у міжміському сполученні // Комунальне господарство міст, 2018. – № 142. – С. 103-107.
5. Velykodnyi D., Pavlenko O. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic. International journal for traffic and transport engineering, 2017, 7(2), С. 164-175.
6. Столбуненко, Н.М., Церковна А.В. Особливості та перспективи розвитку зернової логістики в Україні // Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління, 2017. – № 16. – 2 (36). – С. 188-198.
7. Shramenko, N., Pavlenko, O., Muzylyov, D. Information and Communication Technology: Case of Using Petri Nets for Grain Delivery Simulation at Logistics System, CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2353, 935-949.
8. Okyere, S., Yang, J.Q., Aning, K.S., Zhan, B. Review of Sustainable Multimodal Freight Transportation System in African Developing Countries: Evidence from Ghana. International Journal of Engineering Research in Africa, 2019, 41, 155-174.
9. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic

approach in the international cargo delivery system. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 2019, 21(2), 3-12.

10. Krajewska, M.A., Kopfer, H. Transportation planning in freight forwarding companies: Tabu search algorithm for the integrated operational transportation planning problem. *European Journal of Operational Research*, 2019, 197 (2), 741-751.

11. Naumov, V., Omelchenko, T. Model of the Delivery Routes Forming Process as a Service Provided by Forwarding Companies. *Procedia Engineering*, 2017, 187, 167-172.

12. Rosanoa, M., Demartinia, C.G., Lambertia, F., Perboliab, G. A mobile platform for collaborative urban freight transportation. *Transportation Research Procedia*, 2018, 30, 14-22.

13. Нефьодов, В.М., Павленко О.В., Калініченко О.П. Методика формування ресурсозберігаючої технології доставки вантажів транспортно-логістичним центром // *Комунальне господарство міст*, 2018. – № 142. – С. 96-102.

14. Shramenko, N.Y., Shramenko, V.O. Optimization of technological specifications and methodology of estimating the efficiency of the bulk cargoes delivery process. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2019, 3, 146-151

15. Аулін, В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК // *Міжвузівський збірник: Наукові нотатки*, 2018. – № 62. – С. 8-11.

16. Искаков К.И. Экономическая эффективность крупногруппового использования уборочно-транспортных агрегатов на уборке зерновых / *Механизация и Электрификация сельского хозяйства*, 1991, №8, с.10-13.

17. Печеный Х.И. Организация работ на перевозке зерна от комбайнов / *Техника в сельском хозяйстве*, 1980, №6, с .14-18.

18. Лунякин В.Н. Оптимизация уборочно-транспортного процесса уборки зерновых культур с использованием передвижного перегружника.

Автореферат ,диссертация ,кандидат технических наук. - Москва, ГНУВИМ, 2004, -18с.

19. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение транспортной логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции. Автореферат диссертация доктора технических наук . – М . : 2007. – 36 с.

20. Попов А.В., Обрезанова Е.Р., Синебрюхова Е.Ю. Вероятное моделирование логистической системы грузоперевозок // Радиоэлектронные и компьютерные системы, 2012 , №1 (53) , с. 144-151.

21. Балакаев А.С. Логистика формирования цепей поставок субъектами транспортного рынка // Логистика сегодня, 2010, №5, с. 286-294.

22. Гаспарян В.С. Моделирование оптимальной логистической цепи // Логистика сегодня, 2010, №1, с. 18-22.

23. Довнар В. Совершенствование логистического механизма автомобильных грузоперевозок // Наука и инновации, 2010, №3. Режим доступа к журналу [http:// innosfera.org](http://innosfera.org). –15.12.2011.

24. Неруш Ю.М. Транспортна логістика [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://stud.com.ua/22438/logistika/transportna\\_logistika](https://stud.com.ua/22438/logistika/transportna_logistika).

25. Неруш Ю.М. Транспортна логістика: теорія і практика проектування [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://stud.com.ua/119781/logistika/logistika\\_teoriya\\_i\\_praktika\\_proektuvannya](https://stud.com.ua/119781/logistika/logistika_teoriya_i_praktika_proektuvannya).

26. Иванов Д.А. Разработка фундаментального междисциплинарного подхода к моделированию логистических и производственных сетей на основе DIMA // Логистика сегодня, 2008, №6, с. 346-353.

27. Левин Б.А., Мамаев Э.А., Багинова. В.В. О концепции построения моделей производственно-транспортных систем // Наука и техника транспорта , 2003, №4 , с. 8-17.

28. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания: учебное пособие для вузов. — М. : Высшая школа, 1982. — 256 с.



29. Дмитренко А.И. Методика статистического моделирования транспортных процессов / Сборник научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – зерноград : 2002, - 126 с.

30. Сидорчук О.В., Сидорчук Л.Л., Днесь В.І. Системні засади управління транспортними роботами у проектах збирання сільськогосподарських культур / Збірник наукових праць Подільського державного аграрно – технічного університету, 2010, № 18, с. 395-400.

31. Сидорчук О., Тридуба А., Днесь В. Системно подієвий підхід до управління роботами у проектах збирання ранніх культур / Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження, 2009, т.2, №13, с. 25-41.

32. Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І. Концептуальна формалізація конфігурації проектів зернозбирально – транспортних систем ./ Межвузівський збірник «Наукові нотатки» , - Луцьк : 2014 , №46, с . 479-783.

33. Сидорчук О.В. , Дуганець В.І. , Днесь В.І. Метод узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування / Східноєвропейський журнал передових технологій. - Харків: Технологічний центр, 2012 , №1 /10, с. 35-38.

34. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология.— 2-е изд., стер.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988,— 208 с.

35. Вільковський Є.К. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад): Підручник / Є.К. Вільковський, І.І. Кельман, О.О. Бакуліч. – Львів: «Інтелект-Захід», 2007. – 496 с.

36. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

37. Вимоги пожежної безпеки під час експлуатації транспортних засобів. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0279-15#Text>.

38. Рогач Ю.П. Пожежна безпека / Ю.П. Рогач. – Сімферополь, Таврия Плюс, 2001. – 124с.
39. Надзвичайна ситуація. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
40. Луценков В.Л., Бутко Д.А., Крыжачковский Н.Л. и др. Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности. – К.: Урожай, 1993 – 296 с.