

Форма № Н-9.02

**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 ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В  
ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР НА  
ПРИКЛАДІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«АГРОФІРМА «УКРАЇНА»**

***ЗІМСД.060.000000ІІЗ***

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, 22 МБ АІ групи

Спеціальності 208 Агроінженерія \_\_\_\_\_

за ОПІ Агроінженерія \_\_\_\_\_

(цифр і назви спеціальності та ОПІ)

\_\_\_\_\_ **Сергій НОВОСАДОВИЧ**

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 72 сторінках машинописного тексту, містить 20 рисунків, 10 таблиць та бібліографію, що включає 29 найменувань.

Мета дослідження – підвищення ефективності та зниження витрат на транспортні процеси при збиранні овочевих культур шляхом застосування транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Об'єкт дослідження – транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Ефективність транспортних процесів при збиранні овочевих культур можна підвищити використанням транспортних засобів з системою «мультиліфт», які функціонують в загальному технологічному процесі, як єдине ціле.

Новизна одержаних результатів полягає у розробці підходу щодо вибору раціональних параметрів використання вантажних автомобілів в умовах збирання овочевих культур, який на відміну від відомих використовує транспортні засоби з системою «мультиліфт», що дозволяє підвищити ефективність перевезень та зменшити витрати на транспортне обслуговування.

ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР,  
СИСТЕМА «МУЛЬТИЛІФТ», ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ,  
ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

## ВСТУП

В умовах широкого застосування інтенсивних технологій та збільшення обсягів виробництва овочевих культур, підвищення ефективності роботи транспорту стає особливо актуальним. При цьому провідна роль відводиться транспорту, безпосередньо зв'язаному з виконанням технологічних процесів у складі збиральних комплексів.

Проведений аналіз транспортних процесів в технологіях виробництва овочевих культур в господарствах Мелітопольського району Запорізької області показав, що коефіцієнт використання пробігу і вантажопідйомності не перевищує 0,5, що говорить про низьку ефективність використання транспортних засобів.

Пошук нових можливостей підвищення ефективності вантажних перевезень в галузі виробництва овочевих культур, висунув транспортну логістику в число найбільш перспективних напрямків господарської діяльності і управління транспортом, а також як міждисциплінарний науковий напрямок.

Постійно зростаючу цікавість до транспортної логістики за кордоном пов'язують з тим, що при даному підході забезпечується комплексний облік всіх витрат на виробництво продукції.

Транспортні потоки повинні бути узгоджені з технологічними процесами виробництва: збирання; перевалка через тимчасовий склад; транспортування. Тому розробка моделей транспортних процесів та методик розрахунку продуктивності і витрат на ці процеси в різних технологічних схемах є актуальним завданням і спрямовано на підвищення ефективності використання транспортних засобів.

Узагальнення світового досвіду вирішення транспортного забезпечення аграрного виробництва дозволяє встановити тенденцію попиту на транспортні засоби з системою «мультиліфт». Такі системи дозволяють скоротити кількість автомобілів в господарстві при одночасному підвищенні їх ефективності використання.

Тому, об'єктом дослідження є транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Мета дослідження – підвищення ефективності та зниження витрат на транспортні процеси при збиранні овочевих культур шляхом застосування транспортних засобів з системою “мультиліфт”.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити математичну модель розрахунку продуктивності комбайнів та транспортних засобів в технологічних процесах збирання овочевих культур.
2. Виконати моделювання функціонування комбайнів та транспортних засобів як єдиної системи.
3. Розробити методику розрахунку кількості транспортних засобів з використанням системи «мультиліфт».
4. Розробити практичні рекомендації з побудови транспортних процесів при збиранні овочевих культур з використанням системи «мультиліфт».

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

### 1.1. Аналіз місця транспортних процесів в технологіях збирання овочевих культур

Аналіз технологічних карт на вирощування продукції рослинництва [1, 2] демонструють, що щорічно в Україні вантажопотік таких культур, як ранні зернові, соняшникові, кукурудза, цукрові буряки становить понад 100 млн. тонн. Збиральний період для цих приведених культур становить 30 – 45 календарних днів. З цього слідує, що вантажопотік протягом доби становить понад 2,2 млн. тонн.

При виробництві продукції рослинництва на сьогоднішній день в роботі [3] обґрунтовані та використовуються в технологічних картах на вирощуванні сільськогосподарських культур [1, 2] чотири рівні забезпечення аграрних підприємств.

1. Підприємство з низьким рівнем ресурсного забезпечення. Це підприємство має площі до 100 га та використовує сорти насіння вітчизняного виробника. Технологічний потенціал – техніка вітчизняного виробництва з видобутком ресурсу більш ніж 50%. Автомобільний парк – автомобілі ГАЗ – 53, ЗиЛ – 130 з вантажопідйомністю 3 – 5 тонн. Такі господарства забезпечують врожайність цукрового буряку на рівні 30 т/га.

2. Підприємство з задовільним рівнем ресурсного забезпечення. Площа землі таких підприємств складає до 2500 га, врожайність цукрового буряку 40 – 45 т/га. Автопарк складається з автомобілів різної вантажопідйомності від 3 до 10 тонн. В транспортних процесах використовують автомобілі КамАЗ і МАЗ, що підвищують продуктивність вантажоперевезень а також знижує витрати на перевезення.

3. Підприємство з достатнім рівнем ресурсного забезпечення. Посівні площі складають понад 3000 га. Врожайність цукрового буряку 50 - 60 т/га .

Автопарк змішаного типу, автомобілі невеликої вантажопідйомності 3 – 5 т застосовуються для завантаження посівних агрегатів та розвозу добрив. Великовантажні автомобілі і тягачі західних та вітчизняних фірм. Широко застосовуються автомобілі, які мають змінні кузови, наприклад, системи «мультиліфт» [4]. Таке поєднання транспортних засобів дозволяє здійснювати обов'язкову схему закріплення транспорту за комбайнами, що підвищує продуктивність збирального комбайну і знижує витрати праці на вантажні перевезення.

4. Підприємство з високим рівнем ресурсного забезпечення. Посівні площі таких підприємств складають понад 10000 га. Врожайність цукрового буряку 60 - 70 т/га . Транспортні засоби таких господарств складаються, в загальному, з автомобілів великої вантажопідйомності західного виробництва. Широко застосовуються причепи – перевантажувачі, які агрегуються з тракторами класу 3 і 5 т, бункери – накопичувачі, як стаціонарні так і мобільні. Набуває поширення використання в технологічних процесах збирання цукрового буряку різноманітних «компенсаторів» [5], тобто транспортних засобів, які є проміжною ланкою між збиральними комбайнами та великовантажними автомобілями, що дозволяє виключити простої комбайнів в процесі збирання, і відповідно, підвищити продуктивність збирально – транспортних комплексів.

При складанні технологічних карт в рослинництві [1, 2] не відображаються особливості виконання транспортних процесів в залежності від рівня забезпечення підприємств. Задача оптимізації транспортних потоків в господарствах різноманітного рівня ресурсного забезпечення повинна розв'язуватися шляхом знаходження комбінації транспортних засобів та відстані доставки вантажу, яка забезпечить мінімальні витрати. Типовими питаннями при вирішенні таких завдань є:

- вибір технологічної схеми закріплення транспорту за комбайнами (індивідуальна, групова, знеособлена);

- розрахунок ритмічності або циклічності надходження вантажу, для бурякозбиральних комбайнів це циклічність заповнення бункера;
- вибір маршрутів руху транспортних засобів при доставці цукрового буряку на цукровий завод;
- вибір типу транспортних засобів для роботи у складі збиральних комплексів.

Продуктивність праці в сільському господарстві, згідно робіт [6–9], визначається величиною продукції в натурі, виробленою однією людиною. Головним критерієм оцінки праці та ефективності виробництва – величина прибавочного продукту, отриманого при виконанні трудового циклу. Згідно роботи [9] цей параметр тотожній рентабельності праці:

$$P_m = \frac{(C + D - Z_m - A - Z_n - Z_{np}) \cdot \Pi \cdot Y}{K_m}, \text{ грн/люд} \quad (1.1)$$

де  $C$  – ціна продукції, грн/т;

$D$  – всі види дотацій на продукцію, грн/т;

$Z_m$  – витрати матеріальних ресурсів, грн/т;

$A$  – амортизація основних засобів, грн/т;

$Z_n$  – заробітна плата, грн/т;

$Z_{np}$  – інші витрати, грн/т;

$\Pi$  – площа оброблюваної землі, га;

$Y$  – врожайність, т/га;

$K_m$  – чисельність зайнятих у виробництві, люд.

Таким чином, економічна ефективність праці підвищиться, якщо:

$$C, D, Y, \Pi \rightarrow \max,$$

$$K_m, Z_m, A, Z_n, Z_{np} \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

На основі формули (1.1) в роботі [4] наведена формула для розрахунку витрат на перевезення однієї тонни виробленої продукції:

$$C = \frac{L \cdot K \cdot \Gamma}{\Delta P} + \frac{Z_n + A_{T3} + Z_{T3} + Z_{np}}{P}, \text{ грн/т} \quad (1.3)$$

де  $L$  – відстань їздки за один цикл, «комбайн – тимчасовий склад – комбайн», км;

$K$  – вартість 1 кг паливо-мастильних матеріалів (ПММ), грн.;

$G$  – витрати ПММ на 1 км шляху, кг;

$\Delta P$  – маса вантажу, яка перевезена транспортним засобом за один цикл, т;

$Z_n$  – заробітна плата водіїв за збиральний період, грн.;

$A_{ТЗ}$  – амортизація транспортних засобів за збиральний період, грн.;

$Z_{ТЗ}$  – витрати на технічне обслуговування транспортних засобів за збиральний період, грн.;

$Z_{np}$  – інші витрати на транспорт за збиральний період, грн.;

$P$  – маса вантажу, яка перевезена транспортним засобом за один цикл, т.

Зниження витрат на транспортні процеси при збиранні цукрового буряку, як слідує з формули (1.3) можливе за рахунок підвищення вантажопідйомності автомобілів з одночасним зниженням кількості автомобілів. Це можливо за рахунок застосування нових транспортних технологій, які дозволяють забезпечити рівність продуктивності групи комбайнів та групи великовантажних автомобілів, працюючих як одна система. При такій схемі організації збирально – транспортних комплексів необхідно використовувати проміжні «компенсатори», тобто перевалочні транспортні засоби між комбайнами і великовантажними автомобілями. Обґрунтування такої транспортної схеми дано в роботах [10, 11].

В багатьох технологічних процесах, де приймає участь транспорт, присутні елементи оптимізації з врахування екологічних факторів, головним із яких є пошкодження шару гумусу при заїзді на поле автомобілів, не призначених для роботи на м'якому ґрунті.

З виконаного аналізу можна зробити висновок, що одним із перспективних напрямків підвищення продуктивності засобів транспорту при збиранні овочевих культур є використання «компенсаторів» у вигляді причепів–перевантажувачів, змінних кузовів, бункерів–накопичувачів.



## 1.2. Аналіз типів транспортних засобів, які застосовуються в технологіях збирання овочевих культур

Призначення транспортних засобів в технологіях рослинництва полягає в технологічному обслуговуванні посівних агрегатів, машин для внесення добрив, збиральних комплексів. Транспортний засіб забезпечує безперервний технологічний процес матеріалами або транспортуванням вирощеної продукції до місця зберігання або переробки. Тому транспортні процеси в технологічних операціях можна поділити на дві групи.

1. Транспортні процеси, які доставляють матеріали для посіву та догляду за рослинами.

2. Транспортні процеси зв'язані з транспортуванням отриманого врожаю з поля до місця зберігання або переробки.

Як перша, так і друга група транспортних процесів складають систему з сільськогосподарськими машинами, агрегатами та забезпечують єдиний технологічний робочий цикл.

Транспортні засоби по співвідношенню з сільськогосподарськими машинами можна підпорядкувати на:

- транспортні засоби з жорстким зв'язком із сільськогосподарською машиною, агрегатом;
- транспортні засоби з пульсуючим зв'язком.

Жорсткий зв'язок потребує постійного знаходження транспортного засобу на полі, а пульсуючий залежить від циклу виконання робочих операцій, отже транспортний засіб може обслуговувати групу машин або агрегатів.

Найбільш складна закономірність, це прив'язка транспорту до комбайнів при збиранні овочевих культур. Заповнення бункера комбайна відбувається циклічно. При роботі групи комбайнів на одному полі можна ввести поняття період циклічності, який необхідно узгодити з транспортним циклом. При такому підході також можливі два варіанти. Транспортна технологія може бути прямою або перевалочною. При прямій технології транспортний засіб приймає

овочеві культури в кузов відразу від комбайну, отже автомобіль заїжджає на поле, а при перевалочній технології автомобіль знаходиться з краю поля і приймає овочеві культури в кузов через «компенсатор», або через тимчасовий склад. Якщо при таких технологіях години циклу комбайнів менші годин циклу автомобілів, то в процес вводиться декілька автомобілів [12]. Така закономірність справедлива для транспортних засобів з вантажопідйомністю 15–20 т, та рівна накопиченому врожаю в бункері комбайна. Однак, як відмічається в роботах [10–12], це найбільш витратна технологія перевезення вантажу.

Тому транспортні засоби вигідніше використовувати в перевалочному процесі, спочатку, як накопичувальні ємності, встановлювані в заздалегідь обумовлених місцях на полі, а потім, як великовантажні автомобілі, які забирають заповненні ємності.

Час робочого циклу транспортного засобу:

$$T_{TЗ} = \frac{P_{TЗ}}{P_K} \cdot t_{ЗОК} + t_{вант} + t_{роз} + t_{нов}, \text{ год} \quad (1.4)$$

де  $P_{TЗ}$  – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$P_K$  – вантажопідйомність бункера комбайну, т;

$t_{ЗОК}$  – час заповнення бункера овочевими культурами, год;

$t_{вант}$  – час їздки транспортного засобу з вантажем, год;

$t_{роз}$  – час розвантаження, год;

$t_{нов}$  – час повернення транспортного засобу, год.

Як відмічено в роботах [10, 11] перевалочна транспортна технологія може бути ефективна при роботі високопродуктивних комбайнів в групі з транспортними засобами великої вантажопідйомності, 20–30 т.

Згідно роботи [10] кількість транспортних засобів для забезпечення роботи комбайну можна розрахувати за формулою:

$$n = \frac{T_{TЗ} \cdot W}{P_{TЗ}}, \quad (1.5)$$

де  $T_{TЗ}$  - час робочого циклу транспортного засобу, розраховується за формулою (1.4), год;

$W$  – продуктивність комбайну, т/год.

Формулу (1.5) можна застосовувати і для інших сільськогосподарських агрегатів, посівних або причепів-перевантажувачів. Такий підхід дозволяє технологічним процесам в рослинництві сформувати новий тип транспортних засобів, які включають шасі автомобіля, як енергетичний засіб і набір адаптерів у вигляді знімних ємностей для перевезення матеріалів та вантажів. Враховуючи те, що шасі автомобіля найбільш металоємна і дорога частина, то доповнення його різноманітними адаптерами, наприклад, адаптер завантаження посівних агрегатів, доставка добрив та пестицидів, перевезення врожаю, дозволить підвищити технологічні можливості транспорту без значного підвищення металоємності та вартості. Технологічний адаптер – це ємність для накопичення та перевезення матеріалу, швидкого завантаження та розвантаження.

Враховуючи те, що спеціалізовані транспортні засоби використовуються протягом року нерівномірно, використання технологічних адаптерів дозволить більш ефективно застосовувати шасі автомобілів.

На думку авторів робіт [12] парк транспортних засобів, які знаходяться безпосередньо у власності сільськогосподарських товаровиробників, повинен бути розрахований для робіт, пов'язаних з виконанням технологічних операцій посівного комплексу та догляду за рослинами. Тоді необхідність в транспортних засобах зводиться до автомобілів вантажопідйомністю 3–5 т.

Під час збирання врожаю доцільніше використовувати автомобілі великої вантажопідйомності – 10 т і більше, з технологічними адаптерами, а також залучати транспорт через аутсорсинг. Загальну частину робіт в цьому періоді доцільніше виконувати за рахунок потужності сервісних транспортно-логістичних центрів.

Методична основа задачі розрахунку парку транспортних засобів полягає у визначенні вантажопотоків, виділення точок згущення вантажопотоків і

розрахунку кількості та типу транспорних засобів для забезпечення запланованої транспортної роботи. В роботах [8, 9] передбачається класифікація логістичного центру за потужністю та вартістю вантажопереробки.

В першому приближенні задача розпадається на два етапи.

1. Аналіз вантажопотоків та виявлення точок згущення по критерію середньорічний вантажообіг.

2. Визначення місцезнаходження логістичного центру.

Функція вибору повинна містити значення потужності логістичного центру, під якою автор роботи [4] розуміє річний вантажообіг, рентабельність і вартість переробки одиниці вантажопотоку.

Принциповою відмінністю роботи транспортно–логістичного центру в рослинництві полягає в наступному.

1. Об'єднання розрізаних матеріальних потоків в єдиний наскрізний потік з урахуванням робочого циклу.

2. Виділення єдиної функції управління наскрізним матеріальним потоком, наприклад, рівність продуктивності комбайна та транспорних засобів.

3. Інтеграція окремих ланок транспортно–логістичного центра в систему, яка забезпечує максимальну потужність.

Для вирішення таких задач необхідна розробка математичних моделей з розрахунку і прогнозування вантажопотоків в різноманітних технологічних процесах рослинництва.

### 1.3. Аналіз застосування математичних моделей при рішенні транспортних задач в аграрному виробництві

Аналіз літературних джерел з розв'язку транспортних задач в сільському господарстві показав, що є три підходи [13–18]:

1. Оптимізація параметрів транспортної системи з використанням детермінованих економіко – математичних моделей [13].

2. Застосування ймовірнісних моделей з використанням теорії масового обслуговування [14].

3. Імітаційне моделювання [15–18].

Високий рівень розробки моделей, а також необхідність врахування випадкового характеру протікання технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві призвели до використання теорії масового обслуговування [14].

Аналіз робіт, присвячених математичному моделюванню транспортних процесів в 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 в системі (збирально–транспортний комплекс), так і розрахувати їх продуктивність. Але такі методики носять приватний характер і не є універсальними.

Розробка методик розрахунку продуктивності всіх складових в технологічному ланцюзі виробництва та перевалки овочевих культур та їх узгодження з транспортними процесами є актуальною задачею підвищення ефективності використання транспортних засобів різної вантажопідйомності.

#### 1.4. Аналіз світового досвіду створення та використання адаптивних транспортних засобів з системою “мультиліфт”

Для ефективного використання транспортних засобів в технологічних процесах аграрного виробництва активно розвивається напрямок адаптивних транспортних засобів. Це транспортні засоби на базі автомобілів – носіїв з системою змінних кузовів або контейнерів (адаптерів). В світовій практиці така система змінних кузовів отримала назву «мультиліфт» [4].

Змінний кузов (контейнер) – це швидкозмінний пристрій, встановлюваний на шасі автомобіля. Головна перевага таких транспортних засобів – виключення простоїв автомобіля в очікуванні вантажу, а також виключення простою сільськогосподарських машин в очікуванні автомобіля.

Найбільше поширення в Європі отримали системи «мультиліфт» фірми «Partek» (рис. 1.1).



Рис. 1.1 – Автомобіль з системою «мультиліфт» фірми «Partek»



Рис. 1.2 – Зовнішній вид автомобіля КамАЗ з системою «мультиліфт»

Адаптація шасі вантажних автомобілів КамАЗ і МАЗ під знімні кузови системи мультіліфт представленні на рис. 1.2 та 1.3.



Рис. 1.3 – Зовнішній вид автомобіля МАЗ з системою «мультіліфт»

Автомобіль, обладнаний системою «мультіліфт», може здійснювати установку, транспортування, самоскидне розвантаження та зняття стандартизованих змінних кузовів різного функціонального призначення (рис. 1.4). Навантажувально-розвантажувальний механізм монтується на універсальних підрамниках, що дозволяють працювати йому в комплексі з контейнером-мультіліфтом. Система перевезень "мультіліфт" дає колосальну економію на початкових витратах і витратах на експлуатацію транспортних засобів.

Система мультіліфт також може встановлюватися на тракторні причепи (рис. 1.5).

Вантажопідйомність приведених систем складає від 10 до 25 тонн, що дозволяє ефективно їх використовувати на різноманітних видах робіт, наприклад, під час збирання овочевих культур.

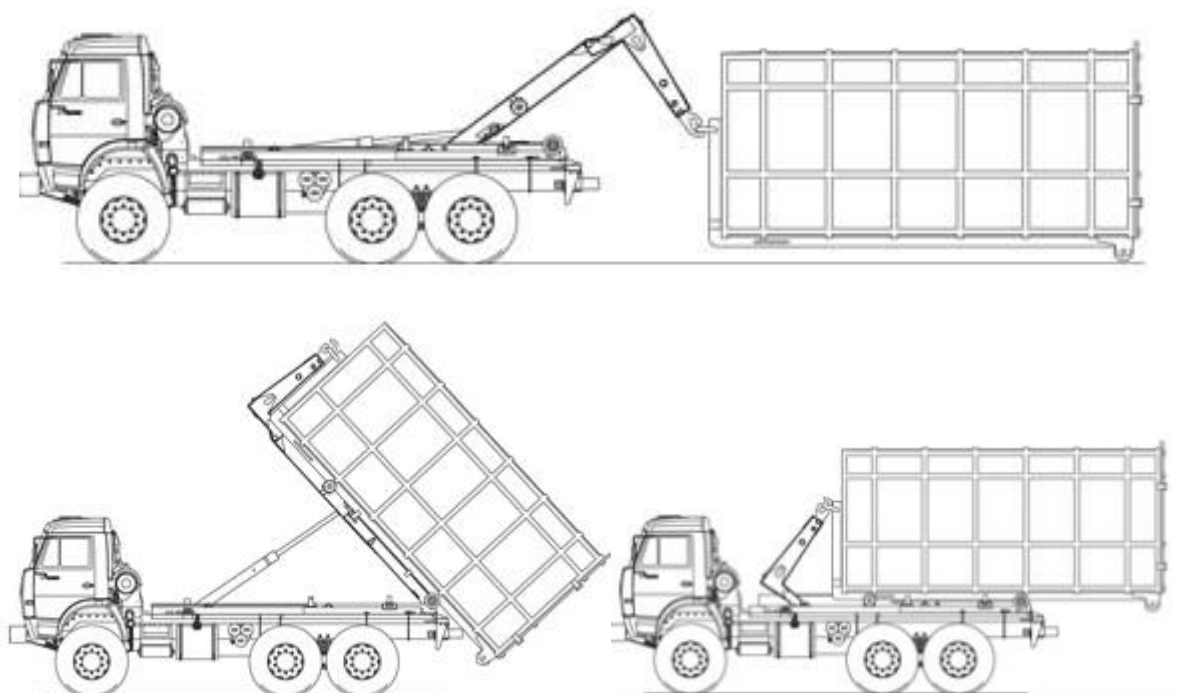


Рис. 1.4. Принцип роботи системи «мультиліфт»

Змінні кузови встановлюють перед початком збору з краю поля. Після заповнення бункера комбайна, комбайн під'їжджає до змінного кузова і вивантажує овочеві культури. Після заповнення змінного кузова автомобіль загрузає кузов на шасі, попередньо встановив порожній. Це дозволить скоротити кількість використовуваних автомобілів при транспортуванні вантажу, а отже знизити витрати на перевезення.



Рис. 1.5 – Система «мультиліфт» на тракторному причепі



Аналіз матеріалів останніх міжнародних виставок сільськогосподарської техніки свідчить про те, що за кордоном, в цілях раціонального використання техніки з перевезення вантажу, широко застосовується різноманітні системи «мультиліфт», як на базі шасі автомобіля, так і на базі причепів тракторів. Це дозволяє скоротити парк спеціалізованої техніки в господарстві, а також підвищити ефективність її використання на різноманітних видах транспортних робіт.

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

Технологічні процеси, які пов'язані зі збиранням врожаю необхідно забезпечити транспортними засобами великої вантажопідйомності з наборами адаптерів, які у світовій практиці отримали назву «мультиліфт». Використання автомобілів та тракторних причепів зі знімними кузовами дозволить підвищити ефективність використання транспортних засобів в процесі збирання овочевих культур, а також знизити кількість автомобілів, які приймають участь в процесі транспортування.

Транспортні потоки повинні бути узгоджені з технологічними процесами виробництва: збирання; перевалка через тимчасовий склад; транспортування. Тому розробка моделей транспортних процесів та методик розрахунку продуктивності і витрат на ці процеси в різних технологічних схемах є актуальним завданням і спрямовано на підвищення ефективності використання транспортних засобів.

Узагальнення світового досвіду вирішення транспортного забезпечення аграрного виробництва дозволяє встановити тенденцію попиту на транспортні засоби з системою «мультиліфт». Такі системи дозволяють скоротити кількість автомобілів в господарстві при одночасному підвищенні їх ефективності використання.

Тому, об'єктом дослідження є транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою «мультиліфт».

Предмет дослідження – функціональні залежності, що описують транспортні процеси в технологіях збирання овочевих культур із застосуванням транспортних засобів з системою «мультиліфт».

Мета дослідження – підвищення ефективності та зниження витрат на транспортні процеси при збиранні овочевих культур шляхом застосування транспортних засобів з системою «мультиліфт».

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити математичну модель розрахунку продуктивності комбайнів та транспортних засобів в технологічних процесах збирання овочевих культур.
2. Виконати моделювання функціонування комбайнів та транспортних засобів як єдиної системи.
3. Розробити методичку розрахунку кількості транспортних засобів з використанням системи «мультиліфт».
4. Розробити практичні рекомендації з побудови транспортних процесів при збиранні овочевих культур з використанням системи «мультиліфт».

## 1.6. Висновки по розділу

Узагальнення світового досвіду вирішення транспортного забезпечення аграрного виробництва дозволяє встановити тенденцію попиту на транспортні засоби з системою «мультиліфт». Використання автомобілів та тракторних причепів зі знімними кузовами дозволить підвищити ефективність використання транспортних засобів в процесі збирання овочевих культур, а також знизити кількість автомобілів, які приймають участь в процесі транспортування.

## РОЗДІЛ 2.

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗБИРАННІ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

### 2.1. Структура математичної моделі транспортних процесів при збиранні овочевих культур

Всі технологічні процеси в рослинництві забезпечуються транспортом, який доставляє необхідні матеріали для виконання операцій посіву, догляду за рослинами або транспортування продукції врожаю з поля до місць зберігання чи переробки. Під час спільної роботи транспорту і сільськогосподарських машин або агрегатів необхідно забезпечити єдиний технологічний цикл роботи. В іншому випадку неминучі простой або сільськогосподарських машин, або транспортних засобів, які забезпечують роботу даних машин.

Технологічний цикл можна оцінити часом на його виконання або продуктивністю машин та транспортних засобів, яка повинна бути однаковою.

При розробці математичної моделі транспортних процесів при збиранні овочевих культур, були прийняті наступні допущення та обмеження.

1. Час виконання замкнутого робочого циклу в усіх учасників технологічного процесу повинен бути однаковим. Наприклад, час заповнення бункера комбайну повинно дорівнювати часу транспортування даного вантажу транспортним засобом на тимчасовий склад і повернення транспортного засобу до комбайну. Або продуктивність комбайну повинна дорівнювати продуктивності транспортного засобу. Обмеженням даного процесу виступає максимальна продуктивність комбайну. В результаті моделювання процесу визначається така кількість транспортних засобів, при якій забезпечується максимальна продуктивність комбайну чи групи комбайнів.

2. Підвищення ефективності в транспортних процесах виробництва цукрового буряку можна досягти шляхом використання систем «мультиліфт» [4], або змінних кузовів агрегатів для одного автомобільного шасі, чи

тракторного причепа. Це дозволяє усунути простої транспорту в очікуванні прийому або віддачі вантажу.

3. При моделюванні транспортних процесів при збиранні овочевих культур будемо використовувати методичний підхід теорії масового обслуговування [14]. При цьому висувається допущення, що розглянутий транспортний процес, який протікає в системі «сільськогосподарська машина чи агрегат – транспортний засіб», є марковським, тобто всі потоки подій, які переводять систему із одного стану в другий являються пуассонівськими, тобто час знаходження системи в якомусь стані (очікування, робота), розділено за показовим законом [19, 20]. Отже, якщо пуассонівський потік стаціонарний, то інтервал часу  $t$  між подіями (циклами) є випадкова величина, яка розділена за показовим законом [19–21]:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (t > 0), \quad (2.1)$$

де  $\lambda$  – сумарна інтенсивність всіх потоків подій, які виводять систему з рівноваги.

Прийmemo допущення, що при розробці математичної моделі сумарна інтенсивність усіх потоків визначається як продуктивність  $W_C$  розмірністю т/год. В розглянутій задачі це максимальна продуктивність сільськогосподарських машин або комбайнів  $W_K$ .

Повернення системи з неусталеного стану назад в усталений, може здійснюватися за рахунок продуктивності транспортних засобів  $W_{ТЗ}$ . В такому випадку можливі три стани системи.

Перший стан – спостерігається простій комбайнів в очікуванні вивезення овочевих культур.

$$W_K > W_{ТЗ}. \quad (2.2)$$

Другий стан – спостерігається простій транспортних засобів в очікуванні завантаження лвлчевих культур.

$$W_K < W_{ТЗ}. \quad (2.3)$$

Третій стан – спостерігається ефективне використання транспортних засобів в системі при обмеженні  $W_K \rightarrow \max$ .

$$W_K = W_{TЗ}. \quad (2.4)$$

Використовуючи методичний підхід [22], побудуємо структуру системи транспортного обслуговування роботи комбайнів за умовою, що продуктивність прагне до максимуму. Граф стану такої системи представлений на рис. 2.1.

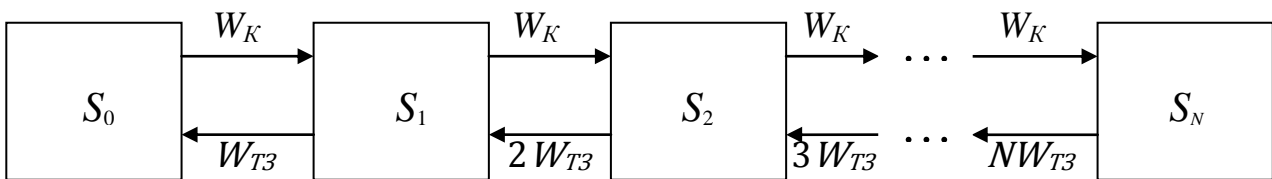


Рис. 2.1 – Граф стану транспортної системи обслуговування комбайнів

Розглянемо стан транспортної системи, яка складається з групи комбайнів у кількості  $N_K$ , та групи транспортних засобів  $N_{TЗ}$ .

Згідно рис. 2.1 будемо нумерувати стани системи за числом зайнятих транспортних засобів:

$S_0$  – всі транспортні засоби вільні і знаходяться в очікуванні овочевих культур від комбайнів;

$S_1$  – завантажено та перевозить овочеві культури перший транспортний засіб;

$S_2$  – завантажені та перевозять овочеві культури перший і другий транспортні засоби;

$S_N$  – завантажені та перевозять овочеві культури  $N$  транспортних засобів одночасно, тобто в очікуванні завантаження овочевих культур транспортних засобів немає.

За вказаними на рис. 2.1 стрілками зліва направо систему із стану в стан переводить один і той же потік – продуктивність комбайнів  $W_K$ , яка може бути постійною або змінюватися в часі за показовим законом.

Визначимо інтенсивності потоків обслуговування комбайнів транспортними засобами, які переводять систему у стан  $S_0$  за стрілками справа наліво.

Нехай система знаходиться у стані  $S_1$  (працює один транспортний засіб), тоді, як тільки транспортний засіб доставить овочеві культури на тимчасовий склад, розвантажиться і повернеться холостим пробігом назад, система перейде в стан  $S_0$ , а транспортний засіб має продуктивність  $W_{TЗ}$ . Очевидно, якщо при транспортуванні овочевих культур залучити два автомобіля, то продуктивність потоку обслуговування буде  $2W_{TЗ}$ , якщо  $N$  автомобілів –  $NW_{TЗ}$ , що і відображено під стрілками, які йдуть справа наліво.

Маючи розмічений граф стану транспортного процесу (рис. 2.1) можна визначити ймовірність стану:  $p_0(t)$ ;  $p_1(t)$ ;  $p_2(t)$ , ...,  $p_n(t)$ , як функцію часу. Ці ймовірності входять до диференціальних рівнянь – рівнянь Колмогорова [22]. Згідно правила Колмогорова в лівій частині рівняння стоїть похідна ймовірності стану, а в правій частині стільки членів, скільки стрілок входить та виходить із цього стану. Якщо стрілка виходить із стану, відповідний член має знак «мінус», якщо стрілка входить в стан, відповідний член має знак «плюс». Кожен член дорівнює похідній інтенсивності переходу на ймовірність того стану, з якого виходить стрілка [22].

Застосовуючи викладене вище правило, представимо систему диференціальних рівнянь для системи на рис. 2.1:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0}{dt} = -W_K \cdot p_0 + W_{TЗ} \cdot p_1; \\ \frac{dp_1}{dt} = -(W_K + W_{TЗ}) \cdot p_1 + W_K \cdot p_0 + 2W_{TЗ} \cdot p_2; \\ \frac{dp_2}{dt} = -(W_K + 2W_{TЗ}) \cdot p_2 + W_K \cdot p_1 + 3W_{TЗ} \cdot p_3; \\ \dots \\ \frac{dp_N}{dt} = -N \cdot W_{TЗ} \cdot p_N + W_K \cdot p_{N-1}. \end{array} \right. \quad (2.5)$$

Для рішення системи (2.5) скористаємося початковими умовами. В початковий момент часу при  $t = 0$ , комбайни знаходяться в стані роботи, а транспортні засоби в стані очікування, тобто  $p_1 = p_2 = \dots = p_N = 0$ . Підставляючи в ліву частину рівнянь значення нуль та переносючи змінні члени вліво, отримаємо систему лінійних рівнянь виду:

$$\begin{cases} W_K \cdot p_0 = W_{T3} \cdot p_1; \\ (W_K + W_{T3}) \cdot p_1 = W_K \cdot p_0 + 2W_{T3} \cdot p_2; \\ (W_K + 2W_{T3}) \cdot p_2 = W_K \cdot p_1 + 3W_{T3} \cdot p_3; \\ \dots \\ N \cdot W_{T3} \cdot p_N = W_K \cdot p_{N-1}. \end{cases} \quad (2.6)$$

З останнього рівняння:

$$p_N = \frac{W_K}{N \cdot W_{T3}} \cdot p_{N-1}. \quad (2.7)$$

Можна всі ймовірності висловити через  $p_0$ . В результаті отримаємо вирази для визначення ймовірності знаходження транспортних засобів в роботі (здійснення рейсу):

$$p_1 = \frac{W_K}{W_{T3}} \cdot p_0; \quad (2.8)$$

$$p_2 = \frac{W_K^2}{W_{T3} \cdot 2W_{T3}} \cdot p_0; \quad (2.9)$$

$$p_3 = \frac{W_K^3}{W_{T3} \cdot 2W_{T3} \cdot 3W_{T3}} \cdot p_0; \quad (2.10)$$

$$p_N = \frac{W_K^N}{W_{T3} \cdot 2W_{T3} \cdot 3W_{T3} \cdot \dots \cdot NW_{T3}} \cdot p_0. \quad (2.11)$$

Беручи нормовані умови, що сума всіх ймовірностей дорівнює 1:

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_N = 1, \quad (2.12)$$

отримаємо вираз для визначення  $p_0$ :

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{W_K/W_{T3}}{1!} + \frac{(W_K/W_{T3})^2}{2!} + \frac{(W_K/W_{T3})^3}{3!} + \dots + \frac{(W_K/W_{T3})^N}{N!}}. \quad (2.13)$$

В отриманих формулах за визначення ймовірності знаходження транспортних засобів в очікуванні вантажу  $p_0$ , а також ймовірності роботи першого автомобіля  $p_1$ , другого  $p_2$  і так далі  $\dots p_N$ , використовується співвідношення продуктивності групи комбайнів до продуктивності одного транспортного засобу,  $W_K/W_{T3}$ . Фізичний сенс даного відношення – це необхідна кількість транспортних засобів для забезпечення роботи збирального комплексу без простоїв з максимальною продуктивністю.

Приймаємо, що:

$$\frac{W_K}{W_{T3}} = N_{T3}, \quad (2.14)$$

де  $N_{T3}$  – кількість транспортних засобів необхідних для роботи сільськогосподарського комплексу без простоїв. Однак вираз (2.14) відноситься для усталеного (стаціонарного) процесу.

Під час моделювання будемо враховувати, що насправді процес є ймовірним і має коливання величини продуктивності  $W_K$  і  $W_{T3}$  у часі.

Отримані залежності (2.8 – 2.13) дозволяють моделювати знаходження в робочому циклі комбайнів та транспортних засобів, які працюють, як єдине ціле в залежності від зміни їх продуктивності, а також визначити кількість транспортних засобів необхідних для роботи комбайнів без простоїв (з максимальною продуктивністю) з урахуванням ймовірнісного процесу. Врахування ймовірності змін продуктивності  $W_K$  і  $W_{T3}$  за різними причинами дозволить підвищити точність моделювання.

Знаючи значення ймовірності знаходження транспортних засобів в стані очікування завантаження або здійснення рейсу можна визначити відносну та абсолютну продуктивність збирального комплексу.

Відносну продуктивність в безрозмірних одиницях можна розрахувати як:



$$g = 1 - p_N. \quad (2.15)$$

Абсолютну продуктивність «сільськогосподарський комплекс – транспортні засоби» можна розрахувати як:

$$G = W_K (1 - p_N). \quad (2.16)$$

Як слідує з формул (2.15) і (2.16) на величини продуктивності комплексів впливає кількість транспортних засобів, які обслуговують даний комплекс.

Ймовірність зупинки комплексу за причиною зайнятості усіх автомобілів на перевезенні овочевих культур, яку можна назвати ймовірністю зупинки визначається з виразу:

$$p_{зуп} = p_N = \frac{W_K^N}{W_{ТЗ} \cdot 2W_{ТЗ} \cdot 3W_{ТЗ} \cdot \dots \cdot NW_{ТЗ}} \cdot p_0. \quad (2.17)$$

Важливою характеристикою роботи «сільськогосподарський комплекс – транспортні засоби» є кількість необхідних автомобілів для обслуговування роботи комплексу з максимальною продуктивністю. Даний вираз можна знайти через абсолютну продуктивність  $G$  з рівняння (2.16), де  $G$  – це середня продуктивність, наприклад, збирального комплексу в одиницю часу, т/год.

Один зайнятий автомобіль обслуговує збиральний комплекс в одиницю часу з продуктивністю  $W_{ТЗi}$ , т/год. Середнє число автомобілів отримаємо за виразом:

$$N_{ТЗ} = \frac{G}{W_{ТЗi}} = \frac{W_K}{W_{ТЗi}} \cdot (1 - p_N). \quad (2.18)$$

Отримані рівняння дозволяють виконати математичне моделювання роботи збирального комплексу спільно з транспортними засобами за умовою максимальної продуктивності  $W_K$ . Рівняння (2.8–2.18) враховують ймовірнісний характер випадкового процесу і дозволяють визначити кількість транспортних засобів.

Вхідними величинами для моделювання є:

- продуктивність сільськогосподарського комплексу  $W_K$ , т/год;
- продуктивність одиночного транспортного засобу  $W_{ТЗi}$ , т/год.

## 2.2. Розрахунок продуктивності роботи збирального і транспортного комплексів та витрат на транспортування овочевих культур

Основною ланкою при моделюванні транспортних процесів в рослинництві є визначення продуктивності сільськогосподарського комплексу, наприклад, збирального.

Продуктивність одиничного збирального комбайну можна визначити за формулою [23, 24]:

$$W_{ki} = 0,1 \cdot B \cdot V_K \cdot Q \cdot K_{зм}, \text{ т/ГОД} \quad (2.19)$$

де  $B$  – ширина захвату комбайну, м;

$V_K$  – робоча швидкість руху комбайну, км/год;

$Q$  – врожайність, т/га;

$K_{зм}$  – коефіцієнт використання часу робочої зміни,  $K_{зм} = 0,75$ ;

Час заповнення бункера комбайна визначаємо з рівняння:

$$t_3 = \frac{V_{\delta} \cdot Q_{\delta} \cdot K_3}{1,8 \cdot q_K}, \text{ год.} \quad (2.20)$$

де  $V_{\delta}$  – об'єм бункера комбайну, м<sup>3</sup>;

$Q_{\delta}$  – щільність вантажу, кг/м<sup>3</sup>;

$K_3$  – коефіцієнт враховуючий заповнення бункера,  $K_3 = 0,9$ ;

$q_K$  – пропускна здатність комбайну, кг/сек.

Відстань або довжина гону, при якому відбувається заповнення бункера комбайну визначаємо з рівняння:

$$l_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\delta} \cdot Q_{\delta} \cdot K_3}{Q}}, \text{ км.} \quad (2.21)$$

При роботі в комплексі групи комбайнів, які складаються з кількості  $N_K$ , сумарна продуктивність буде дорівнювати:

$$W_K = N_K \cdot W_{ki}, \text{ т/ГОД.} \quad (2.22)$$

Час робочого циклу, коли бункер комбайнів буде заповнений визначаємо з рівняння:

$$T_{цК} = t_3 \cdot (N_K - 1). \quad (2.23)$$

Продуктивність одиничного транспортного засобу, який обслуговує комбайн визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$W_{ТЗi} = \frac{q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_{mТЗ}}{(l_{вант} + V_{mТЗ} \cdot \beta \cdot t_{н-р})}, \text{ т/год} \quad (2.24)$$

де  $q_n$  – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\beta$  – коефіцієнт використання пробігу;

$V_{mТЗ}$  – технічна швидкість транспортного засобу, км/год;

$l_{вант}$  – відстань на яку транспортуються овочеві культури, км;

$t_{н-р}$  – час навантаження та розвантаження транспортного засобу, год.

Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$\gamma = \frac{q_\phi}{q_n}, \quad (2.25)$$

де  $q_\phi$  – фактична вантажопідйомність транспортного засобу, т.

Коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$\beta = \frac{l_{вант}}{l_{заг}}, \quad (2.26)$$

де  $l_{заг}$  – загальний пробіг транспортного засобу з вантажем та без вантажу, км.

Робочий цикл транспортного засобу можна визначити за формулою:

$$t_{цТЗ} = t_3 + t_{н-р} + t_{вант} + t_x, \text{ год.} \quad (2.27)$$

де  $t_3$  – час заповнення бункера комбайну, визначається з рівняння (2.20), год;

$t_{вант}$  – час руху транспортного засобу з вантажем, год;

$t_x$  – час повернення транспортного засобу без вантажу (холостий пробіг),

год.

Час руху транспортного засобу з вантажем визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$t_{вант} = \frac{l_{вант}}{V_{мТЗ}}, \text{ год.} \quad (2.28)$$

Час руху транспортного засобу без вантажу (холостий пробіг) визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$t_x = \frac{l_x}{V_{мТЗ}}, \text{ год.} \quad (2.29)$$

Час робочого циклу групи транспортних засобів визначаємо з рівняння [23, 24]:

$$T_{цТЗ} = t_{цТЗ} \cdot (N_{ТЗ} - 1). \quad (2.30)$$

Витрати на перевезення овочевих культур транспортним засобом від комбайну на тимчасовий склад визначаємо з рівняння [5]:

$$Z_{ТЗi} = \frac{l_{заг} \cdot K \cdot \Gamma}{\gamma \cdot q_{\phi}} + \frac{Z_n + A_{ТЗ} + Z_{ТЗ} + Z_{np}}{P}, \text{ грн/т} \quad (2.31)$$

де  $K$  – вартість 1кг паливо – мастильних матеріалів, грн./т;

$\Gamma$  – витрати паливо – мастильних матеріалів на 1км пробігу, кг;

$Z_n$  – заробітна плата водія за збиральний період, грн.;

$A_{ТЗ}$  – амортизація транспортного засобу за збиральний період, грн.;

$Z_{ТЗ}$  – витрати на технічне обслуговування транспортного засобу, грн.;

$Z_{np}$  – інші витрати на один транспортний засіб, грн.;

$P$  – сумарна маса перевезеного вантажу за весь збиральний період, т.

Сумарні витрати на перевезення овочевих культур групою автомобілів визначаємо з рівняння:

$$Z_{ТЗ} = N_{ТЗ} \cdot Z_{ТЗi}, \text{ грн/т.} \quad (2.32)$$

2.3. Структурна блок–схема алгоритму моделювання транспортних процесів при збиранні овочевих культур

Розглянемо алгоритм моделювання транспортних процесів в рослинництві на прикладі збирання овочів. В якості транспортних засобів

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

4. Розроблено структуру математичної моделі транспортних процесів при збиранні овочевих культур, в основу якої покладені методи теорії масового обслуговування. Отримано математичний апарат для визначення ймовірності знаходження транспортних засобів в режимі доставки овочевих культур від комбайнів до тимчасового складу, що дозволяє визначити продуктивність транспортних засобів та порівняти з продуктивністю групи комбайнів.

5. Розроблено структурну блок–схему алгоритму моделювання транспортних процесів при збиранні овочевих культур, що дозволяє моделювати транспортні процеси при різних вхідних даних та визначати раціональні варіанти транспортних технологій.

6. Аналіз результатів моделювання процесу перевезення овочевих культур при обслуговуванні групи комбайнів показує, що застосування автомобілів з системою «мультиліфт» знижує необхідну кількість транспортних засобів з 14 до 7 шт. Встановлено, що на необхідну кількість транспортних засобів, в першу чергу, впливає їх вантажопідйомність, а потім відстань перевезень та продуктивність комбайнів, які в свою чергу, залежать від врожайності.

7. Аналіз результатів моделювання витрат на перевезення овочевих культур з використанням автомобілів з системою «мультиліфт» показав скорочення витрат з 160 грн/т до 120 грн/т, що пов'язано зі зменшенням кількості автомобілів та часу очікування завантаження овочевих культур в кузов автомобіля.

8. Аналіз величини витрат на перевезення овочевих культур автомобілями з системою «мультиліфт» дозволив встановити, що найбільш вагомим параметром є вантажопідйомність автомобілів. Також було встановлено, що автомобілі вантажопідйомністю 20 т більш ніж в 2 рази знижують витрати на транспортування, у порівнянні з автомобілями вантажопідйомністю 10 т.

9. Розроблена методика розрахунку параметрів збирально-транспортного процесу, яка дозволяє виконати прогноз перевезеного об'єму овочевих культур та розрахувати необхідну кількість транспортних засобів для забезпечення транспортного обслуговування збиральних комплексів.

10. На прикладі посівних площ середньостатистичних господарств визначено параметри транспортної технології збирання овочевих культур з застосуванням на вантажних автомобілях системи «мультиліфт». Розраховано необхідну кількість автомобілів для забезпечення транспортного обслуговування комбайнів з урахуванням врожайності овочів, вантажопідйомності автомобілів та відстані перевезення вантажу. Розрахунковим шляхом встановлено, що використання вантажних автомобілів з системою «мультиліфт» дозволяє зменшити число автомобілів для транспортного обслуговування збиральних комплексів майже в 2 рази, і відповідно в 2 рази знизити витрати на перевезення.

Розглянуто правила перевезення овочевих культур автомобільним транспортом та вимоги до їх транспортування та зберігання. Наведено вимоги техніки безпеки та вимоги пожежної безпеки під час експлуатації транспортних засобів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазоренко Д.І., Мазнев Г.Є. Інноваційні агротехнології. – Харків: видавництво «Майдан», 2008. – 333с.
2. Мазоренко Д.І., Мазнев Г.Є. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням. – Харків: ХНТУСГ, 2006. – 725 с.
3. Мазоренко Д.І., Мазнев Г.Є. Обґрунтування технології інформативної собівартості виробництва продукції рослинництва. – Харків: видавництво «Майдан», 2010. – 147 с.
4. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение транспортной логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции. – Автореферат диссертации доктора технических наук. – М.: (ВИМ) Россельхозакадемии, 2007. – 27 с.
5. Лунякин В.Н. Оптимизация уборочно–транспортного процесса уборки зерновых культур с использованием передвижного перегружчика. – Автореферат диссертации доктора технических наук. – М.: ГНУ ВИМ, 2004. – 18 с.
6. Краснощеков Н.В. Техника и производительность труда в сельском хозяйстве // Тракторы и сельхозмашины, 2002. №1. С. 4–8.
7. Краснощеков Н.В. Производительность труда в наукоемком аграрном производстве // Вестник РАСХН, 2002. №3. С. 2–5.
8. Измайлов А.Ю. Анализ моделей взаимодействия уборочных и транспортных машин при заготовке силоса // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2006. №8. С. 10–12.
9. Измайлов А.Ю. Моделирование погрузочно – транспортных процессов при уборке зерновых культур // Техника в сельском хозяйстве, 2007. №3. С. 11–15.

10. Измайлов А.Ю. Применение сборочно – контейнерных транспортных систем в сельском хозяйстве // Техника в сельском хозяйстве, 2006, №2. С. 24 – 26.
11. Измайлов А.Ю. Использование системы сменных кузовов при уборке сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села, 2006, №12. С. 26 – 28.
12. Дмитренко А.И. К анализу транспортных перевозок (обоснование и разработка новых технологий в животноводстве// Сборник научных трудов ВНИИПТИМЭСХ. – зерноград: 2001. С. 154 – 161.
13. Дмитренко А.И. Методика статистического моделирования транспортных процессов // Сборник научных трудов ВНИИПТИМЭСХ. – зерноград: 2002. – 1 \26 с.
14. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1982. – 256 с.
15. Сидорчук О.В., Сидорчук Л.Л., Днесь В.І. Системні засади управління транспортними роботами у проектах збирання сільськогосподарських культур // Збірник наукових праць Подільського державного аграрнотехнічного університету, 2010. № 8. С. 395–400.
16. Сидорчук О.В., Тридуба А.О., Днесь В.І. 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.
17. Сидорчук О.В., Концептуальна формалізація конфігурації проектів зернозбирально – транспортних систем // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: 2014. Вип. № 46. С. 479–483.
18. Сидорчук О.В., Дуганець В.І., Днесь В.І. Методи узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків, 2012. № 1/10. С.35–38.



19. 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).
20. 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).
21. 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.
22. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Наука, 1972. – 150 с.
23. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
24. Савин В. И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие. – М.: Дело и сервис, 2002. – 544 с.
25. Правила перевезень картоплі та овочів. Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/view/REG2568?an=507>
26. Вимоги техніки безпеки при експлуатації транспортних засобів. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5607816/page:10/>.
27. Вимоги пожежної безпеки під час експлуатації транспортних засобів. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0279-15#Text>.
28. Рогач Ю.П. Пожежна безпека / Ю.П. Рогач. – Сімферополь, Таврія Плюс, 2001. – 124с.
29. Луценков В.Л., Бутко Д.А., Крыжачковский Н.Л. и др. Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности. – К.: Урожай, 1993 – 296 с.