

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕДВЕДЄВ ЄВГЕН ПАВЛОВИЧ**



УДК 656.073.7

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ**

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ – 2019**



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Лебідь Ірина Георгіївна,**  
Національний транспортний університет  
Міністерства освіти і науки України,  
доцент кафедри міжнародних перевезень  
та митного контролю, м. Київ

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Шраменко Наталя Юріївна,**  
Харківський національний технічний  
університет сільського господарства ім. Петра  
Василенка Міністерства освіти і науки України,  
професор кафедри транспортних технологій і  
логістики, м. Харків

доктор технічних наук, професор  
**Фришев Сергій Георгійович,**  
Ніжинський агротехнічний інститут ВП НУБІП  
України Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри агроінженерії, м. Ніжин

Захист відбудеться «01» листопада 2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, зал засідань (333 ауд.).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий «27» вересня 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В.І. Каськів

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сільське господарство відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки України. На сьогодні його доля у ВВП країни складає 17 %.

Одним з найголовніших етапів у сільському господарстві є процес збирання врожаю озимої пшениці, складова якої при вирощуванні сільськогосподарських культур становить близько 20-25 %. При цьому провідну роль у процесі збирання врожаю відіграє автомобільний транспорт, доля якого в загальному обсязі перевезень складає 75-80 %.

Характерною особливістю транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці є його обмеженість у часі та вплив погодно-кліматичних умов, які мають стохастичний характер. Як свідчить аналіз збирання ранніх зернових та зернобобових культур в Україні, втрати врожаю зернових через перевищення строків жнив з причини недосконалого транспортного забезпечення та неврахування погодно-кліматичних умов щорічно становлять майже 10 %. Особливу актуальність це набуває в районах ризикованого землеробства, де вплив погодних умов має вирішальне значення.

Сучасні тенденції розвитку агропромислового комплексу країни в умовах обмеженої кількості техніки збирально-транспортного комплексу, її морального й фізичного зносу висувають підвищені вимоги до ефективного використання транспорту сільськогосподарських підприємств. Однак, наявні аналітично-статистичні та статистично-імітаційні моделі транспортного забезпечення не враховують вплив погодно-кліматичних умов на ефективність транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, а вирішують питання в детермінованій постановці. Крім того, необхідно оцінити значущість впливу погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці в конкретно взятому регіоні.

Тому підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі врахування погодно-кліматичних умов, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої є запорукою сталого розвитку сільськогосподарських підприємств.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові результати роботи отримані при виконанні науково-дослідних робіт Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля за темами «Підвищення ефективності транспортного забезпечення підприємств агропромислового комплексу України» (номер державної реєстрації ДО №0116U008787) та Національного транспортного університету «Підвищення ефективності функціонування інтегрованих транспортних систем у міжнародному сполученні» (номер державної реєстрації №0116U007748). Дисертаційна робота виконана відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 № 2174-р, Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на

період до 2020 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1437-р.

**Метою** дисертаційної роботи є підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі врахування погодно-кліматичних умов, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

Для досягнення мети у дисертаційній роботі визначені наступні **задачі дослідження**:

1. Провести аналіз сучасних методів організації транспортного забезпечення сільськогосподарських підприємств при збиранні озимої пшениці та оцінити значущість впливу на нього погодно-кліматичних умов.

2. Провести структурну та параметричну ідентифікацію параметрів транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу з урахуванням погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів та розробити математичну модель транспортного забезпечення.

3. Розробити метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

4. Розробити методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу.

**Об'єкт дослідження** – процес транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

**Предметом дослідження** є нечіткі залежності впливу погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів на ефективність транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

**Методи дослідження.** Дослідження було виконано з використанням: методу експертних оцінок для теоретичного обґрунтування та доцільності врахування погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці; методу аналізу ієрархій Сааті для порівняння вхідних параметрів за силою їхнього впливу на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці та визначення ваги кожного з них; математичне моделювання транспортного забезпечення, яке ґрунтується на засадах нечіткої бази знань моделі Мамдані; імітаційне моделювання та комп'ютерний експеримент реалізації моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці здійснено за допомогою Fuzzy Logic Toolbox та Simulink прикладної програми MATLAB.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Розроблено метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, який на відміну від існуючих, поєднує погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри і дозволяє визначити раціональну кількість транспортних засобів на період жнив; оперативно вносити зміни в планування одиниць транспорту; підвищити ефективність транспортного забезпечення в агропромисловому комплексі.

На основі структурної та параметричної ідентифікації розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка на відміну від існуючих дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і технологічних

параметрів збирально-транспортного-комплексу. Використання такої моделі дозволяє: отримувати залежності між параметрами системи «залежні параметри – незалежні параметри» та «залежні параметри – залежні параметри»; присвоювати терми кожному з параметрів; будувати графіки фазифікації та дефазифікації транспортного забезпечення збирально-транспортного-комплексу; а також розробляти правила нечіткого логічного висновку моделей для параметрів системи функціонування транспортного забезпечення.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу.

Розроблено комп'ютерні програми: «Weight Assignment Modeling Transport Process» для оцінки впливу параметрів транспортного забезпечення; «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» для реалізації нечіткої імітаційної моделі організації транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Результати роботи у вигляді розроблених схем й алгоритмів, моделей, програм, методики та методу впроваджені: в Департаменті агропромислового розвитку Луганської обласної державної адміністрації Обласної військово-цивільної адміністрації; в Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»; в СФГ «САША»; у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк) та використовуються при вивченні наступних дисциплін: «Системи підтримки прийняття рішень в управлінні транспортними системами», «Організація і технологія вантажних робіт на автотранспорті».

Сумісно з Національною академією аграрних наук України, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Департаментом агропромислового розвитку Луганської ОБЦА, Центром наукового забезпечення АПВ Луганській області розроблено «Рекомендації по збиранню врожаю ранніх зернових, круп'яних і олійних культур в агроформуваннях Луганської області в умовах 2018 року».

Економічний ефект від впровадження програми реалізації нечіткої імітаційної моделі організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані автором особисто. У спільних роботах автору належать: оцінка взаємозв'язків транспортного забезпечення, з урахуванням впливу погодних умов [1, 3, 14, 18, 19]; теоретичне обґрунтування концепції побудови транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу при збиранні врожаю озимої пшениці [5, 24]; математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, особливості моделювання [8, 9, 20, 22, 23]; перевірка адекватності розробленої моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої

пшениці [25, 26]; практичні рекомендації щодо підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці [4].

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях: Науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» студентів та молодих вчених (м. Лиман, Україна, 5-7 жовтня 2017 р.); LXXIII-LXXIV наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, Україна, 2017-2018 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» (м. Лозова, Україна, 4-8 травня 2015 р.); International Scientific Conference “Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects” (Strasbourg, France, January 26-27, 2016); XV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки транспорту» (м. Дніпро, Україна, 20- 21 квітня 2017 р.); International Scientific and Practical Conference “Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects”(Dresden (Germany) – Paris (France), May 03-12, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу» (м. Львів, Україна, 22-26 травня 2017 р.); Международной научной конференции молодых ученых «Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения» (г. Гродно, Республика Беларусь, 25 – 26 мая 2017 г.); Научно-практической конференции «Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере» (г. Душанбе, Республика Таджикистан, 29-30 июня 2017 г.); X міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (м. Вінниця, Україна, 23-25 жовтня 2017 р.); XIV-м Міжнародному форумі молоді «Молодь та сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі» (г. Харків, Україна, 6-7 квітня, 2018 г.).

У повному обсязі дисертаційну роботу обговорено та схвалено на наукових семінарах кафедр «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк, 2019) і «Міжнародні перевезення та митний контроль» Національного транспортного університету (м. Київ, 2019).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 26 праць: 1 стаття у виданні іноземних держав, яку включено до міжнародних науково-метричних баз [1], 8 статей у наукових фахових виданнях України, 4 з яких – одноосібні [2,4,6,7], 15 праць апробаційного характеру, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (180 найменувань) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 212 сторінок, зокрема 148 сторінок основного тексту, 19 таблиць, 92 рисунки та 4 додатки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, методи дослідження, розкрито наукову новизну й практичну значущість отриманих результатів, наведено результати їхнього впровадження у практику.

У першому розділі проведено аналіз сучасних методів організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці та оцінено значущість впливу на нього погодно-кліматичних умов.

Удосконаленню організації транспортного забезпечення в сільському господарстві присвячені роботи Арютов Б.А., Измайлів А.Ю., Ільчук М.М., Колодійчук В. А., Мазнев Г.Є., Перебийніс В.І., Сидорчук О.В., Стельмашук А.М., Сумець О.М., Фришев С.Г., Музилов Д.О., Петрик А.В., Ali O., Verlinden B., Oudheusden D.V., Shahab Sokhansanja, Amit Kumarc, Anthony F. та інші, в яких автори застосовували аналітичні, аналітико-статистичні та статистично-імітаційні, нелінійно-динамічні детерміновані моделі визначення кількості одиниць техніки збирально-транспортного комплексу. Аналіз цих робіт показав, що головним недоліком існуючих методів, методик та підходів є неврахування погодно-кліматичних умов та їхнього впливу на організацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На прикладі Луганської області вперше проведено експертну оцінку впливу параметрів погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. Загальна кількість експертів в галузі сільського господарства в групах за категоріями: «Керівники» (40), «Агрономи» (96), «Інженери» (45), «Комбайнери» (82), «Водії» (65), «Дослідники» (12) склала 340 осіб із Білорусі, Латвії, Литви, України. Зі статистичної обробки результатів анкетування за 10 бальною шкалою опитування, отримано кількісні дані, які дозволили оцінити значущість впливу «зовнішнього середовища» на збирально-транспортний комплекс. При цьому на основі розрахунків за кожною категорією експертів та в цілому середніх значень прогнозованої величини, її дисперсії, довірчого інтервалу визначено коефіцієнт варіації оцінок.

Отримані результати дозволили зробити висновок: показники за кожною групою експертів є однорідними, середнє значення оцінок у цілому дорівнює 8; погодженість показників за коефіцієнтом варіації знаходиться в межах від 21 до 30 %, що  $\leq 33$  %, тобто думки експертів відносно необхідності врахування погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення збирально-транспортного комплексу є погодженими.

Проведений аналіз робіт Домаскіної М.А., Іннюшкіної О.Г., Кириченко Г.І., Нужиної С. А., Нефедової Я.І., Ускова А.А., A. Sarkar, Dušan Teodorović, Wieland R., Waongo M., Mohammed A., Gadallah A.M., Hefny H.A., Hazman M. в області використання нечіткої логіки відносно складних об'єктів керування. За результатами аналізу встановлено, що нечітка логіка є результативною при наявності складного об'єкта керування, інформація про поведінку якого є стохастичною та невизначеною. Саме до таких об'єктів належить транспортне забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На основі системного підходу, методів аналізу та синтезу науково обґрунтовано та класифіковано погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри, які чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. Встановлено, що погодно-кліматичні параметри – це дощ, роса, град; технічні параметри – тип дороги, ширина жатки, вологість культури, стан ґрунту, відносна вологість ґрунту, швидкість руху комбайну, продуктивність комбайну, експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів); технологічні параметри – вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів), відстань від поля до току, площа поля, урожайність, полеглисть, кількість комбайнів, кількість транспортних засобів (автомобілів), час обертів транспортних засобів (автомобілів), спосіб збирання. Це дозволило в подальшому на їхній основі провести структурну та параметричну ідентифікацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

**У другому розділі** розглянуто теоретико-методичні аспекти транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

Теоретично обґрунтовано схему побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу (рис. 1), яка складається з рівнів структурної та параметричної ідентифікації.

При проведенні структурної ідентифікації системи на основі опрацювання формальних аналітичних якостей її елементів, теоретичних та евристичних міркувань експертів, визначено структуру системи та запропоновано її основні елементи: «Погодно-кліматичні умови», що характеризують вплив зовнішнього середовища, «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль». Кожному із елементів збирально-транспортного комплексу надано характерні для нього параметри, за допомогою яких здійснюється моделювання транспортного забезпечення (рис. 2).

За результатами проведеного загального аналізу та аргументації складових елементів системи визначено залежні («Стан ґрунту», «Урожайність», «Полеглисть», «Вологість культури», «Кількість комбайнів», «Швидкість руху», «Продуктивність», «Кількість комбайнів», «Кількість транспортних засобів», «Експлуатаційна швидкість») та незалежні («Дощ», «Роса», «Град», «Площа поля», «Відносна вологість ґрунту», «Тип дороги», «Ширина жатки», «Вантажопідйомність», «Відстань від поля до току») параметри, що впливають на транспортне забезпечення.

Для теоретичного обґрунтування класифікації незалежних параметрів за силою їх впливу на транспортне забезпечення з урахуванням погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів в дослідженні застосовано метод аналізу ієрархій Сааті.

Для розв'язання цієї задачі було відібрано 63 фахівці-експерти, які мають стаж практичної роботи при збиранні врожаю озимої пшениці більше 10 років. Встановлена шкала оцінювання сили впливу незалежних параметрів на транспортне забезпечення під час збирання врожаю озимої пшениці – числова оцінка сили впливу (від 1 до 9) одного параметра по відношенню до іншого. Виконано обчислення вектора пріоритетів за даною матрицею попарних порівнянь. Отримане



відношення погодженості (ВП) дорівнює 0,04, що є близьким до індекса погодженості (ІП), який дорівнює 0,05. Це дозволяє зробити висновок про прийнятність та адекватність розрахунків. За їхніми результатами визначено

#### Структурна ідентифікація системи



#### Параметрична ідентифікація системи



Рисунок 1 – Схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу



Рисунок 2 – Елементи системи збирально-транспортного комплексу

розподіл ваги впливу незалежних параметрів на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, які наведено на рис. 3. При цьому встановлено, що погодно-кліматичні параметри «Дош», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, їхні розрахункові коефіцієнти впливу, відповідно, складають 0,31; 0,22; 0,15.

Крок визначення впливу залежності параметрів на основі методу синтезу є перехідним до параметричної ідентифікації системи та дозволяє встановити залежності між параметрами системи, які мають місце як у контексті «залежні параметри – незалежні параметри» так й у контексті «залежні параметри – залежні параметри».

На рівні проведення параметричної ідентифікації збирально-транспортного комплексу виконано присвоєння термів кожному із залежних та незалежних параметрів на основі методу експертних оцінок.

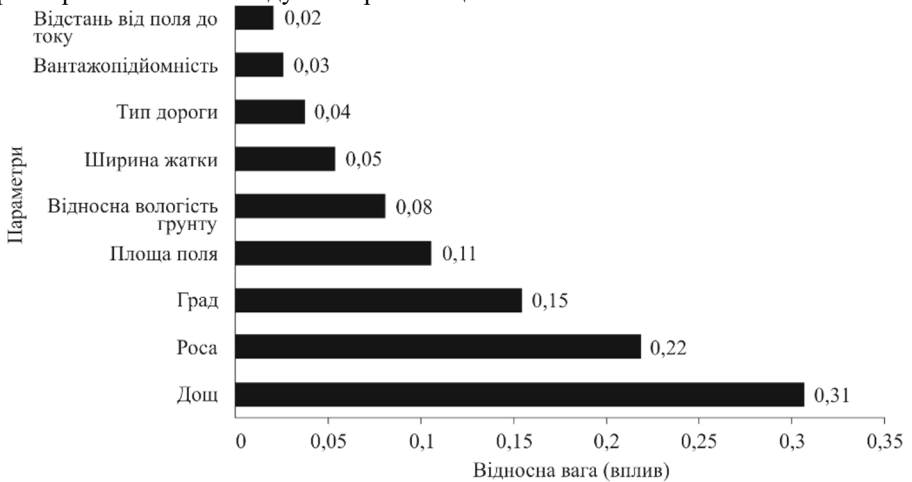


Рисунок 3 – Розподіл ваги впливу незалежних параметрів на транспортне забезпечення

Проведено фазифікацію параметрів збирально-транспортного комплексу за допомогою трикутної та трапецієвидної функцій приналежності  $\mu(u)$ . В якості прикладу на рис.4 представлено графік фазифікації параметра «Дош», для якого функція приналежності  $\mu(u)$  має вигляд, що наведено у таблиці 1.



Рисунок 4 – Графік фазифікації для параметра «Дош»

Таблиця 1 – Функції приналежності  $\mu$  для параметра «Дощ»

| Терми для параметру «Дощ»                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Короткочасний                                                                                                                                                                             | Проливний                                                                                                                                                                                                                                           | Затяжний                                                                                                                                          |
| $\mu(\text{Дощ})_{\text{кор.}} = \begin{cases} 0, & u \leq 0 \text{ або } u \geq 7,5 \\ 1, & 0 \leq u \leq 5 \\ \frac{7,5-u}{7,5-5} = \frac{7,5-u}{2,5}, & 5 \leq u \leq 7,5 \end{cases}$ | $\mu(\text{Дощ})_{\text{прол.}} = \begin{cases} 0, & u \leq 6,25 \text{ або } u \geq 17,5 \\ \frac{u-6,25}{10-6,25} = \frac{u-6,25}{3,75}, & 6,25 \leq u \leq 10 \\ \frac{17,5-u}{17,5-10} = \frac{17,5-u}{7,5}, & 10 \leq u \leq 17,5 \end{cases}$ | $\mu(\text{Дощ})_{\text{зат.}} = \begin{cases} 1, & 20 \leq u \leq 23,75 \\ \frac{u-15}{20-15} = \frac{u-15}{5}, & 15 \leq u \leq 20 \end{cases}$ |

Розроблено правила нечіткого логічного висновку моделей для параметрів системи функціонування транспортного забезпечення. При цьому кожний такий нечіткий логічний висновок утворює окрему модель, яка відповідає за розрахунок конкретного параметра.

Після отримання усіх нечітких логічних висновків було виконано процедуру дефазифікації за методом центру тяжіння.

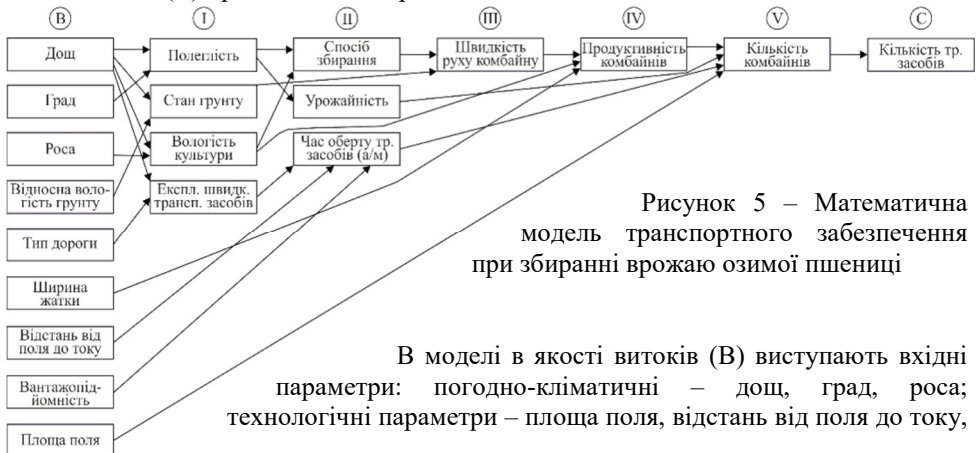
На останньому кроці параметричної ідентифікації здійснювалась перевірка коректності отриманого результату. Якщо система дає некоректний результат за оцінкою фахівців-експертів – необхідно перелаштувати систему.

Розроблено схему побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу покладена в основу створення математичної моделі транспортного забезпечення.

**У третьому розділі** розроблена математична модель транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На основі нечіткої логіки розроблено математичну модель, яка, відображає взаємозв'язок та взаємовплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів транспортного забезпечення на її елементи: «Поле», «Культура», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль».

Модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці являє собою граф з 9 витокми (В), 5 рівнями ієрархії впливу (I, II, III, IV, V) та одним стоком (С) представлена на рис. 5.



вантажопідйомність та технічні параметри – тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту. Кінцевим результатом імітаційної моделі є стік (С), який представлено у вигляді параметра «Кількість транспортних засобів», що необхідно визначити.

В свою чергу, загальна модель складається із 10 моделей за рівнями. До моделей I рівня належать наступні моделі: «Полеглість»; «Стан ґрунту»; «Вологість культури»; «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів». До моделей II рівня належать моделі: «Спосіб збирання»; «Урожайність»; «Час оборту транспортних засобів». До моделей III рівня належить модель «Швидкість руху комбайну». До моделей IV рівня належить модель «Продуктивність комбайну». До моделей V рівня належить модель «Кількість комбайнів».

Представлення загальної моделі через окремі математичні моделі взаємозв'язку та взаємовпливу умов та параметрів дозволило значно скоротити кількість розрахунків та підвищити ступінь обґрунтованості прийняття рішень при організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

Наприклад, математична модель «Полеглість» має наступний вигляд:

- ЯКЩО «Дош короткочасний»  $\cap$  «Град малий»  $\rightarrow$  «Полеглість мала»
- ЯКЩО «Дош проливний»  $\cap$  «Град середній»  $\rightarrow$  «Полеглість середня»
- ЯКЩО «Дош затяжний»  $\cap$  «Град великий»  $\rightarrow$  «Полеглість висока»
- ЯКЩО «Дош короткочасний»  $\rightarrow$  «Полеглість мала»
- ЯКЩО «Дош проливний»  $\rightarrow$  «Полеглість середня»
- ЯКЩО «Дош затяжний»  $\rightarrow$  «Полеглість висока»
- ЯКЩО «Град малий»  $\rightarrow$  «Полеглість мала»
- ЯКЩО «Град середній»  $\rightarrow$  «Полеглість середня»
- ЯКЩО «Град великий»  $\rightarrow$  «Полеглість висока»

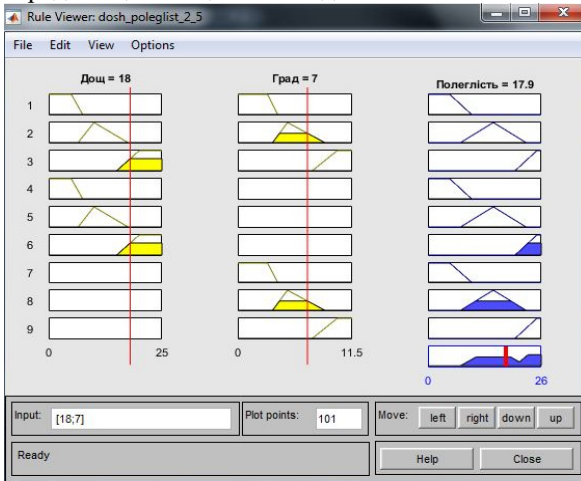
При розробці моделі транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу зроблено наступні припущення: погодно-кліматичні умови (дош, град, роса) враховуються як параметри, терми яких однакові по всій площі збирання врожаю; ґрунт на всіх полях однаковий; поле має рівну поверхню; всі транспортні засоби та комбайни знаходяться в робочому стані; простої комбайнів та транспортних засобів не відбуваються. Обмеження моделі визначаються функціями приналежності відповідних параметрів моделі.

Імітаційне моделювання транспортного забезпечення виконано в додатку Fuzzy Logic Toolbox в пакеті MATLAB, що містить інструменти для проектування систем нечіткої логіки та графічний інтерфейс в Simulink для інтерактивного покрокового проектування нечітких систем.

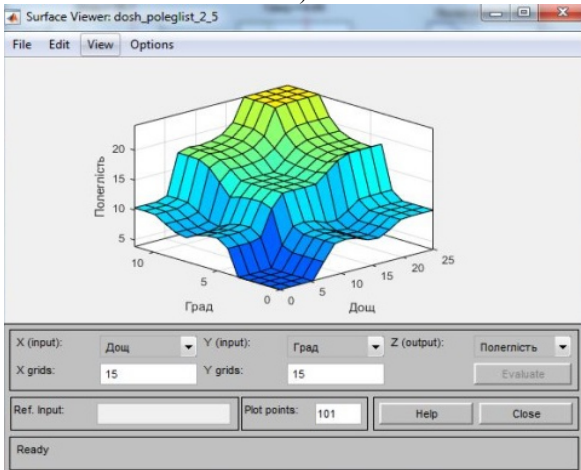
Візуалізацію нечіткого логічного висновку моделі «Полеглість» (а) та її графічний вигляд від входних змінних «Дош» та «Град» представлено на рис. 6.

В якості прикладу було розглянуто модель «Полеглість», яка залежить від параметрів «Дош» та «Град», та за умови їх врахування, відповідає за визначення рівня полеглості при збиранні врожаю. За зазначеним принципом функціонують всі 10 моделей, які розроблено у роботі. Дані моделі утворюють єдину математичну модель.

Математичну модель транспортного забезпечення побудовано у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink.



а)



б)

Рисунок 6 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Полєгність» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Дощ» та «Град» (б)

Розроблені схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення та математична модель покладені в основу методу імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На основі імітаційного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю та алгоритмів його реалізації розроблено програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)», яка дозволила провести розрахунки необхідної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці.

У четвертому розділі проведено моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, здійснено перевірку адекватності розробленої математичної моделі, виконано розрахунок очікуваного економічного ефекту.

Апробація розробленої математичної моделі здійснювалася на базі сільськогосподарського

фермерського господарства – далі СФГ «САША», яке розташоване в селі Шульгинка Старобільського району Луганської області, та займається вирощуванням зернових культур (озимої пшениці), бобових і насінням олійних культур. СФГ «САША» володіє 5 комбайнами марки «CLAAS», власного парку автотransпортних засобів фермерське господарство не має, тому на період збирання



вражаю потрібну кількість одиниць транспорту орендує. При цьому потрібна кількість машин визначалась фахівцями СФГ (агрономом, інженером з експлуатації транспорту, інженером з транспорту) із врахуванням збиральних кампаній попередніх років. Так, за даними фахівців в кампанії зі збирання врожаю озимої пшениці у 2016-2018 роках, яка тривала протягом 12 днів поспіль на площі 4 тис. га, було 9 автомобілів КрАЗ-5401 вантажопідйомністю 7 тонн. Далі детальніше в якості прикладу наведено розрахункові результати визначення необхідної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці у 2018 році поденно.

При моделюванні транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці в якості вхідних параметрів системи було закладено параметри погодно-кліматичних умов разом із транспортно-технологічними параметрами системи, які описані в показниках терм з врахуванням отриманого засобами мережі Internet щоденного прогнозу погоди (табл. 2).

Таблиця 2 – Вхідні параметри імітаційної моделі комп'ютерної програми WCC SAT

| Параметри                     | Дні збирання |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                               | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| Дощ, мм                       | 10           | 10  | 0   | 0   | 10  | 10  | 0   | 0   | 10  | 10  | 0   | 10  |
| Град, мм                      | 0            | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 5   | 0   | 0   | 5   |
| Роса, год.                    | 5            | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Відносна вологість ґрунту, %  | 44           | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  | 44  |
| Ширина жатки, м               | 10           | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  |
| Тип дороги (ступові)          | 35           | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 35  |
| Відстань від поля до току, км | 20           | 6   | 6   | 6   | 20  | 6   | 6   | 6   | 20  | 6   | 6   | 6   |
| Вантажопідйомність, т         | 7            | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   |
| Площа поля, га                | 400          | 310 | 310 | 310 | 400 | 310 | 310 | 310 | 400 | 310 | 310 | 320 |

Як свідчить аналіз табличних даних комірки ситуація за днями «3», «4», «7», «8», «11» характеризуються сприятливими погодними умовами, тобто вплив параметрів погодно-кліматичних умов на організацію транспортного забезпечення в ці дні не відбувався. Комірки за іншими днями характеризують ситуації, коли мав місце вплив погодних умов, а саме: у дні «1», «2», «5», «6», «10» відбувався проливний дощ, у дні «9», «12» – мав місце проливний дощ та град.

Таким чином, протягом усього терміну збирання урожаю мали місце три ситуації: відсутність впливу погодно-кліматичних умов; вплив дощу; вплив дощу та граду одночасно.

В якості прикладу на рис. 7 наведено структурно-логічну схему визначення необхідної кількості транспортних засобів в ситуації за днями «1», «2», «5», «6», «10», коли мав місце дощ. Запропонована схема дозволяє враховувати зв'язки між вхідними, проміжними й вихідними параметрами системи функціонування

транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу та зрозуміти логіку процесу пошуку раціональної кількості транспортних засобів у різних ситуаціях.

За допомогою програми WCC CAT, на основі реалізації структурно-логічних схем математичної моделі за ситуаціями пораховано необхідну кількість автомобілів, які забезпечують транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці на СФГ «САША». Результати розрахунку наведені на рис.7 у вигляді порівняння кількості транспортних засобів за даними СФГ «САША» та програми WCC CAT. Аналіз отриманих результатів показує: погодно-кліматичні умови чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці; врахування впливу параметрів погодно-кліматичних умов за допомогою WCC CAT дозволяє отримати раціональну кількість транспортних засобів, за рахунок чого дає можливість скоротити загальну планову потребу СФГ «САША» в автомобілях на одну одиницю, тобто замість 9 використовувати 8 автомобілів, не порушуючи при цьому терміни збирання врожаю – 12 днів.

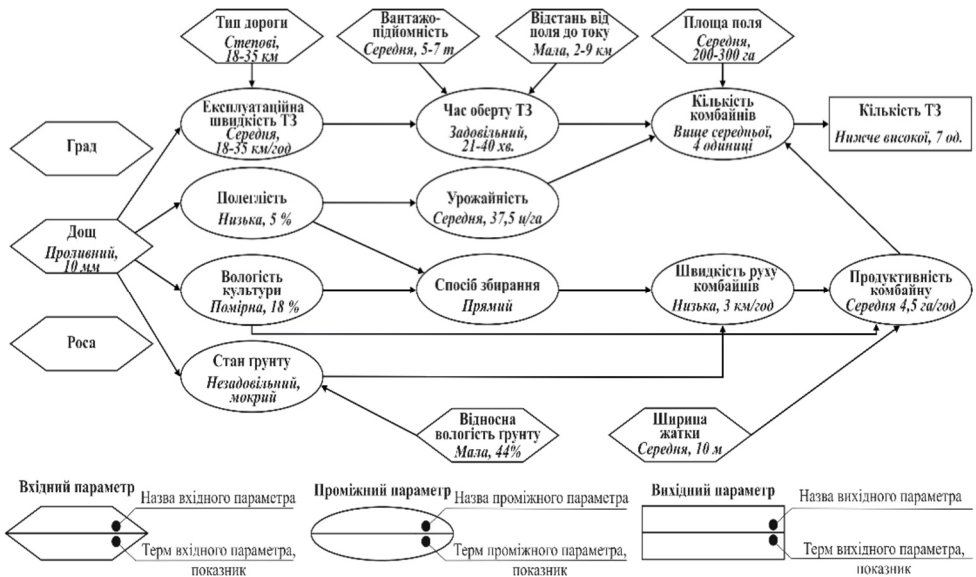


Рисунок 7 – Структурно-логічна схема визначення кількості транспортних засобів за днями в ситуації, коли мав місце дощ

З метою підтвердження достовірності отриманих розрахункових результатів проведена оцінка адекватності розробленої математичної моделі за критерієм Фішера.

За результатами розрахунку  $F$ -критерія за даними рис.8 ( $F_{\text{розр.}}$ ) і порівняння його значення з табличним значенням  $F_{\text{табл.}}$  при заданій довірчій вірогідності  $\alpha = 95\%$  і числі ступенів свободи у вибірках, яке дорівнює  $k = 11$ , встановлено, що розрахунковий критерій Фішера,  $F_{\text{розр.}} > F_{\text{табл.}}$ , тобто  $3,8095 > 2,201$ , що

підтверджує гіпотезу  $H_0$  про адекватність побудованої математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

На основі проведених досліджень розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу, яка враховує вплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів і дозволяє визначити необхідну кількість транспортних засобів на період жнив.

Для підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю запропоновано застосування локальних метеорологічних станцій, що дозволяє підвищити ймовірність прогнозування погоди з 30 % (інтернет-джерела) до 85 %. Для отримання точних результатів рекомендовано встановлювати одну таку станцію на 1 тис. га.

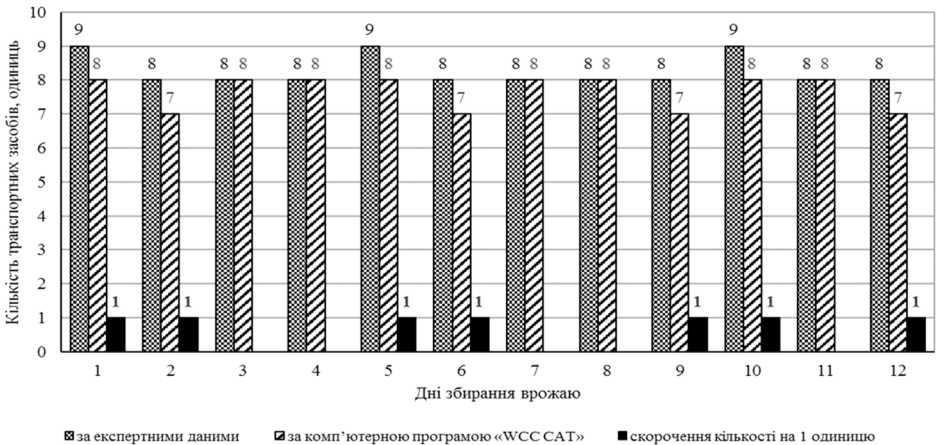


Рисунок 8 – Порівняльна денна кількість транспортних засобів, отриманих за даними СФГ «САША» та програми WCC CAT

На прикладі СФГ «САША» проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження програми WCC CAT при збиранні врожаю озимої пшениці за сезонами 2016-2018 року. Економічний ефект склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн., що досягається за рахунок зменшення кількості транспортних засобів.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Проведені теоретичні та числові експериментальні дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. На основі проведеного аналізу методів організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці встановлено, що існуючі аналітично-статистичні та статистично-імітаційні моделі транспортного забезпечення не враховують погодно-кліматичні умови та вирішують питання функціонування збирально-транспортного комплексу в детермінованій постановці. Проведена експертна оцінка вагомості параметрів погодно-кліматичних умов при збиранні врожаю озимої пшениці підтвердила значущість їхнього впливу при визначенні раціональної кількості транспортних засобів, погодженість показників за коефіцієнтом варіації знаходиться в межах від 21 % до 30 %.

2. Проведено структурну та параметричну ідентифікацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. Запропоновано структуру системи функціонування збирально-транспортного комплексу, яка враховує погодно-кліматичні, технічні, технологічні параметри та складається із 7 елементів: «Погодно-кліматичні умови», «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль». Доведено, що параметри погодно-кліматичних умов «Дощ», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, їхні розрахункові коефіцієнти впливу відповідно складають 0,31; 0,22; 0,15. Розроблено програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «Weight Assignment Modeling Transport Process» для теоретичного обґрунтування за силою впливу незалежних параметрів на транспортне забезпечення під час збирання врожаю озимої пшениці.

3. Розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка являє собою граф з 9 витоками, 5 рівнями ієрархії впливу та одним стоком. Ця модель, на відміну від існуючих, дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

4. Розроблено метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. Основу методу складають схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, методика визначення раціональної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці. Особливістю методу є врахування погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

5. Розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу. Результати порівняльного аналізу моделювання доводять адекватність розробленої імітаційної моделі та підтверджують ефективність її реалізації. Економічний ефект від впровадження програми реалізації імітаційного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн., що досягається за рахунок зменшення кількості транспортних засобів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Medvediev Ie, Lebid I, Bragin M. Assessment of the weather and climate conditions impact on the organization and planning of transport support for wheat harvesting // TEKA of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 17, No. 2. P. 45-54.

### Статті у наукових фахових виданнях України

2. Медведєв Є. П. Факторний аналіз організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових культур в Україні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2016. Вип. 18, ч. 1. С. 86-93.

3. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Теоретичні аспекти визначення транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк, 2017. №3 (233). С. 111-115.

4. Медведєв Є. П. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2018. Вип. 31. С. 236-244.

5. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Обґрунтування доцільності застосування апарату нечіткої логіки у транспортних процесах збирання врожаю пшениці // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 269-279.

6. Медведєв Є. П. Обґрунтування використання погодно-кліматичних факторів при організації збирально-транспортного процесу застосуванням методу експертних оцінок // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 14. С. 184-193.

7. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортного процесу збирання врожаю на основі методу аналізу ієрархій Сааті // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2018. Вип. 29. С. 103-116.

8. Барбарук Л. В., Зубарев Д. В., Медведєв Є. П., Барбарук В. М. Використання нечітких моделей для планування збиральних робіт у різних кліматичних умовах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 6 (247). С. 175-179.

9. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й., Зубарев Д. В. Розробка комп'ютерної програми для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці [Електронний ресурс] // Наукові вісті Дніпровського університету. 2018. № 15. – Режим доступу до журн.: <http://nvdu.pp.ua>.

### Список опублікованих праць апробаційного характеру

10. Медведєв Є. П. Щодо проблем транспортного обслуговування агропромислового комплексу. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2015. С. 141.

11. Medvediev Ie. The effect of the weather conditions in the operation of transport and logistics systems of agriculture. *Globalization of scientific and educational space*.

*Innovations of transport. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific Conference, Strasbourg (France). Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 72.

12. Медведєв Е. П. Особенности организации и планирования транспортного обеспечения при уборке урожая. *Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения* : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч. конф. молодых ученых. Гродно: ГрГУИм. Я. Купалы, 2017. С. 206-209.

13. Медведєв Е. П., Лебедь І. Г. Использование локальных сельскохозяйственных метеостанций при организации и планировании работы транспорта для уборки урожая пшеницы. *Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере* : материалы науч.-практ. конф. (29-30 июня 2017 г.). Душанбе: ТТУ им. академика М. С. Осими, 2017. С. 38-39.

14. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання визначення транспортного забезпечення збирального комплексу. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. К.: НТУ, 2017. С. 264.

15. Медведєв Є. П. Експертна оцінка впливу погодних умов на транспортне забезпечення. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 89.

16. Medvediev Ie. In regard of taking into account the weather condition at organizing and planning transport provision in agriculture. *Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific and Practical Conferenc. Dresden (Germany), Paris (France) 3-12 May 2017. Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 125.

17. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов. *Енергооптимальні технології перевізного процесу* : тези II міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 76-77.

18. Блезнюк О. І., Медведєв Є. П., Сорока С. І. Використання методів точного землеробства при організації транспортного забезпечення в період збору врожаю. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. наук. праць конф. – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 21-23.

19. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання сучасного стану транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць X міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 208-210.

20. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо обґрунтування математичної моделі транспортного забезпечення з врахуванням погодних умов. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доп. К.: НТУ, 2018. С. 273.

21. Медведєв Є. П. Моделювання збирально-транспортних процесів на основі моделі типу Мамдані // *Молодь і сільськогосподарська техніка у сторіччі*. XIV



міжнар. форум молоді (5-6 квіт. 2018 р.) : зб. матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2018. С. 62.

22. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей математичного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових за допомогою нечіткої логіки. *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету* (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 62.

23. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей алгоритмізації збирально-транспортного процесу на основі нечіткої логіки *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету* (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 87.

24. Медведєв Є. П. Врахування погодно-кліматичних умов у збирально-транспортному процесі на основі експертних оцінок. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22-23 трав. 2018 р., м. Харків). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 188-190.

### **Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір**

25. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Барбарук В. М., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму №84073 «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» (WCC CAT) - № 85087; заявл. 06.11.2018; зареєстр. 02.01.2019.

26. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Лебідь І. Г., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму № 84966 «Weight Assignment Modeling Transport Process» - №85801; заявл. від 05.12.2018 зареєстр. 29.01.2019.

## **АНОТАЦІЯ**

Медведєв Є.П. Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 – Транспортні технології (за видами)). – Національний транспортний університет МОН України, Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

Проведено структурну та параметричну ідентифікацію транспортного забезпечення збирально-транспортного-комплексу. Розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів.

Розроблено метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. Основу методу складають схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, методика визначення раціональної кількості транспортних засобів

при збиранні врожаю озимої пшениці. Особливістю методу є врахування погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

Розроблено програмне забезпечення «WCC CAT», проведено моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці в селянському фермерському господарстві СФГ «САША» у 2016-2018 роках. Отримані результати порівняльного аналізу моделювання доводять адекватність розробленої імітаційної моделі та підтверджують ефективність її реалізації. Економічний ефект від впровадження програми реалізації імітаційної моделі організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склало у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн.

**Ключові слова:** врожай, експертна оцінка, параметрична ідентифікація, погодно-кліматичний параметр, технічний параметр, технологічний параметр, структурна ідентифікація, транспортне забезпечення, транспортний засіб.

### АННОТАЦИЯ

Медведев Е.П. Повышение эффективности транспортного обеспечения уборочно-транспортного комплекса. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 «Транспортные системы» (275 – Транспортные технологии (по видам)). – Национальный транспортный университет МОН Украины, Киев, 2019.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-практической задачи повышения эффективности транспортного обеспечения при уборке урожая озимой пшеницы.

Проведена структурная и параметрическая идентификация транспортного обеспечения уборочно-транспортного-комплекса. Разработана математическая модель транспортного обеспечения, которая позволяет формализовать связь погодно-климатических, технических и технологических параметров.

Разработан метод имитационного моделирования транспортного обеспечения уборочно-транспортного комплекса. Основу метода составляют схема построения системы функционирования транспортного обеспечения уборочно-транспортного комплекса, математическая модель транспортного обеспечения при уборке урожая озимой пшеницы, методика определения рационального количества транспортных средств при уборке урожая озимой пшеницы. Особенностью метода является учет погодно-климатических, технических и технологических параметров уборочно-транспортного комплекса.

Разработано программное обеспечение «WCC CAT», проведено моделирование транспортного обеспечения при уборке урожая озимой пшеницы в сельскохозяйственном фермерском хозяйстве СФГ «САША» в 2016-2018 годах. Полученные результаты сравнительного анализа моделирования доказывают адекватность разработанной имитационной модели и подтверждают эффективность ее реализации. Экономический эффект от внедрения программы реализации

имитационной модели организации транспортного обеспечения при уборке урожая озимой пшеницы на примере СФГ «САША» составил в 2016 г. – 24,8 тыс. грн.; в 2017 г. – 32,6 тыс. грн.; в 2018 г. – 36,5 тыс. грн.

**Ключевые слова:** урожай, экспертная оценка, параметрическая идентификация, погодно-климатический параметр, технический параметр, технологический параметр, структурная идентификация, транспортное обеспечение, транспортное средство.

### ABSTRACT

Medvediev Ie.P. Improving the efficiency of transportation support of the harvesting and transportation complex. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for attaining the Candidate Degree in technical sciences in specialty 05.22.01 "Transport systems" (275 – Transport technologies (by types)). – National Transport University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

The thesis is devoted to solving an important research and practical problem of improving the transportation support efficiency in the process of winter wheat harvesting.

The structural and parametric identification of the organization model of the harvesting and transportation complex is fulfilled in the research. The mathematical model of transportation support is developed. It allows to formalize the connection of weather and climatic, technical and technological parameters.

A method of simulation modelling of transportation support of the harvesting and transportation complex is developed. The graph of design of the transportation support operating system of the harvesting and transportation complex, a mathematical model of transportation support for winter wheat harvesting, a method for determining the rational number of vehicles during winter wheat harvesting is the basis of this method. Taking into account weather and climatic, technical and technological parameters of the harvesting and transportation complex is the feature of this method.

The WCC CAT software is developed. In 2016-2018 there was conducted the simulation of transportation support for winter wheat harvesting on the farm "SASHA". The obtained results of comparative analysis of the stimulation proved the adequacy of the developed simulation model. The efficiency of its implementation was confirmed. The economic effect of implementation of the simulation model programme of transportation support organization for winter wheat harvesting amounted to UAH 24.8 thousand in 2016; UAH 32.6 thousand in 2017; UAH 36.5 on the farm "SASHA".

**Key words:** harvesting, expert evaluation, parametric identification, weather and climatic parameter, technical parameter, technological parameter, structural identification, transportation support, vehicle.

Підписано до друку 18.09.2019 р. Формат 60х84/16.  
Папір офсетний № 1. Гарнітура Times.  
Вк. 11. Наклад 100. Зам. 96.

---

Поліграфічний центр ПАТ «ПТІ «Київоргбуд».  
01010, Україна, Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 4/6,  
тел. +380 44 280 91 13