УДК 656.073.7 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-6-166-217-226**

О.В. Павленко[1], Д.О. Великодний[2]

[1]*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*
[2]*ВСП Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, Україна*

ПОБУДОВА ЕФЕКТИВНОЇ СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

У статті запропоновано підхід по побудові ефективної складської системи підприємства при переробці сільськогосподарських вантажів з урахуванням впливу параметрів інтенсивності відповідних потоків вантажу за визначеним оціночним показником – сумарні витрати. Розроблено план експерименту за трьома параметрами впливу, визначені значення критерію вибору, побудована регресійна модель лінійного типу та визначено економічний ефект від впровадження запропонованих рішень.

Ключові слова: *технологія, складська система, сільськогосподарський вантаж, переробка, регресія.*

Постановка проблеми

У 2020 році Україна змогла втримати свої досягнення в експорті сільськогосподарської продукції, незважаючи на пандемію «COVID-19» та його наслідки для національної та світової економік, обмежень у торгівлі та «локдаунів». За підсумками 2020 року українські підприємства загалом експортувала аграрної сировини і продовольства (групи 1-24 УКТЗЕД) на суму 22,2 млрд дол. США, повторивши показник попереднього року. Найбільший обсяг виручки знову забезпечили зернові та олійні культури, жири та олії, залишки і відходи харчової промисловості, але й продукція з доданою вартістю не залишилась осторонь досягнень українських експортерів [1].

Аграрна продукція з доданою вартістю, тобто перероблена, повинна стати наступним етапом збільшення обсягів виручки при експорті. А ще розвиток переробної потужності дозволить збільшити кількість робочих місць та надасть можливість розвитку складської логістики. Будь-яке переробне підприємство потребує складського забезпечення основного процесу. В свою чергу, склад безпосередньо впливає на успішну збутову політику підприємства, його конкурентоспроможність на ринку. Організовувати зберігання необхідно тому, що цикл виробництва і споживання рідко збігаються.

Як відомо із загальної теорії складова логістики в структурі виробленого в країні продукту – важлива характеристика розвитку економіки країни, свого роду макроекономічний індикатор. Якщо в розвинених країнах логістична складова у внутрішньому валовому продукті (ВВП) дорівнює 10 – 15% (у країнах ЄС і США становлять 12-16% ВВП, у Китаї − 26%, у Японії − 6%). Що стосується України, то більшість експертів співвідносять економіку країни з рівнем країн «третього світу», у яких логістичні витрати можуть досягати 40% від обсягу ВВП. Цей показник в Україні коливається в межах 30-35%. При цьому 70% логістичних витрат припадає на транспорт (7 млрд. дол.), 25% − на складське зберігання (2,5 млрд. дол.) і близько 5% − на управління логістичними потоками (0,5 млрд. дол.) [2].

Враховуючи тенденції розвитку складської логістики в Україні, участь складських систем у доставки вантажів обґрунтовується: розміщенням складів поблизу автомагістралей, залізничних станцій та аеропортів, з метою використання різних видів транспорту для доставки однієї партії вантажу (мультимодальні перевезення); його внутрішньою кооперацію і співробітництвом з іншими складами, розташованими в інших регіонах або у прикордонній зоні з іншими країнами; розташуванням за межею міста; зосередження складів поблизу великих міст і міст, де спостерігаються високі показники експортно-імпортної діяльності [3].

Таким чином, для успішного виконання всього комплексу робіт і операцій та зниження витрат на доставку сільськогосподарських вантажів на сучасних складах з інтенсивними товарними потоками необхідно впроваджувати ефективний технологічний процес, який повинен базуватись на прогресивних технологіях та бути направленим на економію ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В економіці нашої держави аграрний сектор називають одним із системоутворюючих, який складається з цілого ряду підприємств та об’єднань, що діють за економічними ринковими законами, проте потребують системного державного регулювання, зокрема щодо логістичного та складського забезпе-

© Павленко О.В., Великодний Д.О.

чення виробництва та реалізації продукції, управління ресурсним забезпеченням [4, 5].

Наявність складського приміщення будь-якого підприємства – важливий фактор логістики товару, саме тому потрібно здійснювати перебудову та модернізацію складів [6]. Від цього залежить ефективність управління запасами. На етапі розвитку логістичної галузі сучасних складських приміщень, як і раніше, не вистачає. На підприємстві логістика охоплює багато сфер діяльності, таких, як постачання, виробництво та збут продукції. Найважливіші процеси складського господарства – це зберігання та складування продукції [7]. Для забезпечення найменших витрат, пов'язаних із потоком ресурсів через указані сфери діяльності від постачальника до споживачів, є основним завданням, що вирішує логістика [8].

Аналіз розробок та публікацій вчених, які досліджували удосконалення роботи складських систем та побудови ефективної логістики постачання сільськогосподарської продукції, дозволяє визначити основні результати та напрямки розвитку:

– формування стійких систем постачання продукції з урахуванням раціонального використання ресурсів: елеваторів, портів, водних шляхів, залізничних станцій та складської інфраструктури на основі сучасних методів моделювання [9-12];

– визначення ефективних технологій доставки вантажів різних видів з урахуванням стохастичності попиту на транспортні послуги [13-15];

– впровадження сучасних термінальних систем та логістичних центрів при організації доставки та обслуговування замовлень [16-18];

– розробка логістичних ланцюгів постачання відповідних видів вантажів з урахуванням рівня замовлень, втрат при виконання технологічних операцій [19-21].

Таким чином, в наукових роботах вчених, як в Україні та і за кордоном, була приділена значна увага розвитку інфраструктурної складової, рішень оптимізаційних задач щодо процесу завезення-вивезення вантажу на склад, але без визначення оптимальних значень технологічних параметрів функціонування складських систем. Тому потрібно вибрати методичній підхід щодо побудови ефективної складської системи підприємства при переробці сільськогосподарських вантажів.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є знизити витрати на функціонування складської системи підприємства за рахунок впровадження ефективної технології обслуговування замовлень. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити задачі:

– розробка структурної моделі складської системи підприємства при переробці сільськогосподарських вантажів;

– провести експериментальні дослідження з визначення ефективної технології обслуговування замовлень у складській системі підприємства;

– проаналізувати результати дослідження та розробити прогнозні моделі.

Виклад основного матеріалу

У сучасному ринковому середовище процес удосконалення логістичного управління переміщенням товарів об'єктивно приводить до посилення інтеграції підприємств. Виникає необхідність в організації ефективного ланцюга постачання, який формується на основі взаємодії учасників товарообігу. Формою ефективної взаємодії є об'єкти, які мають можливість концентрувати матеріальні, фінансові та інформаційні потоки. Саме склад (складська система), як один з основних структурних елементів логістики постачання, є, в даний час, не просто місце для зберігання запасів продукції, але об'єкт інфраструктури, що забезпечує ефективну обробку та рух матеріальних ресурсів [22].

Складська система компанії ТОВ «МЕГА КРІСП» поділена на підсистеми: прийом тари та упакування; зберігання тари (пакувальний матеріал, піддони, коробки); прийом переробленої продукції з виробництва та її зберігання; комплектування готової продукції; підготовки та видачі вантажу (рис.1). Також в цій системі присутня підсистема переробки сільськогосподарської продукції, яка взаємодії з вказаними складськими підсистемами. Ефективність управління процесами на складі компанії залежить від оперативного планування і регламентування виконання більшості операцій. Для цих цілей на складі складають різнорівневі схеми технологічних процесів. Схеми дозволяють визначити ефективність використання ресурсів, зрозуміти, наскільки окремі частини процесу відповідають один одному, побачити зайві або відсутні операції.

Рис. 1. Структурна модель процесу руху матеріальних потоків у складській системі, що розглядається

Складський технологічний процес, який розглядається в дослідженні, має наступну послідовність операцій:

1) прибуття вантажу (тари та упаковки) на склад (підготовка технічних засобів до прийому вантажу, документів, ознайомлення робітників складу з планом розвантаження);

2) перевірка документів та вантажу в транспортному засобі (ТЗ) (перевіряються кріплення та наявність відповідних пломб та маркувань, виявляються зовнішні пошкодження);

3) розвантаження вантажу навантажувально-розвантажувальними механізмами (НРМ);

4) приймання та укладання вантажу в зоні прийому складу (переміщення відповідних партій вантажу в відведені місця зони прийому);

5) приймання вантажу по кількості та якості (відкриття тари, підрахунок за кількістю і звірка з документацією, визначення пошкоджень);

6) відбір та переміщення вантажу в зону зберігання та комплектування;

7) збереження вантажу (тари) на складі;

8) переміщення тари та упаковки на виробництво (формується партії тари (пакувальні матеріали, коробки) та переміщується на виробництво до відповідних цехів);

9) переміщення готової продукції до зони зберігання складу;

10) комплектування партії відправлення в зоні зберігання (формується партія вантажу для відповідного замовлення: визначається кількість вантажу та вид тари, здійснюється упакування в тару та пломбування, готуються документи);

11) переміщення готової вантажної одиниці в зону відправлення;

12) перевірка вантажу за кількістю та відповідність документам;

13) навантаження вантажу в транспортний засіб і передача документів.

На кожній стадії виконання технологічних операцій визначена необхідна кількість видів ресурсів, які задіяні в цих діях. Так, наприклад, при виконанні розвантаження вантажу на складі задіяні навантажувально-розвантажувальні механізми (НРМ), вантажники, оператор зони прийому, який приймає участь в цій операції для оформлення документів, перевірки та контролю розвантаження.

Визначення ефективної організації роботи складської системи підприємства буде проводитися за оціночним параметром – сумарними витратами (С), які формують множину значень відповідних витрат за кожним елементом схеми технологічного процесу

$$C = \{C_1, C_2, ..., C_n\}, \qquad (1)$$

де $C_1, C_2, ..., C_n$ - відповідні витрати за кожною технологічною операцією складської системи, грн;

n – номер відповідної операції, (n=13).

Витрати n-ої операції (C_n) характеризуються наступними елементами

$$C_n = \{I_P, S_P, S_R, t_{VO}, N_P, T_w^c\}, \qquad (2)$$

де I_P – інтенсивність відповідних потоків вантажу, т/год.;

S_P – вартість одиниці відповідної роботи, грн/т.;

S_R – вартість однієї години роботи одного робітника, грн/год.·од.;

t_{VO} – час виконання відповідної операції, год.;

N_P – кількість задіяних ресурсів для виконання відповідної операції, од.;

T_w^c – час роботи складу на протязі доби, год.

Кожен з представлених елементів характеризується відповідним переліком складових, наприклад, інтенсивність відповідних потоків вантажу

$$I_P = \{I_{VP}, I_{VV}, I_{VIP}\}, \qquad (3)$$

де I_{VP} – інтенсивність потоку тари та упаковки, т/год.;

I_{VV} – інтенсивність надходження переробленої продукції, т/год.;

I_{VIP} – інтенсивність потоку готової вантажної одиниці, т/год.

Витрати на прибуття вантажу (тари та упаковки) на склад

$$C_1 = \left(\frac{I_{VP} \cdot S_{PRV}}{N_{PR}^O} + N_{PR}^O \cdot S_{RPR}^O\right) \cdot t_{PR}, \qquad (4)$$

де S_{PRV} – вартість підготовки до прийому вантажу, грн/т.;

S_{RPR}^O – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по підготовки до прийому вантажу, грн/од.;

N_{PR}^O – кількість робітників, задіяних в операціях по підготовки до прийому вантажу, од.;

t_{PR} – час виконання операцій по підготовки до прийому вантажу, год.

Витрати на перевірку документів та вантажу в транспортному засобі

$$C_2 = (\frac{I_{VP} \cdot S_{PV}}{N_{PV}^O} + N_{PV}^O \cdot S_{RPV}^O) \cdot t_{PRV} + \\ + I_{VP} \cdot S_{PVb} \cdot k_b^{TZ} \cdot t_{PRVb}, \quad (5)$$

S_{PV} – вартість перевірки цілісності упаковки вантажу, грн/т.;

S_{RPR}^O – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по перевірки цілісності упаковки вантажу, грн/од.;

N_{PR}^O – кількість робітників, задіяних в операціях по перевірки цілісності упаковки вантажу, од.;

t_{PR} – час виконання операцій по перевірці цілісності упаковки вантажу, год.;

S_{PVb} – вартість виконання робіт по оформленню актів щодо пошкодженого вантажу, грн/т.;

k_b^{TZ} – рівень вантажу, що виявлено з пошкодженням, відносно загальної кількості, при перевірці у ТЗ;

t_{PRVb} – час виконання операцій по складанню актів щодо пошкодженого вантажу, год.

Витрати на розвантаження вантажу навантажувально-розвантажувальними механізмами (НРМ)

$$C_3 = (\frac{I_{VP} \cdot S_{RV}}{n_{NRM} \cdot N_V^O} + N_V^O \cdot S_{RV}^O) \cdot t_{RV}, \quad (6)$$

де S_{RV} – вартість виконання розвантаження вантажу, грн/т.;

S_{RV}^O – вартість виконання робіт відповідними робітниками при розвантаження вантажу з ТЗ, грн/год.;

N_V^O – кількість робітників задіяних при виконанні робіт, од;

n_{NRM} – кількість НРМ, од.;

t_{RV} – час виконання розвантаження вантажу з ТЗ, год.

Витрати на приймання та укладання вантажу в зоні прийому складу

$$C_4 = (\frac{I_{VP} \cdot S_{PRU}}{N_{PRU}^O} + N_{PRU}^O \cdot S_{RPRU}^O) \cdot t_{PRU}, \quad (7)$$

де S_{PRU} – вартість приймання та укладання вантажу в зоні прийому, грн/т.;

S_{RPRU}^O – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по прийому та укладанню вантажу, грн/од.;

N_{PRU}^O – кількість робітників, задіяних в операціях по прийому та укладанню вантажу, од.;

t_{PRU} – час виконання операцій по прийому та укладанню вантажу, год.

Витрати на приймання вантажу по кількості та якості

$$C_5 = (\frac{I_{VP} \cdot S_{PKY}}{N_{PKY}^O} + N_{PKY}^O \cdot S_{RKY}^O) \cdot t_{PRY} + \\ + I_{VP} \cdot S_{PKYb} \cdot k_b \cdot t_{PKYb}, \quad (8)$$

де S_{PKY} – вартість перевірки вантажу за кількістю та якістю, грн/т.;

S_{RKY}^O – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по перевірки кількості та якості вантажу, грн/од.;

N_{PKY}^O – кількість робітників, задіяних в операціях по перевірки кількості та якості вантажу, од.;

t_{PRY} – час виконання операцій по перевірки кількості та якості вантажу, год.;

S_{PKYb} – вартість виконання робіт по оформленню актів щодо пошкодженого вантажу при перевірки кількості та якості вантажу, грн/т.;

k_b – рівень вантажу, що виявлено з пошкодженням відносно загальної кількості, при перевірці кількості та якості вантажу;

t_{PKYb} – час виконання операцій по складанню актів щодо пошкодженого вантажу та виявлення втрат, год.

Витрати на відбір та переміщення вантажу в зону зберігання та комплектування

$$C_6 = \frac{I_{VP} \cdot \alpha_{zb} \cdot S_{ZB} \cdot t_{ZB} + I_{VP} \cdot \alpha_{zk} \cdot S_{ZK} \cdot t_{ZK}}{N_{ZBK}^O} + \\ + N_{ZBK}^O \cdot S_{ZBK}^O \cdot \frac{t_{ZB} + t_{ZK}}{2}, \quad (9)$$

де S_{ZB}, S_{ZK} – відповідно вартість відбору та переміщення вантажу в зону зберігання та комплектування, грн/т.;

S_{ZBK}^O – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по відбору та переміщенні вантажу в зону зберігання та комплектування, грн/од.;

α_{zb}, α_{zk} – відповідно частка вантажу, що відправляється в зону зберігання та комплектування;

N^O_{ZBK} – кількість робітників, задіяних в операціях по відбору та переміщенні вантажу в зону зберігання та комплектування, од.;

t_{ZB}, t_{ZK} – відповідно час виконання операцій по відбору та переміщенні вантажу в зону зберігання та комплектування, год.

Витрати на збереження вантажу (тари та упаковки) на складі

$$C_7 = I_{VP} \cdot S_Z \cdot \alpha_{zk} \cdot t_Z, \quad (10)$$

де S_Z – вартість зберігання вантажу в зоні зберігання, грн/т.;

t_Z –час зберігання вантажу в зоні зберігання, год.

Витрати на переміщення тари та упаковки на виробництво

$$C_8 = (\frac{I_{VP} \cdot S_{PTU}}{N^O_{PTU}} + N^O_{PTU} \cdot S^O_{RPTU}) \cdot t_{PTU}, \quad (11)$$

де S_{PTU} – вартість переміщення тари та упаковки на виробництво, грн/т.;

S^O_{RPTU} – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по переміщенню тари та упаковки на виробництво, грн/од.;

N^O_{PTU} – кількість робітників, задіяних в операціях по переміщенню тари та упаковки на виробництво, од.;

t_{PTU} – час виконання операцій по переміщенню тари та упаковки на виробництво, год.

Витрати на переміщення готової продукції до зони зберігання складу

$$C_9 = (\frac{I_{VV} \cdot S_{PGP}}{N^O_{PGP}} + N^O_{PGP} \cdot S^O_{RGP}) \cdot t_{PGP}, \quad (12)$$

де S_{PGP} – вартість переміщення готової продукції до зони зберігання складу, грн/т.;

S^O_{RPGP} – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по переміщенню готової продукції до зони зберігання складу, грн/од.;

N^O_{PGP} – кількість робітників, задіяних в операціях по готової продукції до зони зберігання складу, од.;

t_{PGP} – час виконання операцій по переміщенню готової продукції до зони зберігання складу, год.

Витрати на комплектування партії відправлення в зоні зберігання

$$C_{10} = \frac{I_{VV} \cdot S_{KZB} \cdot t_{KZB} + I_{VP} \cdot \alpha_{zk} \cdot S_{KZP} \cdot t_{KZP}}{N^O_{KZBP}} + N^O_{KZBP} \cdot S^O_{KZBP} \cdot \frac{t_{KZB} + t_{KZP}}{2}, \quad (13)$$

де S_{KZB}, S_{KZP} – відповідно вартість комплектування відправлення вантажу з зони зберігання та прийому, грн/т.;

S^O_{KZBP} – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по комплектуванню відправлень вантажу з зони зберігання та прийому, грн/од.;

N^O_{KZBP} – кількість робітників, задіяних в операціях по комплектуванню відправлень вантажу з зони зберігання та прийому, од.;

t_{KZB}, t_{KZK} – відповідно час виконання операцій по комплектуванню відправлень вантажу з зони зберігання та прийому, год.

Витрати на переміщення готової вантажної одиниці в зону відправлення

$$C_{11} = (\frac{I_{VIP} \cdot S_{PZV}}{N^O_{PZV}} + N^O_{PZV} \cdot S^O_{RPZV}) \cdot t_{PZV}, \quad (14)$$

де S_{PZV} – вартість переміщення готової вантажної одиниці в зону відправлення, грн/т.;

S^O_{RPZV} – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в операціях по переміщенню готової вантажної одиниці в зону відправлення, грн/од.;

N^O_{PZV} – кількість робітників, задіяних в операціях по переміщенню готової вантажної одиниці в зону відправлення, од.;

t_{PZV} – час виконання операцій по переміщенню готової вантажної одиниці в зону відправлення, год.

Витрати на перевірку вантажу за кількістю та відповідність документам

$$C_{12} = (\frac{I_{VIP} \cdot S_{PP}}{N^O_{PP}} + N^O_{PP} \cdot S^O_{RPP}) \cdot t_{PP}, \quad (15)$$

де S_{PP} – вартість перевірки вантажу за кількістю та відповідність документам, грн/т.;

S^O_{RPP} – вартість однієї години роботи одного робітника, який задіяний в перевірки вантажу за

кількістю та відповідність документам, грн/од.;

N_{PP}^{O} – кількість робітників, задіяних в операціях по перевірки вантажу за кількістю та відповідність документам, од.;

t_{PP} – час виконання операцій перевірки вантажу за кількістю та відповідність документам, год.

Витрати на навантаження вантажу в транспортний засіб і передача документів

$$C_{13} = (\frac{I_{VIP} \cdot S_{NV}}{n_{NRM} \cdot N_N^O} + N_N^O \cdot S_{RN}^O) \cdot t_{RN}, \qquad (16)$$

де S_{NV} – вартість виконання навантаження вантажу, грн/т.;

S_{RN}^{O} – вартість виконання робіт відповідними робітниками при навантаженні вантажу на ТЗ, грн/год.;

N_N^O – кількість робітників задіяних при виконанні робіт, од.;

t_{RN} – час виконання навантаження вантажу на ТЗ, год.

Побудовані математичні моделі враховують параметри впливу (інтенсивності відповідних потоків вантажу, вартість одиниці відповідної роботи та однієї години роботи одного робітника, час виконання відповідної операції, кількість задіяних ресурсів для виконання відповідної операції та час роботи складу на протязі доби) та є найбільш перспективним для опису складського процесу підприємства, при цьому зменшуються ускладнення причинно-наслідкових з'язків в комплексі взаємодіючих компонентів.

Для проведення експериментальних досліджень використовуємо метод імітаційного планування експерименту. З визначених параметрів було обрано три параметри, які впливають на ефективність роботи складської системи: інтенсивність потоку тари та упаковки; інтенсивність надходження переробленої продукції; інтенсивність потоку готової вантажної одиниці.

Було обрано 2 рівні варіювання, кількість експериментів визначається для трьох параметрів та двох рівнів і дорівнює восьми.

Значення цих параметрів отримані в результаті аналізу діяльності компанії ТОВ «МЕГА КРІСП» (табл.1). На підставі аналізу параметрів потоку замовлень складу підприємства з'ясовано, що інтенсивності, які розглядаються, розподілені за експоненційним законом, це було підтверджено відповідним рівнем довірчої ймовірності (більшим за 5%).

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів

Назва показника	Значення	
	Мінімальне	Максимальне
Інтенсивність потоку тари та упаковки, т/год.	20	140
Інтенсивність надходження переробленої продукції, т/год.	15	30
Інтенсивність потоку готової вантажної одиниці, т/год.	50	170

За проведеним експериментом отримали результати досліджень по запропонованому критерію визначення ефективної організації роботи складської системи для трьох варіантів (табл.2): «Варіант 1» – значення кількісних параметрів приймають початкові значення (кількість задіяних робітників і НРМ дорівнює одиниці); «Варіант 2» – збільшено кількість задіяних ресурсів – робітників на одного по кожній ділянці виконання відповідних робіт; «Варіант 3» – збільшено кількість НРМ до двох.

Таблиця 2

Результати проведення розрахунків

Серія дослідів	Сумарні витрати, грн		
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	11525,14	9649,49	12923,24
2	22145,10	17209,49	21293,28
3	23225,18	17749,49	22373,34
4	12605,14	10189,49	14003,25
5	48440,96	36766,41	61077,61
6	37820,91	29206,45	52707,56
7	38900,66	29746,39	53787,49
8	49520,97	37306,56	62157,66

Для проведення аналізу впливу параметрів на критерій ефективності виконаємо регресійний аналіз, а також побудуємо відповідні регресійні моделі. Для побудови моделі скористалися програмою «Microsoft Excel». Було отримано коефіцієнти при змінних. Аналіз отриманих результатів для кожного варіанту показав:

1) міра визначеності «*R*-квадрат» дорівнює одиниці (для всіх варіантів), що говорить про те що побудовані моделі пояснюють всю змінність відповідних параметрів;

2) «множинний *R*», який виражає ступінь залежності незалежних змінних *X* та залежної змінної *Y*, також дорівнює одиниці;

3) «рівень значимості *F*», який повинен бути

менше 0,05, дорівнює від $3{,}23\cdot10^{-67}$ до $1{,}7\cdot10^{-64}$, що відповідає умовам;

4) оцінка коефіцієнтів регресії:

– перший варіант: a_0=1637,5, a_1=219,13, a_2=72, a_3=88,5;

– другий варіант: a_0=2699,9, a_1=162,95, a_2=36, a_3=63;

– третій варіант: a_0=1725, a_1=331,5, a_2=72, a_3=69,75;

– стандартна помилка повинна бути менше значень: для всіх коефіцієнтів вона значно менше відповідних значень;

– за значенням «*t*-статистика» всі значення попадають в інтервал: (-∞;2,78)U(2,78;+ ∞);

– «*P*-значення» повинна бути менше 0,05 – всі значення задовольняють вимозі;

– значимими показниками являються ті, в яких інтервал між нижніми та верхніми 95% не проходить через нуль: всі значення не проходять.

На підставі цих даних можемо записати регресійні моделі для всіх трьох варіантів. Для першого варіанту

$$Y_1 = 1637{,}5 + 219{,}13\cdot X_1 + 72\cdot X_2 + 88{,}5\cdot X_3. \quad (17)$$

Регресійна модель для другого варіанту

$$Y_2 = 2699{,}9 + 162{,}95\cdot X_1 + 36\cdot X_2 + 63\cdot X_3. \quad (18)$$

Регресійна модель для третього варіанту

$$Y_3 = 1725 + 331{,}5\cdot X_1 + 72\cdot X_2 + 69{,}75\cdot X_3. \quad (19)$$

За отриманими регресійними моделями лінійного типу проведемо розрахунки та побудуємо графіки залежності сумарних витрат від комбінацій значень відповідних інтенсивностей по кожній серії дослідів (рис. 2).

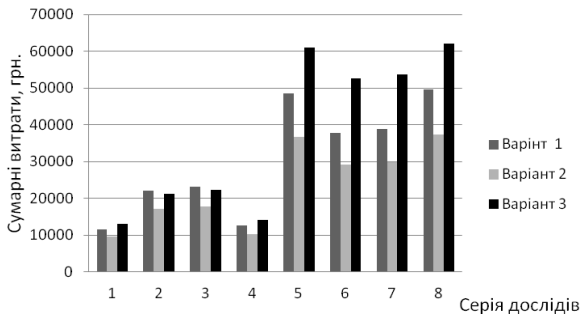

Рис. 2. Графік залежності сумарних витрат від комбінацій значень вхідних параметрів по кожній серії дослідів

Визначимо економічний ефект при порівнянні першого варіанту з початковими умовами та інші два варіанти (табл. 3).

Таблиця 3

Результати визначення економічного ефекту

Серія дослідів	Значення економічного ефекту, грн.		
	При порівнянні другого та першого варіантів	При порівнянні третього та першого варіантів	При порівнянні другого та третього варіантів
1	-1876,2	1397,4	-3273,6
2	-4936,2	-852,6	-4083,6
3	-5476,2	-852,6	-4623,6
4	-2416,2	1397,4	-3813,6
5	-11677,8	12631,8	-24309,6
6	-8617,8	14881,8	-23499,6
7	-9157,8	14881,8	-24039,6
8	-12217,8	12631,8	-24849,6

Висновки

Представлена методика є досить актуальною, оскільки основною метою роботи складських систем підприємств при обслуговуванні вантажовласників є врахування їх інтересів щодо забезпечення повної та якісної переробки вантажу при раціональному використанні існуючих ресурсів (складських майданчиків, навантажувачів, персоналу та ін.). Існують наукові розробки теоретичних основ щодо впровадження сучасних технологій в роботі складських (термінальних) систем таких відомих вчених як Нагорний Є.В., Шраменко Н.Ю., Альошинський Є.С., Миротін Л.Б.. В цих роботах приділена значна увага розвитку інфраструктурної складової, рішень оптимізаційних задач щодо процесу завезення-вивезення вантажу на склад, але без визначення оптимальних значень технологічних параметрів функціонування складських систем.

Запропонована технологічна схема роботи складської системи підприємства ТОВ «МЕГА КРІСП», яка дозволяє побачити весь ланцюг операцій від моменту прибуття транспортного засобу з вантажем (тари та упаковки) на склад до моменту відправки вантажу (готової продукції) одержувачу, також враховані необхідні види ресурсів, які задіяні в цих процесах. Для визначення ефективної організації роботи складської системи підприємства запропоновано критерій – сумарні витрати, на які впливають параметри: інтенсивності відповідних потоків вантажу, вартість одиниці відповідної роботи та однієї години роботи одного робітника, час виконання відповідної операції, кількість задіяних ресурсів для виконання відповідної операції та час роботи складу на протязі доби.

Розроблено повнофакторний план експерименту для трьох вхідних параметрів, який складається з восьми серій дослідів. При цьому були використані

різні комбінації параметрів зовнішнього впливу з інтервалами варіювання відповідних інтенсивностей потоку вантажу. За проведеним експериментом отримали результати досліджень по запропонованому критерію визначення ефективної організації роботи складу підприємства для одного базового варіанту та двох варіантів, що пропонуються.

На основі регресійного аналізу результатів експерименту визначена регресійна модель у лінійній формі з ненульовим коефіцієнтом. Результати визначення економічного ефекту показали, що «Варіант 2» (збільшення кількості робітників) є наймень витратний, при чому рівень витрат менші за всіма серіями дослідів в порівнянні з базовим варіантом – «Варіантом 1». Максимальна різниця досягається в 12217,8 гривень при максимальній завантаженості складу. А при порівнянні третього та першого варіантів: тільки при максимальному рівні вихідного потоку (170 т/год.) третій варіант буде дешевший на 852,6 гривень. Найбільший рівень позитивного значення ефекту серед варіантів, що пропонуються – є «Варіант 2», рівень економії складе 12217,8 гривень за зміну.

В подальшому планується побудувати імітаційну модель процесу, що розглядався, в середовище мереж Петрі та визначити рівень впливу часових параметрів та оцінити ризики відмов в складській системі.

Література

1. *Зовнішня торгівля товарами [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/zed.htm (дата звернення 05.11.2021 р.)*
2. *Особливості ринку логістичних послуг в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/osobennosti-rynka-logisticheskih-uslug-v-ukraine (дата звернення 05.11.2021 р.)*
3. *Основні напрямки розвитку складського господарства і його роль в організації технологічного процесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://tourism-book.com/pbooks/book-22/ua/chapter-1184/ (дата звернення 05.11.2021 р.)*
4. *Волощук В.Р. Формування ланцюгів постачань ресурсів в інноваційній системі агрологістики / В.Р. Волощук, С.В. Богачик, О.В. Іванишин // Підприємництво та інновації. – 2020. – 13. – С. 19–23. DOI: https://doi.org/10.37320/2415-3583/13.3*
5. *Аулін В.В. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». – 2018. – 62. – С. 8–11.*
6. *Тиранський І.П. Складське підприємство у сучасних умовах / І.П. Тиранський // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2009. – 446. – С. 95–96.*
7. *Aulin V. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system / Aulin V., Lyashuk O., Pavlenko O., Velykodnyi D., Hrynkiv A., Lysenko S., Holub D., Vovk Y., Dzyura V., Sokol M. // Communications. Scientific Letters of the University of Zilina. – 2019. – 21(2). – PP. 3–12. DOI: https://doi.org/10.26552/com.C.2019.2.3-12*
8. *Kopytkov D. A technique to determine the optimum package of logistic services provided by the transport and logistics centre / Kopytkov D., Pavlenko O., Kalinichenko O. // Modern Management: Logistics and Education. Monograph. – 2018. – PP. 150–157.*
9. *Okyere S. (2019). Review of Sustainable Multimodal Freight Transportation System in African Developing Countries: Evidence from Ghana / Okyere S., Yang J.Q., Aning K.S., Zhan B. // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2019. – 41. – PP. 155–174. DOI: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.41.155*
10. *Velykodnyi D., Pavlenko O. The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic / Velykodnyi D., Pavlenko O. // International journal for traffic and transport engineering. – 2017. – 7(2). – PP. 164–175. DOI: http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2017.7(2).02*
11. *Нефьодов В.М. Побудова логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу / В.М. Нефьодов, О.В. Павленко, Д.О. Великодний // Комунальне господарство міст. – 2021. – 1(161). – С. 191–198. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-191-198*
12. *Rossolov A. Research of effectiveness of unimodal and multimodal transportation involving land modes of transport / Rossolov A., Kopytkov D., Kush Y., Zadorozhna, V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – 5(89). – PP. 60–69. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112356*
13. *Wang X. Operational transportation planning of freight forwarding companies in horizontal coalitions / Wang X., Kopfer H., Gendreau M. // European Journal of Operational Research. – 2014. – 237(3). – PP. 1133–1141. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.056*
14. *Krajewska M.A. Transportation planning in freight forwarding companies: Tabu search algorithm for the integrated operational transportation planning problem / Krajewska M.A., Kopfer H. // European Journal of Operational Research. – 2019. – 197(2). – PP. 741–751. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.042*
15. *Naumov V. Model of the Delivery Routes Forming Process as a Service Provided by Forwarding Companies / Naumov V., Omelchenko T. // Procedia Engineering. – 2017. – 187. – 167–172. http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.362*
16. *Rosanoa M. A mobile platform for collaborative urban freight transportation / Rosanoa M., Demartinia C.G., Lambertia F., Perboliab G. // Transportation Research Procedia,. – 2018. – 30. – PP. 14–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.003*
17. *Pavlenko O. The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment / Pavlenko O., Velykodnyi D., Lavrentieva O., Filatov S. // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – 2732. – PP. 854–868.*
18. *Volkov V. Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise / Volkov V., Taran I., Volkova T., Pavlenko O., Berezhnaja, N. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2020. – 4. – PP. 185–191. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/185*
19. *Konovalenko I., Ludwig A. (2019). Event processing in supply chain management – The status quo and research*

outlook / Konovalenko I., Ludwig A. // Computers in Industry. – 2019. – 105. – PP. 229–249. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.009

20. Velychko O. Transformation and development of production-logistics enterprises in Ukrainian agrarian economy / Velychko O., Velychko L., Ramanauskas J. // Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. – 2016. – 1. – PP. 70–87. DOI: http://dx.doi.org/10.15544/mts.2016.7

21. Shramenko N. (2019) Information and Communication Technology: Case of Using Petri Nets for Grain Delivery Simulation at Logistics System / Shramenko N., Pavlenko O., Muzylyov D. // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – 2353. – PP. 935–949.

22. Нагорний Є.В. Визначення раціональної кількості ресурсів термінального комплексу на основі теорії сітьового планування / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко // Автомобільний транспорт. – 2012. – 3. – С. 83–87.

References

1. Foreign trade in goods. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/zed.htm [in Ukrainian]

2. Features of the logistics services market in Ukraine. URL: https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/osobennosti-rynka-logisticheskih-uslug-v-ukraine [in Ukrainian]

3. The main directions of development of warehousing and its role in the organization of the technological process. URL: http://tourism-book.com/pbooks/book-22/ua/chapter-1184/ [in Ukrainian]

4. Voloshchuk, V., Bogachik, S. & Ivanyshyn, O. (2020). Formation of supply chains of resources in the innovative system of agrologistics. *Entrepreneurship and Innovation*, 13, 19–23. DOI: https://doi.org/10.37320/2415-3583/13.3 [in Ukrainian]

5. Aulin, V., Velykodnyi, D. & Dyachenko, V. (2018). Optimization and resource management in the transport and logistics system of agro-industrial complex. *Interuniversity collection "SCIENTIFIC NOTES"*, 62, 8–11. [in Ukrainian]

6. Tyrans′kyy, I. (2009). Warehouse enterprise in modern conditions. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University*, 446, 95–96. [in Ukrainian]

7. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V. & Sokol, M. (2019). Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. *Communications. Scientific Letters of the University of Zilina*, 21(2), 3–12. DOI: https://doi.org/10.26552/com.C.2019.2.3-12

8. Kopytkov, D., Pavlenko, O. & Kalinichenko, O. (2018). A technique to determine the optimum package of logistic services provided by the transport and logistics centre. *Modern Management: Logistics and Education. Monograph*, 150–157.

9. Okyere, S., Yang, J.Q., Aning, K.S. & Zhan, B. (2019). Review of Sustainable Multimodal Freight Transportation System in African Developing Countries: Evidence from Ghana. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 41, 155–174. DOI: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.41.155

10. Velykodnyi, D. & Pavlenko O. (2017) The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic. *International journal for traffic and transport engineering*, 7(2), 164–175. DOI: http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2017.7(2).02

11. Nefyodov, V., Velykodnyi, D. & Pavlenko O. (2021). Building of consolidated cargoes supply logistics from Ukraine to Europe. *Municipal economy of cities*, 1(161), 191–198. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-191-198 [in Ukrainian]

12. Rossolov, A., Kopytkov, D., Kush, Y. & Zadorozhna, V. (2017). Research of effectiveness of unimodal and multimodal transportation involving land modes of transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(89), 60–69. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112356

13. Wang, X., Kopfer, H. & Gendreau, M. (2014). Operational transportation planning of freight forwarding companies in horizontal coalitions. *European Journal of Operational Research*, 237(3), 1133–1141. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.056

14. Krajewska, M.A. & Kopfer, H. (2019). Transportation planning in freight forwarding companies: Tabu search algorithm for the integrated operational transportation planning problem. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 741–751. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.042

15. Naumov, V. & Omelchenko, T. (2017). Model of the Delivery Routes Forming Process as a Service Provided by Forwarding Companies. *Procedia Engineering*, 187, 167–172. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.362

16. Rosanoa, M., Demartinia, C.G., Lambertia, F. & Perboliab, G. (2018) A mobile platform for collaborative urban freight transportation. *Transportation Research Procedia*, 30, 14–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.003

17. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O. & Filatov, S. (2020). The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment. *CEUR Workshop Proceedings*, 2732, 854–868.

18. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Berezhnaja, N. (2020). Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 185–191. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/185

19. Konovalenko, I. & Ludwig, A. (2019). Event processing in supply chain management – The status quo and research outlook. *Computers in Industry*, 105, 229–249. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.009

20. Velychko, O., Velychko, L. & Ramanauskas, J. (2016). Transformation and development of production-logistics enterprises in Ukrainian agrarian economy. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 1, 70–87. DOI: http://dx.doi.org/10.15544/mts.2016.7

21. Shramenko, N., Pavlenko, O. & Muzylyov, D. (2019) Information and Communication Technology: Case of Using Petri Nets for Grain Delivery Simulation at Logistics System. *CEUR Workshop Proceedings*, 2353, 935–949.

22. Nagorny, E. & Shramenko, N. (2012). Determining the rational amount of resources of the terminal complex based on the theory of network planning. *Automobile transport*, 3, 83–87. [in Ukrainian]

Рецензент: д-р техн. наук, професор П.Ф. Горбачов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: ПАВЛЕНКО Олексій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – ttpov@ukr.net
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4237-4310

Автор: ВЕЛИКОДНИЙ Денис Олександрович
кандидат технічних наук, доцент
ВСП Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету
E-mail – atdvnz@ukr.net
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6375-5775

CONSTRUCTION OF AN EFFECTIVE WAREHOUSE SYSTEM OF THE ENTERPRISE IN THE PROCESSING OF AGRICULTURAL CARGO

O. Pavlenko[1], D. Velykodnyi[2]
[1]Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine
[2]Separate structural subdivision «Motor Transport Technical College of Kryvyi Rih National University», Ukraine

The article investigates the existing trends and prospects for the development of warehousing services in the system of production and processing of products, which allowed us to form the purpose of the research in this development. The chosen theme is quite topical, because warehousing processes are an integral part of the formation of supply logistics in modern production processes. One of the ways to reduce the cost of goods and services is the efficient use of resources.

Ukrainian and foreign scientists have touched many questions concerning the development of the infrastructure component, solutions of optimization problems regarding the process of import-export of goods to the warehouse, but without determining the optimal values of technological parameters of warehousing systems.

The technological scheme of operation of the warehouse system of the enterprise LLC "MEGA CRISP» allows to see the whole chain of operations from the moment of arrival of the vehicle with cargo (containers and packaging) to the moment of sending the cargo (finished product) to the recipient; the necessary types of resources involved in these processes are also taken into account. Total costs were chosen as an evaluation indicator of the choice of an efficient supply channel. Relevant parameters of influence are taken into account: intensities of corresponding cargo flows, unit cost of the appropriate work and one hour of work of one worker, time of performance of an appropriate operation, quantity of the involved resources for performance of the appropriate operation and working time of the warehouse during the day.

An imitation full-factor experiment was performed, based on the results of which a regression model in linear form with a non-zero coefficient was determined, in which each coefficient indicates the degree of influence of the relevant factor on the performance indicator.

The results of determining the economic effect showed that "Variant 2" (increasing the number of workers) is the least expensive, and the level of costs is lower for all series of experiments compared to the basic variant - "Variant 1". The maximum difference is reached in 12217.8 hryvnias at the maximum loading of a warehouse. And when comparing the third and first variants: only at the maximum level of output flow (170 t / h), the third variant will be cheaper by 852.6 hryvnias. The highest level of positive value of the effect among the variants offered is "Variant 2", the level of savings will be 12,217.8 hryvnias per shift.

Keywords: *technology, warehousing system, agricultural cargo, processing, regression.*