

І. А. Бережняк, Є. Б. Сліпенький, В. О. Дорошук, В. С. Сорока, доц., канд. с.-г. наук
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна
e-mail: berezhniak_m21@nuwm.edu.ua, e.b.slipenkyi@nuwm.edu.ua,
v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua, v.s.soroka@nuwm.edu.ua

Підвищення ефективності складських процесів шляхом моделювання сервісного центру

У статті розглянуто питання підвищення ефективності складських процесів шляхом моделювання сервісного центру. Визначено основні проблеми, що виникають у роботі складів, та запропоновано шляхи їх вирішення за допомогою моделювання. Вирішення проблем потребує впровадження сучасних технологій управління складськими процесами, таких як цифрове моделювання, автоматизація та використання штучного інтелекту для прогнозування навантажень. Оптимізація логістичних процесів за допомогою програмного забезпечення, такого як FlexSim, дозволяє мінімізувати простой, збалансувати навантаження на персонал, покращити використання складських площ і зменшити кількість помилок у комплектації, що загалом підвищує ефективність роботи складу.

ефективність, складські процеси, сервісний центр, моделювання, оптимізація, FlexSim, персонал, обслуговування

Постановка проблеми. У роботі сучасних складів часто зустрічаються проблеми, пов'язані з неефективною організацією складських процесів. Це може проявлятися у затримках приймання та відвантаження товарів, нераціональному використанні площі складу. Вирішення цих проблем є критично важливим для успішної діяльності будь-якого підприємства, що має справу з обробкою та зберіганням товарів. Неефективні складські процеси призводять до збільшення витрат, зниження якості обслуговування клієнтів та втрати конкурентних переваг. Комплексний підхід до вирішення цих проблем включає вдосконалення організаційних процесів, використання сучасних технологій та обладнання, дозволить оптимізувати роботу складу, знизити витрати, підвищити якість обслуговування клієнтів та забезпечити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності складських процесів є ключовим аспектом для багатьох підприємств, оскільки оптимізація цих процесів безпосередньо впливає на загальну продуктивність та конкурентоспроможність компанії. Одним із сучасних підходів до досягнення цієї мети є моделювання сервісного центру, що дозволяє детально аналізувати та вдосконалювати логістичні операції. Моделювання складських процесів у своїх працях досліджували К. Колесник, М. Хуснутдінов, Р. Трохимчук, І. Артишук, С. І. Гриценко, С. В. Смерічевська, Л. В. Савченко. Ці роботи роблять вагомий внесок у розвиток теорії та практики моделювання складських процесів, сприяючи підвищенню ефективності логістичних операцій.

У дослідженні Парія Л.В., Виноградчого В.І. та Перерви Т.П. (2023) розглядаються заходи щодо підвищення ефективності управління логістичною системою на підприємствах-експортерах. Автори підкреслюють важливість комплексного підходу до управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що сприяє оптимізації складських операцій та покращенню взаємодії між різними підрозділами підприємства [5].

У наукових дослідженнях акцентується увага на вдосконаленні логістичного менеджменту операційних процесів, зокрема складської логістики.

В.Є. Марчук детально розглядає теоретичні основи та практичні рекомендації щодо управління складським господарством підприємства. Особлива увага приділяється організації та автоматизації технологічних процесів на складі, що є невід'ємною частиною моделювання сервісного центру для підвищення ефективності логістичних операцій [6].

Постановка завдання. В умовах жорсткої конкуренції на сучасному ринку українські компанії прагнуть підвищити якість обслуговування клієнтів та мінімізувати можливі ризики. У зв'язку з цим, питання ефективного складського менеджменту набуває особливої актуальності та стає важливим напрямом наукових досліджень. Для оптимізації складських операцій та підвищення їх швидкості на українському ринку розробляються спеціалізовані програмні продукти. Автоматизація логістичної системи є запорукою успішної роботи з великими обсягами даних, що є необхідним для сучасного бізнесу. Одним із шляхів вирішення цих проблем є моделювання складських процесів, яке дозволяє оцінити ефективність роботи складу, виявити "вузькі місця" та розробити шляхи оптимізації. Особливу увагу слід приділити моделюванню сервісного центру, як одному з ключових елементів складської системи.

Забезпечення ефективного зберігання, швидкого сортування, обробки товарів та обслуговування замовників є складним завданням, що потребує комплексного підходу. Метою дослідження є оптимізація сервісного центру, який забезпечить швидке, якісне та персоналізоване обслуговування, що сприятиме підвищенню задоволеності споживачів. Система FlexSim є ефективним інструментом для вирішення цієї задачі та забезпечення високого рівня обслуговування клієнтів.

Виклад основного матеріалу. Сучасні складські комплекси відіграють важливу роль у логістичній системі підприємства. Ефективна робота складу забезпечує своєчасне та якісне обслуговування клієнтів, зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності підприємства. Проте, на практиці часто виникають проблеми, пов'язані з неефективною організацією складських процесів, недостатнім використанням сучасних технологій та обладнання, а також низькою кваліфікацією персоналу.

Попри впровадження сучасних технологій та автоматизацію, складські комплекси продовжують стикатися з низкою проблем, які негативно впливають на ефективність їхньої роботи.

Однією з ключових проблем є тривалі простой в обробці замовлень, що виникають через неузгодженість процесів, відсутність чіткої маршрутизації товарів та неефективне використання обладнання. Часто це спричиняється недостатньою пропускнуною спроможністю конвеєрних систем, незбалансованим розподілом навантаження між зонами або нестачею кваліфікованого персоналу в пікові години.

Перевантаженість персоналу є ще одним фактором, який впливає на загальну продуктивність складу. Часто це трапляється через нерівномірний розподіл робочих завдань, недостатню автоматизацію рутинних операцій або складність навігації по складу. В результаті працівники витрачають більше часу на пошук, сортування та комплектацію товарів, що призводить до зниження швидкості виконання замовлень і підвищеного рівня втоми персоналу.

Не менш серйозною проблемою є неефективне використання складських площ. Багато складів стикаються з ситуацією, коли товар розміщений хаотично або не оптимізовано за частотою обігу. Це призводить до збільшення часу, необхідного для пошуку та комплектації товарів, а також зниження місткості складу. Відсутність правильної стратегії зберігання, наприклад, застосування ABC-аналізу, може спричинити затримки та надмірні витрати на логістичні операції. Раціональна

організація місць зберігання дозволяє скоротити час на пошук та відбір продукції. Оптимізація складських площ є важливим фактором, що впливає на продуктивність роботи складу, зокрема застосування стележних систем високого зберігання, автоматизованих конвеєрів та роботизованих комплексів.

Ще однією поширеною проблемою є високий рівень помилок у комплектації замовлень. Помилки можуть виникати через людський фактор, неправильне маркування товарів або відсутність належного контролю на кожному етапі обробки замовлення. Це не лише впливає на репутацію компанії, але й збільшує витрати на обробку повернень та коригування замовлень. Використання сучасних технологій, таких як голосове управління, сканери штрих-кодів або роботизовані комплектаційні станції, дозволяє суттєво знизити рівень помилок і прискорити роботу.

Крім того, багато підприємств стикаються з довгими чергами у зонах відвантаження, що може бути спричинено недостатньою пропускнуою спроможністю, неефективним плануванням завантаження транспорту або затримками в обробці документів. Нерідко це призводить до порушення строків доставки, штрафних санкцій та невдоволення клієнтів.

Крім основних процесів, склади також виконують допоміжні операції, такі як повернення товарів, управління запасами, перерозподіл продукції між різними складами, обслуговування обладнання та контроль залишків. Оптимізація всіх цих етапів за допомогою сучасних технологій та програмного забезпечення дозволяє значно підвищити ефективність роботи складу, мінімізувати витрати та покращити якість обслуговування клієнтів.

Зміни на ринку та посилення конкуренції постійно впливають на зовнішнє середовище, в якому функціонують логістичні системи. Щоб логістична стратегія відповідала цим змінам, кожна компанія потребує ефективної методології. Систематичне планування та проектування логістичних систем є запорукою успіху, адже дозволяє враховувати можливі варіанти розвитку подій та адаптуватися до них. Гнучкість та здатність передбачати майбутнє є критично важливими для сучасного бізнесу. Саме тому компанії, які мають чіткий план дій та здатні швидко реагувати на зміни, отримують значну конкурентну перевагу. Вміння бачити альтернативи та обирати оптимальні рішення забезпечує стабільність та розвиток бізнесу в умовах постійних змін.

На етапі підготовки до проекту необхідно обґрунтувати доцільність створення сервісного центру або проаналізувати проблеми розвитку вже існуючого. План впровадження сервісного центру або модернізації його роботи оформлюється у вигляді документу, де чітко прописані цілі, шляхи досягнення, джерела фінансування, детальний опис об'єкта та економічна ефективність запланованих заходів. Цей документ служить основою для прийняття рішень та реалізації проекту.

Традиційні методи управління складськими процесами часто мають низку недоліків, зокрема низьку продуктивність, втрати часу через нераціональне розташування товарів та недостатню автоматизацію. Одним із найефективніших рішень для вдосконалення складської логістики є використання програмного моделювання.

Потужним інструментом у цій сфері є FlexSim – програмне забезпечення для моделювання складських, виробничих та логістичних процесів у 3D-середовищі. Використання FlexSim дозволяє виявити вузькі місця, протестувати різні сценарії оптимізації та впровадити ефективні рішення без ризику для реального бізнесу.

Програмне забезпечення FlexSim, розроблене компанією FlexSim Software Products, надає можливість створення імітаційних моделей та проведення аналізу результатів моделювання в процесі його виконання [9].

Сучасні застосунки для моделювання дозволяють точно відтворювати середовище як у вигляді візуалізації фізичних елементів, так і через приховану, часто

складну логічну структуру. Використання обох аспектів моделювання значно підвищує його ефективність у здобутті визнання та розв'язанні проблем. FlexSim має ряд переваг через його зручність у використанні, а також широкі візуальні та логічні можливості, що дозволяють користувачам зосередитися на концепціях і методах моделювання [10].

FlexSim – це сучасне програмне забезпечення для моделювання та аналізу складських процесів, яке дозволяє створювати 3D-моделі логістичних комплексів, оцінювати їхню ефективність, прогнозувати наслідки змін та знаходити оптимальні рішення для покращення продуктивності. Програма широко використовується у складській логістиці, виробництві та дистрибуції, оскільки дозволяє проводити детальний аналіз роботи складів без ризику для реальних операцій.

Однією з ключових переваг FlexSim є гнучкість у налаштуванні процесів. Користувачі можуть створювати різні сценарії роботи складу, змінювати параметри логістичних потоків, тестувати вплив нових стратегій управління запасами та моделювати поведінку персоналу. Це дає змогу оцінити ефективність процесів і впровадити оптимальні рішення для підвищення продуктивності.

Ще одна важлива особливість програми – 3D-візуалізація складських операцій, яка дозволяє наочно побачити, як працює склад у режимі реального часу. Завдяки цьому менеджери можуть легко виявити вузькі місця, такі як затримки у процесі приймання товарів, перевантажені зони зберігання чи неефективний розподіл персоналу.

Програма дозволяє отримувати детальні звіти про продуктивність складу, аналізувати швидкість обробки замовлень, час виконання операцій, рівень завантаженості ресурсів та інші важливі показники. Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі точних даних.

Окрім того, FlexSim надає можливість тестування альтернативних рішень без необхідності впровадження змін у реальні процеси. Наприклад, можна змоделювати, як зміниться швидкість обробки замовлень при збільшенні кількості працівників або впровадженні автоматизованих сортувальних систем. Це дає змогу уникнути ризику та фінансові витрати, пов'язані із невдалими рішеннями.

Додатково FlexSim підтримує інтеграцію з іншими програмними системами управління складом (WMS), що дозволяє моделювати процеси на основі реальних даних. Використання такого підходу допомагає компаніям зменшити витрати, скоротити час виконання замовлень, підвищити точність комплектації та покращити загальну ефективність складських операцій.

На початковому етапі створення 3D-моделі необхідно розробити базовий макет бізнес-системи, яку планується моделювати. Розглянемо приклад центру обслуговування клієнтів, де працює один або кілька представників служби підтримки. Зазвичай клієнти, які приходять до центру, займають чергу біля вікна, де їх обслуговують співробітники. У процесі моделювання також враховується можливість того, що клієнти можуть покинути чергу, якщо час очікування занадто довгий.

Для моделювання всіх цих елементів до 3D-моделі необхідно додати об'єкти. Саме вони є основою для побудови 3D-симуляції. Кожен тип об'єкта має своє призначення та функції. Деякі з об'єктів зустрічаються найчастіше:

"Flow items" – об'єкти, що рухаються по 3D-моделі, зазвичай від однієї станції до іншої, вони символізують клієнтів, які звертаються до центру обслуговування.

"Fixed resources" – нерухомі об'єкти в 3D-моделі, які взаємодіють з "flow items" (елементами потоку) і виконують свою функцію, в даній моделі обслуговування клієнтів.

"Task executers" – рухомі об'єкти в 3D-моделі, що відповідають за виконання різноманітних завдань, включаючи транспортування елементів потоку та управління обладнанням.

При моделюванні сервісного центру запуск імітаційної моделі на початкових етапах її розробки є необхідним для верифікації та валідації моделі, що дозволяє виявити та усунути потенційні помилки та забезпечити її коректну побудову.

Для створення більш складніших потоків між фіксованими ресурсами моделі використовується інструмент під назвою "глобальні списки". У цій моделі елементи потоку представлятимуть клієнтів. Коли клієнти стають у чергу, їх буде додано до списку клієнтів, що очікують, у якому відстежуватиметься, як довго клієнти чекали. Служба обслуговування першими допоможе клієнтам, які чекали найдовше. Однак клієнти, які чекали більше 200 секунд, будуть розчаровані та підуть через Unhappy Customers sink. Щоб створити цю функціональність необхідно застосувати "глобальний список", який може фільтрувати та визначати пріоритети елементів потоку за допомогою складних наборів критеріїв.

Необхідно відредагувати властивості 3D об'єктів, щоб створити базу логіку імітаційної моделі, змінити швидкість прибуття для клієнтів, щоб клієнт приходив приблизно щохвилини, установити кількість часу, який потрібно працівнику, щоб допомогти клієнту. Для цього використовуватиметься статистичний розподіл який називається експоненціальним розподілом.

Щоб досягнути мети підвищення ефективності та рівня задоволеності клієнтів у центрі обслуговування, імітаційна модель повинна надавати детальну інформацію, яка допоможе відповісти на ключові питання: як змінюється довжина черги протягом симуляції, які фактори найбільше впливають на її зростання чи зменшення, де знаходяться "вузькі місця", де черга накопичується найбільше, скільки часу клієнти проводять в черзі в середньому, яка максимальна та мінімальна тривалість очікування, чи є значні відхилення від середнього часу, яка частка клієнтів залишається задоволеною обслуговуванням, а яка – ні (рис.1).

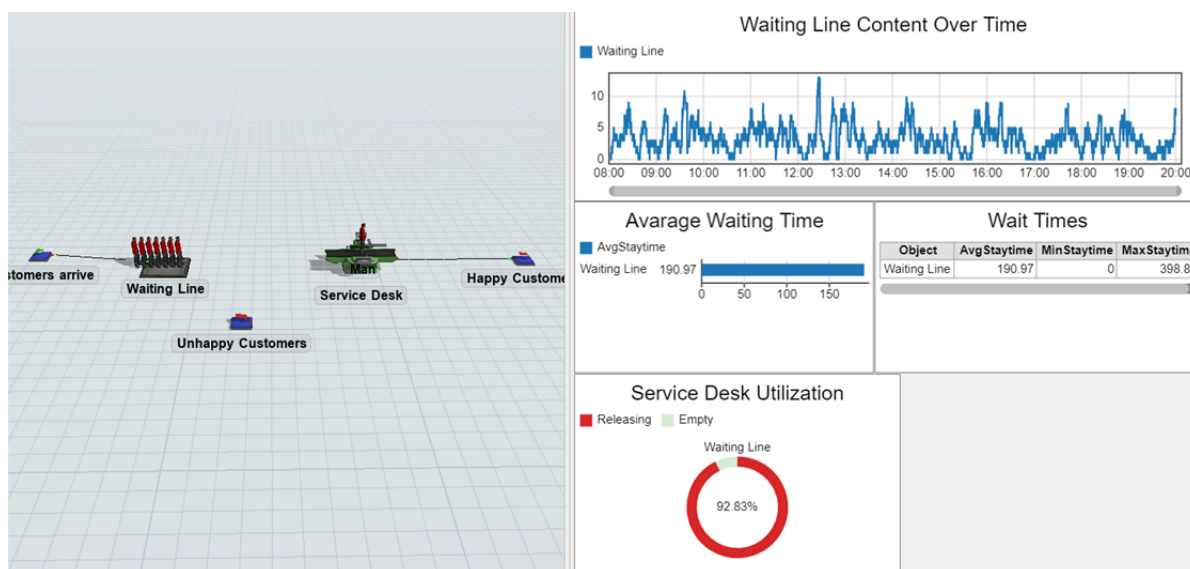


Рисунок 1 – Імітаційна модель сервісного центру обслуговування клієнтів

Джерело: розроблено авторами

Рисунок 1 демонструє початкову модель сервісного центру, де клієнти прибувають, стають у чергу та очікують обслуговування на одному сервісному пункті. На зображенні видно, що утворюється черга, а також є окрема категорія незадоволених клієнтів. Графіки показують значні коливання у заповненості черги протягом дня, високий середній час очікування (190.97 секунд) і значну завантаженість сервісного

столю (92.83%). Це свідчить про перевантаженість системи та неефективність поточного процесу обслуговування.

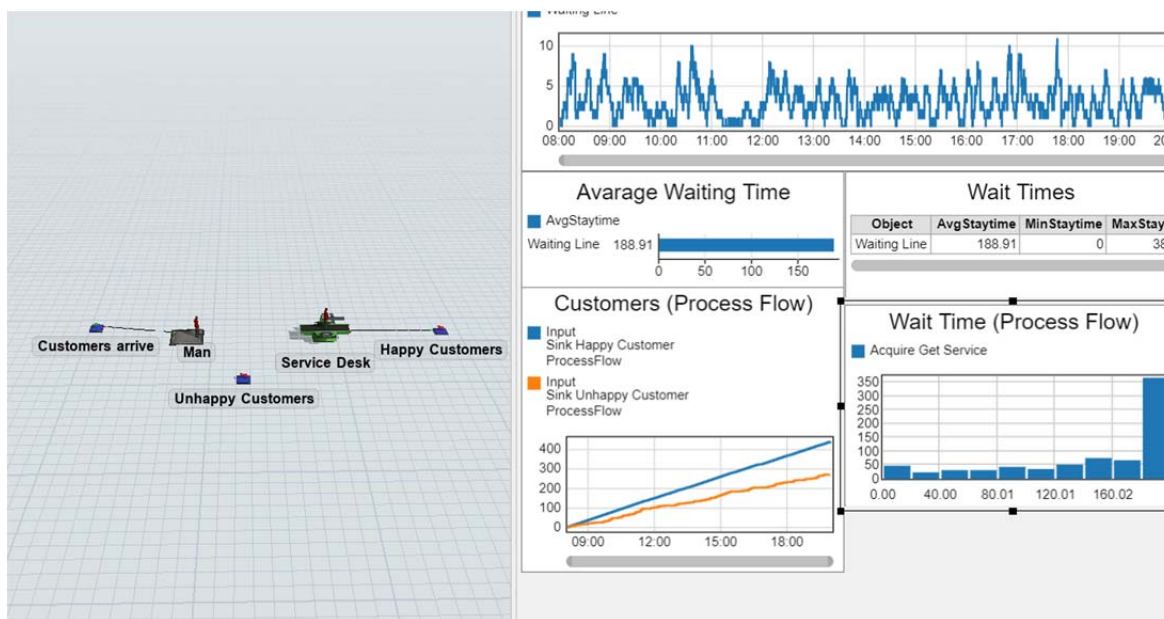


Рисунок 2 – Графіки імітаційної моделі сервісного центру обслуговування клієнтів
Джерело: розроблено авторами

З рисунку 2 видно, що після покращення роботи сервісного центру час очікування все ще залишається високим (188.91 секунд). На графіках також помітно зменшення кількості клієнтів у черзі, що свідчить про покращення процесу обслуговування, але кількість задоволених клієнтів трохи більше ніж незадоволених, що свідчить про необхідність покращення бізнес-процесу.

Після застосування додаткової служби підтримки загальна статистика бізнес-системи показуватиме позитивні зміни, імітаційна модель набуде іншого вигляду (рис.3). Додаткові аналітичні панелі відображають динаміку клієнтських потоків та показують збільшення кількості "щасливих клієнтів", що є важливим показником підвищення ефективності роботи.

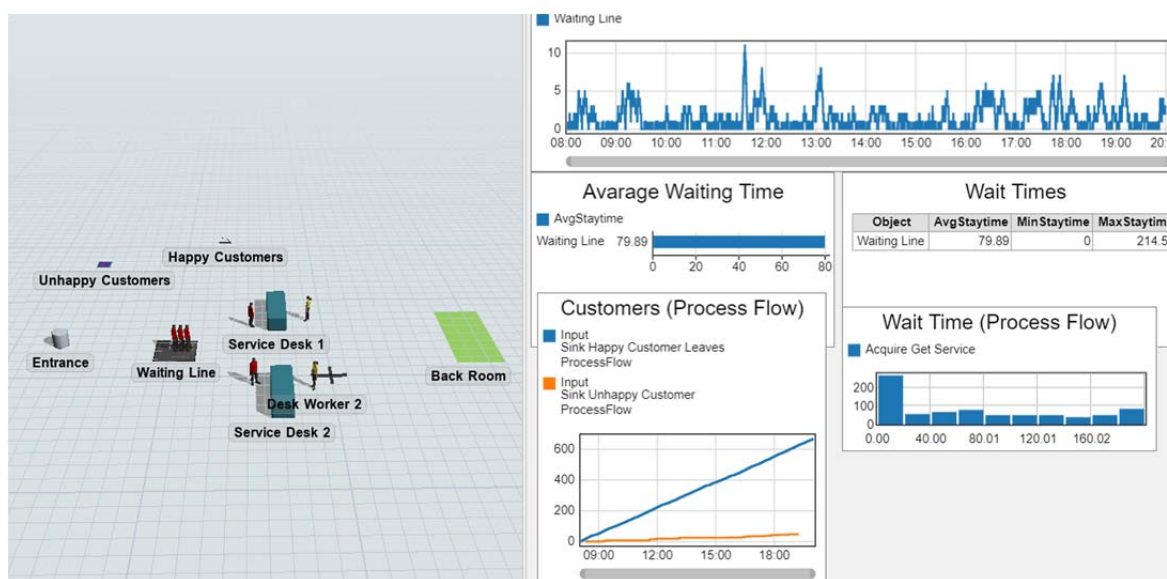


Рисунок 3 – Імітаційна модель з додаванням додаткової служби обслуговування клієнтів
Джерело: розроблено авторами

На основі представлених моделей сервісного центру можна зробити висновок про те, що додавання додаткового сервісного столу (Service Desk 2) зменшило середній час очікування клієнтів у черзі (з 190.97 до 79.89 секунд), а покращення процесу розподілу клієнтів між працівниками зменшило максимальний час очікування (рис. 3). Збільшення пропускної здатності сервісного центру призвело до зростання кількості "щасливих клієнтів" і зменшення кількості "незадоволених клієнтів". Збалансоване навантаження між двома сервісними столами покращило ефективність обробки заявок.

Висновки. Результати моделювання демонструють, що ретельний аналіз і вдосконалення логістичних процесів можуть значно підвищити продуктивність сервісного центру. Оптимізація ресурсів, впровадження додаткових сервісних столів та рівномірний розподіл клієнтських потоків дозволяють підвищити якість обслуговування та забезпечити кращий клієнтський досвід.

Аналіз процесу очікування та часу обслуговування дозволив визначити, що основним фактором затримки є недостатня кількість сервісних столів. Моделювання сервісного центру дозволяє виявити та усунути вузькі місця в обслуговуванні клієнтів, оптимізувавши завантаженість працівників. Впровадження додаткових ресурсів (додаткового сервісного столу) значно покращило якість обслуговування, зменшивши час очікування та підвищивши рівень задоволеності клієнтів. Менший час очікування, в свою чергу, сприяє покращенню клієнтського досвіду.

Таким чином, FlexSim є потужним інструментом для аналізу, оптимізації та вдосконалення складської логістики, що дозволяє легко створити проект моделювання майже для будь-якої бізнес-системи, а підприємствам підвищити ефективність роботи та зменшити операційні витрати.

Список літератури

1. Колесник К., Хуснутдінов М., Трохимчук Р., Артишук І. Імітаційне моделювання складських операцій транспортної компанії. *Computer design systems. theory and practice*. 2023. Vol. 5, No. 1. С. 8-18.
2. Дорошук В.О., Бережняк І.А. Особливості автоматизації складських логістичних процесів. *Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища: матеріали XXI МНПК* (м. Київ, 27 жовтня 2023 р.) Київ: НАУ, 2023. 546 с. С. 195-197.
3. Дорошук В.О., Бережняк І.А., Прокопчук О.О. Щодо оптимізаційного моделювання розвитку транспортної системи. *Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: виклики воєнного часу: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 14-16 грудня 2022р.). Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 355–357.
4. Гриценко С.І., Смерічевська С.В., Савченко Л.В. Проектування логістичних систем. Навчальний посібник. Київ: НАУ, 2024. 407 с.
5. Парій Л., Виноградчий В., Перерва Т. Обґрунтування заходів з підвищення ефективності управління логістичною системою підприємства. *Київський економічний науковий журнал*. 2023. (2). С. 43-51.
6. Марчук В.Є., Григорак М.Ю., Гармаш О.М., Овдієнко О.В. Складська логістика: навчальний посібник. Київ: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 256 с.
7. Мусатенко О.В. Аналіз структурно-технологічних схем доставки товарів. *Економіка та управління на транспорті*. 2017. Вип. 4. С. 66-71.
8. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем: монографія / під заг. ред. д.т.н., проф. В.В. Ауліна. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. 503 с.
9. Mustafa Fatih Yegul, Fatih Safa Erenay, Soeren Striepea, Mustafa Yavuz. Improving configuration of complex production lines via simulation-based optimization. *Computers & Industrial Engineering*. 2017. Vol. 4(109). P. 295-312.
10. Beaverstock, M., Greenwood, A., and Nordgren, W. Applied Simulation Modeling and Analysis Using FlexSim, 5th Edition, FlexSim Software Products, Inc., 2017.

References

1. Kolesnik K., Khusnutdinov M., Trokhimchuk R., & Artishchuk I. (2023). Simulation modelling of warehouse operations of a transport company. *Computer design systems. theory and practice*. 1(5), 8-18 [in Ukrainian].
2. Doroshchuk V.O., & Berezhniak I.A. (2023). Features of automation of warehouse logistics processes. *Problemy pidhotovky profesiinykh kadriv z lohistyky v umovakh hlobalnoho konkurentnoho seredovyscha: materialy KhXI MNPK. Zbirnyk dopovidei*. (pp. 195-197). Kyiv: NAU [in Ukrainian].
3. Doroshchuk V.O., Berezhnyak I.A., & Prokopchuk O.O. (2022). On optimisation modelling of transport system development. *Perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu ta infrastruktury: vyklyky voiennoho chasu: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (pp. 355-357). Kyiv: DP DerzhavtotransNDIproekt [in Ukrainian].
4. Gritsenko S.I., Smerichevska S.V., & Savchenko L.V.. (2024). *Design of logistics systems*. Kyiv: NAU [in Ukrainian].
5. Pariy, L., Vinohradchyi, V., & Pererva, T. (2023). Substantiation of Measures to Increase the Efficiency of Management of the Logistics System of an Enterprise. *Kyivskyi ekonomichnyi naukovyi zhurnal*. (2). 43-51 [in Ukrainian].
6. Marchuk V., Hryhorak M., Harmash O., & Ovdiienko O. (2020). *Warehouse logistics*. Kyiv: OLDI-PLUS [in Ukrainian].
7. Musatenko O. V. (2017). Analysis of structural and technological schemes of delivery of goods *Ekonomika ta upravlinnia na transporti*. 4, 66-71 [in Ukrainian].
8. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Lysenko S.V., Holovaty A.O., & Holub D.V. (2021). *Theoretical and methodological foundations of logistics of transport and production systems*. V. Aulin (Ed.). Kropyvnytskyi: Vydavets Lysenko V.F. [in Ukrainian].
9. Mustafa Fatih Yegul, Fatih Safa Erenay, Soeren Striepea, & Mustafa Yavuz (2017). Improving configuration of complex production lines via simulation-based optimization. *Computers & Industrial Engineering* 4(109), 295–312. [in English].
10. Beaverstock, M., Greenwood, A., & Nordgren, W. (2017). *Applied Simulation Modeling and Analysis Using FlexSim*, 5th Edition, FlexSim Software Products, Inc. [in English].

Ivanna Berezhniak, Evgeniy Slipenky, Viktoriia Doroshchuk, Valeriy Soroka, Assoc. Prof., PhD agricult. sci.
National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

Increase the Efficiency of Warehouse Processes by Modelling a Service Centre

The article considers topical issues of improving the efficiency of warehouse processes by modelling a service centre. The main problems arising in the work of warehouses are analysed in detail, in particular, irrational use of warehouse space, imbalance of workload on staff, significant downtime and increased probability of errors in the process of order picking. The article suggests ways to solve these problems with the help of modern modelling methods, which allow optimising warehouse processes and increasing the overall performance of the logistics system.

Particular attention is paid to the modelling of the service centre as a key element of the warehouse system, which ensures effective interaction between different links of the logistics chain. The article discusses various approaches to modelling, including scenario analysis and process modelling. The article also provides practical examples of modelling to optimise warehouse operations, which demonstrate positive results in reducing order processing time, reducing operating costs and improving the accuracy of logistics operations. It is emphasised that an effective solution to the identified problems requires the introduction of modern warehouse process management technologies, including digital modelling, automation of routine operations and the use of artificial intelligence for load forecasting and resource planning. The use of software, such as FlexSim, allows to minimise downtime, balance the workload on staff, improve the use of warehouse space and significantly reduce the number of picking errors.

In addition, the prospects of using warehouse management systems and predictive analytics, which provides management flexibility and increases the competitiveness of enterprises, are considered. Such approaches make it possible to monitor warehouse processes in real time, adjust operations in a timely manner and adapt warehouse operations to changing market conditions. The integrated implementation of these technologies helps to improve warehouse efficiency, ensuring the sustainable development of the logistics system.

efficiency, warehouse processes, service centre, modelling, optimisation, FlexSim, maintenance, personnel

Одержано (Received) 27.02.2025

Прорецензовано (Reviewed) 11.03.2025

Прийнято до друку (Approved) 14.03.2025