

DOI: 10.15276/ETR.06.2023.10
 DOI: 10.5281/zenodo.10402452
 UDC: 658.012.2
 JEL: C63, D24, D81, M21

МАТЕМАТИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ВИРОБНИЧО-ЗБУТОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ (НА ПРИКЛАДІ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ)

MATHEMATICAL TOOLS FOR ECONOMIC DIAGNOSTICS OF PRODUCTION AND SALES ACTIVITIES OF ENTERPRISES (ON THE EXAMPLE OF FAT-AND-OIL INDUSTRY)

Zoia M. Sokolovska, Doctor of Economic Sciences, Professor
 Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine
 ORCID: 0000-0001-5595-7692
 Email: nadin_zs@te.net.ua

Oksana A. Klepikova, PhD in Economics, Associate Professor
 Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine
 ORCID: 0000-0003-0399-9035
 Email: o.a.klepikova@op.edu.ua

Received 27.11.2023

Соколовська З.М., Клепикова О.А. Математичні інструменти економічної діагностики виробничо-збутової діяльності підприємств (на прикладі олійно-жирової промисловості). Науково-методична стаття.

Стаття представляє імітаційне моделювання як математичний інструмент реалізації економічної діагностики діяльності промислових підприємств. Об'єктами дослідження виступають підприємства олійно-жирової промисловості. Акцентується увага на особливостях та проблемах функціонування галузі на поточному етапі в умовах воєнних реалій. Обґрунтовується доцільність залучення апарату імітації, зважаючи на невизначеність та мінливість внутрішнього і зовнішнього оточення функціонування підприємств. Представлено модель реалізації діагностичних досліджень виробничо-збутової діяльності підприємств, розроблену з використанням дискретно-подієвої та агентної парадигм імітації на програмній платформі системи AnyLogic. Отримані результати ілюструються фрагментами модельних імітаційних експериментів.

Ключові слова: олійно-жирова промисловість, підприємство, економічна діагностика, імітаційні модель, дискретно-подієвий підхід, агентний підхід, імітаційний експеримент

Sokolovska Z.M., Klepikova O.A. Mathematical Tools for Economic Diagnostics of Production and Sales Activities of Enterprises (on the Example of Fat-and-Oil Industry). Scientific and methodical article.

The article presents simulation modeling as a mathematical tool for implementing economic diagnostics of industrial enterprises. The objects of the study are enterprises of the fat-and-oil industry. Attention is focused on the features and problems of the functioning of the industry at the current stage in the conditions of military realities. The expediency of using the apparatus of imitation is substantiated, taking into account the uncertainty and variability of the internal and external environment of the functioning of enterprises. A model for the implementation of diagnostic studies of production and sales activities of enterprises, developed using discrete-event and agent-based simulation paradigms on the software platform of the AnyLogic system, is presented. The obtained results are illustrated by fragments of model simulation experiments.

Keywords: fat-and-oil industry, enterprise, economic diagnostics, simulation model, discrete-event approach, agent approach, simulation experiment

Н а сучасному етапі розвитку процесів світової економіки відчувається значний вплив глобалізації. Це стосується всіх товарних ринків та ринків сировини, зокрема, ринків сільськогосподарської та продовольчої продукції. Відчуває на собі відповідні впливи і український ринок сільгосппродукції.

Треба окремо відзначити, що серед інших вітчизняний ринок олійно-жирової продукції є найбільш глобалізованим. До повномасштабної агресії Україна мала найвищий рейтинг серед виробників соняшникової олії. Майже 60% світового експорту олії складала українська продукція.

За структурою українського експорту продукції агропромислового комплексу продукція олійно-жирової галузі займає вагоме місце, навіть зараз – у важкі часи військової агресії. Динаміка забезпечення вітчизняною олією основних країн-імпортерів представлена на рис. 1.

Підприємства олійно-жирової промисловості займають одне з вагомих місць у вітчизняній харчовій галузі. Форум, що відбувся на платформі VegOil Trade-2023, позначив вектори розвитку світової та української олійно-жирової індустрії [2]. Експерти підкреслили, що український ринок олійних та продуктів переробки цього сезону суттєво трансформувалася, підлаштовуючись під поточні реалії. Водночас, робота галузі демонструє досить високі показники навіть за умов регулярного блокування роботи портів. Україна залишається серед ТОП-виробників олійної продукції у світі, але підтримка таких позицій потребує від підприємців суттєвих зусиль, зокрема, спрямованих на підвищення ефективності управління процесами виробництва-реалізації готової продукції. В цих умовах підвищується роль економічної діагностики.



Рисунок 1. Забезпечення українською соняшниковою олією основних країн-імпортерів
Джерело: складено авторами за матеріалами [5, 6]

В свою чергу, реалізація економічної діагностики діяльності досліджуваних підприємств передбачає застосування математичного інструментарію, який би відповідав реальним умовам їх функціонування, а саме враховував би нестабільність та невизначеність зовнішнього оточення, як джерела відповідних ресурсів. Постає необхідність у перманентному оцінюванні та діагностуванні змін, що відбуваються в економічному середовищі та можуть негативно впливати не тільки на поточну діяльність, але і на розвиток підприємства у довгостроковій перспективі. В результаті для своєчасного реагування на зміни зовнішнього середовища перед керівництвом підприємств постає завдання розглядати всі можливі сценарії розвитку подій.

Таким чином, в умовах, коли на кінцеві показники промислової діяльності впливає комплекс факторів різноманітної природи, управління галузі потребують відповідні математичні інструменти, які б допомогли у розробці й прийнятті адекватних управлінських рішень. Одним з таких інструментів є імітаційне моделювання, яке знайшло величезне практичне впровадження майже у всіх сферах економіки та управління.

Імітаційні моделі-тренажери дозволяють відтворювати різноманітні автономні та пов'язані між собою процеси (не тільки дискретні, але й стохастичні) в динаміці на різноманітну перспективу. Це значно підвищує ефективність розробки й прийняття відповідних управлінських рішень.

Сучасні програмні платформи реалізації моделей сприяють проведенню широкого спектру гнучких імітаційних експериментів.

Методологія імітаційного моделювання знаходиться у стані постійного розвитку, що надає нових поштовхів до удосконалення прикладних додатків даного математичного напрямку. Але різноманіття реальних економічних ситуацій, зокрема, у виробничо-збутовій сфері, висуває на перший план нові задачі, що потребують оперативного розв'язання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження діяльності підприємств олійно-жирового комплексу привертають увагу багатьох науковців та фахівців-практиків. Особливо це стосується сучасних часів, коли галузь відчуває на

собі комплекс негативних впливів, пов'язаних з широкомасштабною агресією та її наслідками. Роботи [3-7] спрямовані на вивчення особливостей функціонування підприємств галузі на поточному етапі економічного розвитку.

Узагальнюючи матеріали таких джерел, як [5, 7-10], можна визначити наступні ознаки роботи промислових підприємств вітчизняної олійно-жирової галузі за цей період, тобто визначити виклики, що мають місце на сучасному етапі розвитку промисловості:

- Логістичні проблеми: особливо проблеми, пов'язані з морською логістикою (найбільша частка експорту олії йшла морем).
- Нестача енергоресурсів та їх подорожчання (відключення електроенергії, зростання цін на її використання).
- Неритмічна робота підприємств внаслідок обстрілів; відзив працівників.
- Закупівля іншими країнами вітчизняної сировини та виготовлення готової продукції на власних потужностях (тобто відмова частки колишніх країн-імпортерів від української продукції з доданою вартістю). Це суттєво знижує експорт готової олійно-жирової продукції вітчизняного виробництва.
- Звуження географії експорту вітчизняної олійно-жирової продукції (поступове зниження постачання олії у Китай та Індію – головні імпортери олійної продукції).
- Недовантаження виробничих потужностей внаслідок нестачі сировини (внаслідок зростання експорту сировини в зарубіжні країни).
- Складна цінова ситуація відносно сировини та готової продукції.
- Поступове втрачання експорту шротів: зростання логістичних витрат призводить до втрати рентабельності процесів переробки сировини на вітчизняних підприємствах. Особливо це стосується ринку шротів: шрот (білкова сировина) дуже знецінилася.

В роботах [7, 10] значна увага приділена особливостям проведення кількісної та якісної діагностики функціонування підприємств олійно-жирової промисловості: діагностиці як оперативної, так і на тривалу перспективу. В роботі [3] проблеми промислових підприємств розгля-

даються у зв'язку з особливостями та проблемами аграрної сфери, як постачальника сировини.

Питання підвищення ефективності управління переробними підприємствами підіймаються в наукових працях [8-9]. В [7] пропонується факторна модель реалізації мікроекономічного аналізу діяльності суб'єктів галузі, вбудована у загальний контур системи управління.

На думку майже всіх дослідників та фахівців-практиків, підвищення ефективності проведення економічної діагностики та управління, спрямованого на ліквідацію «вузьких місць», виявлених в результаті цього, потребує застосування гнучких та зручних в експлуатації математичних інструментів. За висунутими критеріями можна ґрунтовно стверджувати про придатність імітаційного моделювання для розв'язання поставлених задач.

В базі моделей та в базі даних системи багатопідходного імітаційного моделювання AnyLogic – однієї з всесвітньо відомих сучасних програмних платформ – існує низка бібліотек, призначених для моделювання об'єктів різного спрямування та галузевої приналежності [11]. Широке коло моделей реалізовано на мікро-рівні, для підприємств. Є і моделі, застосовані для харчової промисловості. Але у загальній множині олійно-жировий комплекс представлений дуже незначно.

Розробки, що здійснюються з використанням апарату імітаційного моделювання, зокрема, для об'єктів мікрорівня, регулярно представляються на таких світових платформах моделістів, як [12-14].

Теоретичним та прикладним аспектам реалізації парадигм імітаційного моделювання й створенню на їх основі прикладних додатків присвячені роботи [15-20]. Зокрема, в роботі [18] приділяється увага технології створення імітаційних моделей саме для підприємств олійно-жирової галузі. Представлено також механізм планування імітаційних експериментів, що підтримуються застосованою програмною платформою AnyLogic.

Треба окремо зупинитись на такому тренді сьогодення, як створення цифрових двійників (Digital Twin) – одного з революційних цифрових рішень, що розробляється для підтримки цифрової трансформації підприємств та прийняття рішень у багатьох галузях. Незважаючи на те, що концепції цифрового двійника вже майже 20 років, вона продовжує розвиватися, охоплюючи нові галузі та варіанти застосування.

На поточному етапі розвитку вже ні науковці, ні фахівці-практики не сперечатимуться стосовно того, що одним з центральних компонент системи є імітаційна модель. Таким чином, економічна діагностика різних аспектів функціонування досліджуваного промислового об'єкту може знайти свою прикладну реалізацію саме на базі імітаційних компонентів. Фундаментальний огляд підходів до визначення архітектури та розробки цифрових двійників наведено в роботах [21, 22], що тільки підтверджує запроповану тезу.

Метою статті є представлення імітаційної моделі-тренажера, як апарату економічної діагностики виробничо-збутової діяльності підприємств олійно-жирової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження

Економічна діагностика з використанням апарату імітаційного моделювання розглянута з точки зору виробничо-збутових процесів, притаманних типовому підприємству олійно-жирової промисловості. В процесах постановки задачі та розробки моделі використані матеріали ПАТ «Одеський олійно-жировий комбінат» та ПРАТ «Чернівецький олійно-жировий комбінат» [23, 24].

В якості кола задач дослідження висувалися наступні:

- оцінка динаміки обсягів виробництва та збуту продукції;
- діагностика структури продуктового портфеля підприємства;
- прогноз ринкових зрушень на ринку олійно-жирової продукції;
- оцінка використання виробничих потужностей підприємства;
- оцінка системи управління запасами;
- діагностика впливу виробничо-збутової діяльності на кінцеві фінансові показники функціонування підприємства.

Типові підприємства галузі відрізняються складними технологічними процесами виробництва продукції, а також сезонністю. У зв'язку з цим виникає потреба у моделі-тренажері, на якій стає можливим відпрацювання управлінських рішень на оперативну та тривалу перспективу.

Для моделювання обрано методи дискретно-подієвої та агентної імітації на програмній платформі системи AnyLogic [11].

Згідно постановки задачі враховується, що на комбінаті – потенційному об'єкті дослідження – виробляють два види олії – пресова й екстракційна, та шрот. Замовлення на випуск готової продукції формуються на основі ринкового попиту, який визначається, як випадкова змінна за наданими законами розподілу. Потрібно враховувати інтенсивність споживання продукції. Валовий випуск продукції підприємства залежить від тривалості виробничого циклу та наявних потужностей.

В моделі потрібно передбачати діагностику низки ситуацій, як то:

- недотримання строків та обсягів поставок сировини;
- порушення нормативів запасів готової продукції на складах;
- доцільність технічного переобладнання виробництва згідно поточній ситуації та обсягам необхідних інвестицій;
- неритмічне використання виробничих потужностей;
- зміна трендів товарного ринку / зміна поведінки споживачів та їх вимог/вподобань.

Загальний технологічний процес виробництва в скороченій формі виглядає наступним чином.

Підготовка насіння до переробки починається з моменту приймання і зберігання його на заводських складах. Від зберігання соняшникового насіння в значній мірі залежить вироблення високоякісної продукції – олії і шроту. Шрот, як основні залишки від виробництва олії, дозволяє знизити до мінімуму сировинні втрати.

Соняшникове насіння спочатку надходить до підготовчого цеху, де відбувається його вивантаження. Соняшникове насіння, так само як і зернові культури, володіє загальними і специфічними особливостями, які повинні враховуватися при його прийманні та зберіганні. Щойно зібране олійне насіння має підвищену життєдіяльність та неоднорідну біологічну зрілість. Таке насіння нестійке при зберіганні, і тому в процесі приймання та зберігання йому необхідно створити умови, в яких процес післязбирального дозрівання відбувався б відповідно до стандартів якості.

Так як енергія біохімічних перетворень і дихання насіння визначаються вологістю, то повинна проводитися насамперед перевірка з його вологості. В підготовчому цеху відбувається перевірка вологості насіння. Якщо соняшникове насіння не пройшло перевірку вологості, воно відправляється на сушку. Сушка насіння відбувається в підготовчому цеху. За конвекційним або повітряним способом передача тепла до насіння проводиться безпосередньо від рухомого нагрітого повітря або газоповітряної суміші.

Якщо насіння пройшло перевірку вологості, воно відразу відправляється в рушальний цех. В рушальному цеху соняшникове насіння проходить очистку від лушпиння та від сторонніх домішок. Після сепараторів попереднього очищення насіння подається на сепаратори остаточного очищення. Очищене насіння передається у пресовий цех. Крім зміни фізичних властивостей насіння при подрібненні, відбувається також зміна його хімічних властивостей.

Хімічні зміни в насінні виражаються в деякій денатурації білкових речовин в результаті тиску на жмих валків і тепла, яке розвивається за рахунок трансформації механічної енергії обертових й тертьових між собою валків і матеріалу. Велике накопичення вільних жирних кислот в олії спостерігається при тривалому вилежуванні готового жмиху. Тому не рекомендується на виробництві створювати великі запаси жмиху. У зв'язку з порушенням захисних покривів насіння або ядра в жмиху активуються процеси, що викликаються дією мікроорганізмів, особливо при підвищеній вологості насіння.

Після обробки соняшникового насіння в пресовому цеху виготовляється пресова олія; оброблене насіння передається в олійно-екстракційний цех.

В олійно-екстракційному цеху перероблене насіння ще раз віджимається – так отримується екстракційна олія. Залишки від переробленого насіння є шротом.

Згідно зі специфічними особливостями конкретних видів олійного насіння заводська практика використовує раціональну схему підготовчих цехів. При цьому враховується, що правильна комплектація машин; належне розміщення й механізація процесів; ув'язка одних операцій з іншими, найбільш короткими транспортними елементами, є основними умовами високих показників роботи підготовчого цеху.

В моделі наведені процеси відтворюються за допомогою дискретно-подієвої парадигми імітації.

Збутові процеси реалізуються завдяки агентному підходу, де за допомогою агентів відображається поведінка споживачів на ринку товарної продукції. В динамічному, конкурентному і складному середовищі ринку вибір покупця часто залежить від впливу багатьох різноманітних факторів (часто протилежних за напрямком своєї дії), які найкраще описуються за допомогою агентного моделювання.

Таким чином, для відтворення виробничо-збутових процесів в моделі використано багато-підходну парадигму, як комбінацію дискретно-подієвого та агентного підходів.

Загальний вигляд моделі наведено на рис. 1.

Модель складається з двох модулів: «Виробництво» і «Споживачі».

Як видно з рис. 1, головні бізнес-процеси виробництва комбінату представлені у вигляді ланцюга, який містить наступні блоки:

- прийом насіння;
- вивантаження;
- перевірка вологості;
- сушіння;
- передача на очищення;
- очищення;
- передача на прес;
- преси;
- пресова олія;
- передача жмиху;
- олійно-екстракційний цех;
- екстракційна олія;
- шрот.

В даній моделі відтворюється популяція агентів, які відображають покупців продукції досліджуваного підприємства.

Популяції агентів реалізовані в AnyLogic, як колекції елементів. AnyLogic дозволяє вибрати той чи інший тип колекції в залежності від того, який тип операцій потрібно найбільш часто застосовувати при роботі з клієнтами. Популяція агентів означає, що кілька агентів одного типу будуть жити в одному середовищі.

За допомогою діаграми стану відбувається імітація процесу покупки продукції – рис. 2.

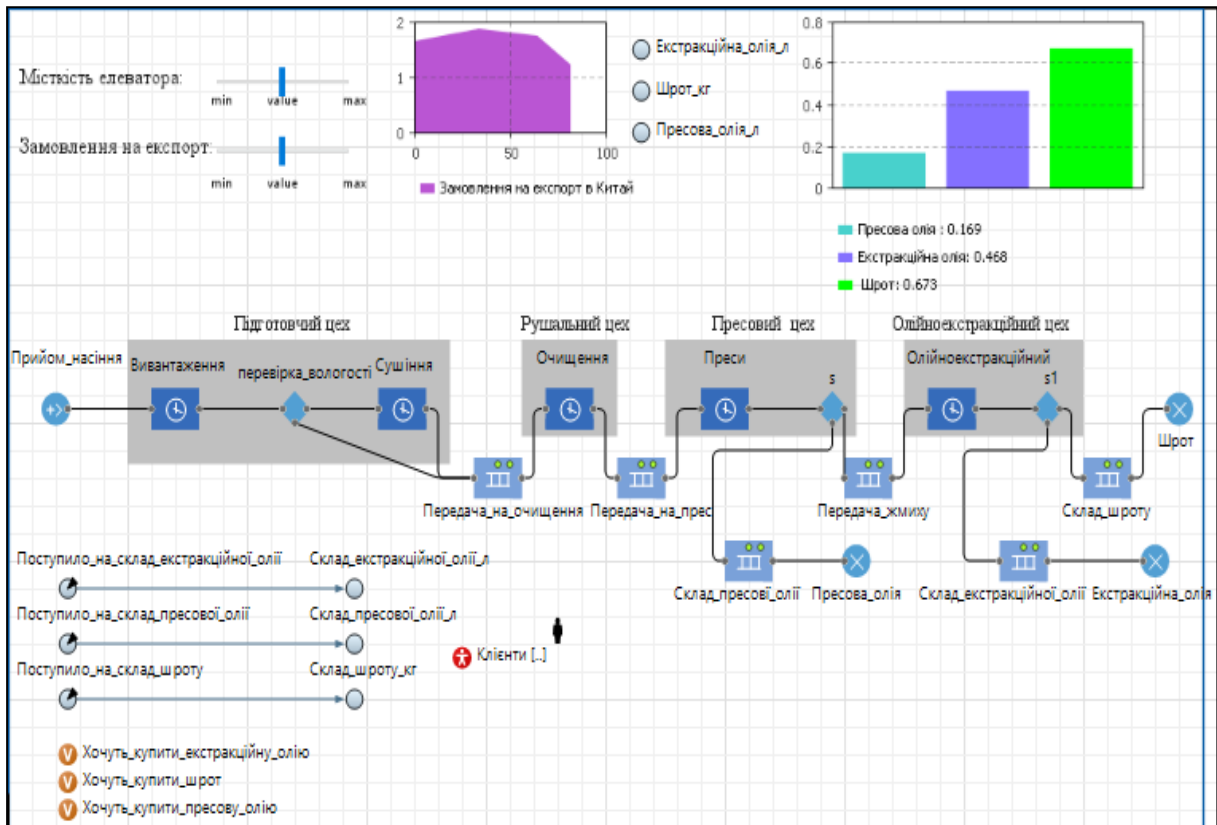


Рисунок 1. Загальний вигляд моделі виробництва-реалізації олії
 Джерело: власна розробка авторів

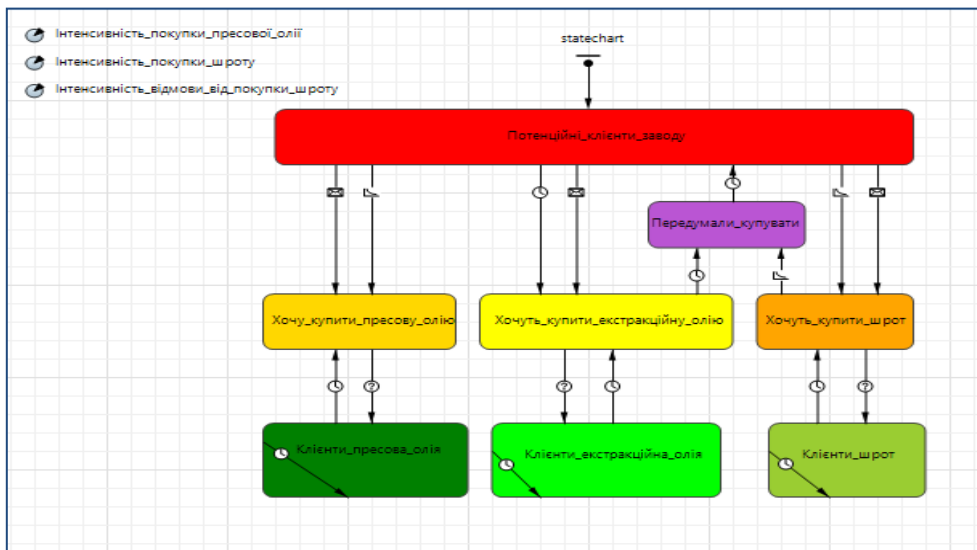


Рисунок 2. Діаграма станів клієнтів комбінату
 Джерело: власна розробка авторів

Якщо у агента можна виділити кілька станів, що виконують різні дії при виникненні якихось подій, або якщо у агента є кілька якісно різних поведінь, які послідовно змінюють один одного при виникненні певних подій, то поведінка такого об'єкта може бути описана в термінах діаграми стану. Діаграма стану дозволяє графічно задати простір станів алгоритму поведінки об'єкта, а також події, які є причинами спрацьовування

переходів з одних станів в інші, і дії, що відбуваються при зміні станів.

За допомогою діаграм станів можна графічно задати дискретні поведінки об'єктів будь-якої складності, куди більш різноманітні, ніж елементарні значення стану «вільний/зайнятий», «відкритий/закритий», «справний/ несправний» і т. д., пропоновані більшістю блокових інструментів моделювання.

На моделі були проведені стандартні та оптимізаційні експерименти, які довели необхідність здійснення низки заходів з підвищення ефективності бізнес-рішень.

Наведемо деякі фрагменти отриманих експериментальних результатів в ситуаційному розрізі.

Ситуація 1. Базовий експеримент.

Моделний час починається з серпня (початкова модельна дата – 1 серпня), тому що процес виробництва соняшникової олії є сезонним. Максимальне навантаження припадає на жовтень-грудень, оскільки саме в ці періоди наявний найбільший обсяг запасів сировини.

Різкий спад виробництва спостерігається в серпні, тому що закінчується соняшникове насіння. Графік роботи досліджуваного комбінату – з понеділка по п'ятницю з 8:00 до 18:00, субота та неділя вихідні. Поставка сировини відбувається постійно. Обсяг соняшникового насіння залежить від пори року. Соняшникове насіння привозиться на вантажних машинах та в вагонах. В одній машині – від 15-20 т соняшникового насіння. В одному вагоні – 30 т соняшникового насіння. Імітацію надходження сировини машинами та вагонами в моделі здійснює елемент Прийом_насіння. Результат представлено на рис. 3.

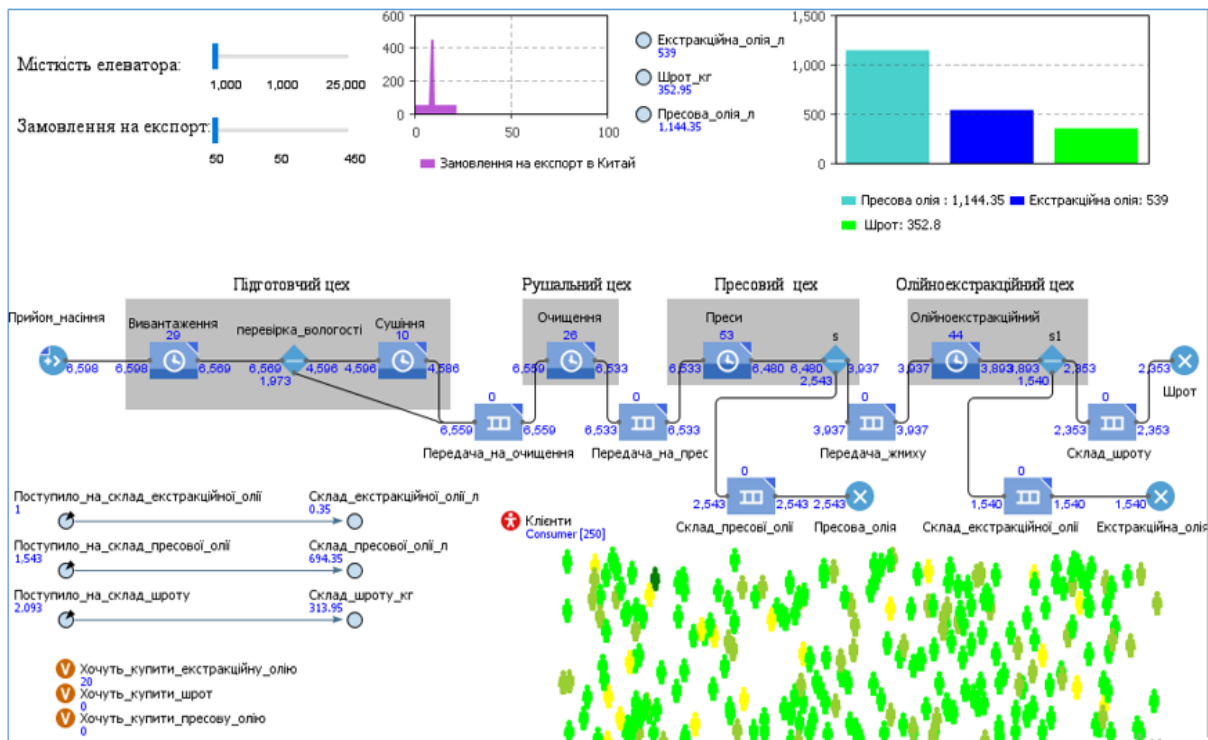


Рисунок 3. Ситуація 1: базовий експеримент

Джерело: власна розробка авторів

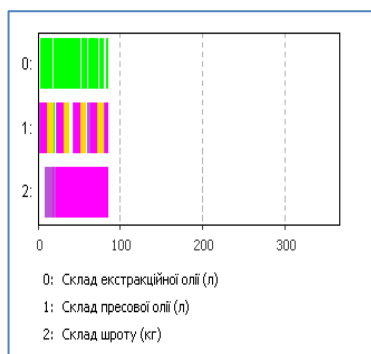
З графіка у верхньому правому куті видно, що станом на 23.08.2023 отримано з 6 480 т соняшникового насіння 1 144,35 л пресової олії, 539 л екстракційної олії та 352,95 кг шроту. Найбільший обсяг спостерігається по пресовій олії, що пов'язано з технологією виробництва.

Під час проведення експерименту місткість елеватора соняшникового насіння не змінювалась. Якщо місткість елеватора збільшити, то машини і вагони чекають прийому менше часу завдяки наявності вільної площі для розміщення насіння. Якщо елеватор соняшникового насіння заповнений, вантажні машини та вагони чекають прийому. Відвантаження готової продукції здійснюється з відповідних складів.

Найбільш тривалий цикл виробництва у пресовому цеху – в середньому три години. Самий короткий цикл виробництва – це сушіння насіння.

Обладнання постійно потребує нагляду спеціалістів. З отриманих даних видно, що продукція на складі не затримується завдяки постійному попиту. Отримана інформація доводить, що клієнтів, які бажають придбати продукцію більше, ніж чисельність задоволених покупців продукції комбінату.

Для більш детального аналізу руху готової продукції на складі використана так звана кольорова діаграма (рис. 4 а), що наочно відтворює динаміку завантаження складів (ось X – досліджуваний часовий термін імітації, крок – день). Зміни кольорів, які залежать від поточного значення задіяних наборів даних, сигналізують критичний стан відповідних показників, що свідчить про ступінь ритмічності виробництва й збуту.



а) Діаграма руху готової продукції на складі



б) Аналіз клієнтської бази готової продукції

Рисунок 4. Ситуація 1: базовий експеримент (продовження)

Джерело: власна розробка авторів

Експеримент довів, що екстракційна олія мала найбільший попит. Пресої олія відправлялася оптовими партіями (зокрема, до Китаю по 450 л.). За технологією виробництва пресої олія має відстоятися, саме тому для підприємства є оптимальним виготовити потрібну кількість продукції і потім все відправити. Шрот мав найменшу величину попиту, так як на складі залишалася спочатку більше 50 кг продукції, а через час вона накопичувалася до величини, більшої за 100 кг. Водночас, залишки шроту не перевищували 300 кілограмів.

Аналіз клієнтської бази готової продукції (рис. 4 б), представлений протягом 3 місяців, довів, що покупців екстракційної олії – 2 538 осіб, шроту – 2217 осіб, а пресої олію замовили чотири рази по 450 л. Клієнтів екстракційної олії більше на 321 особу, ніж клієнтів шроту. Кількість людей, що передумали купувати шрот або екстракційну олію – 272 особи. Клієнти могли передумати внаслідок зміни вподобань (за різними причинами об'єктивного та суб'єктивного плану) або внаслідок тривалому очікуванню виконання замовлення. Однак, шрот був в наявності на складі весь час, саме тому можна припустити, що це клієнти, які передумали купувати екстракційну олію.

Ситуація 2. Дослідження інтенсивності покупок продукції.

Експеримент полягав у варіації параметрів в діаграмі стану, тобто відтворювалася зміна поведінки клієнтів. Наприклад, одним з результатів була відправка комбінатом за 4 місяці 9 партій пресої олії по 450 л. Чисельність покупців екстракційної олії склала 6612 осіб, а шроту – 1,058 осіб. Ринок насичувався досить швидко, саме тому через місяць попит зменшився і продукція почала накопичуватися на складі. Зокрема, спостерігалася значне накопичення шроту. Для запобігання даному явищу було рекомендовано проведення маркетингових заходів (рекламних акцій, пошук нових клієнтів та т. і.). Доречним було признано створення системи маркетингового контролю (контроль виконання

річних планів, прибутковості та стратегічний контроль).

Водночас, експерименти довели, що значне збільшення попиту на пресої олію призводить до перевантаження виробничих потужностей. Готова продукція не встигає відстояватися, що негативно впливає на її якість.

Таким чином, діагностика досліджуваних процесів доводить, що структурні зрушення у виробництві продукції призводять до небажаних наслідків. Згідно отриманим результатам дані базового експерименту є більш прийнятними.

Ситуація 3. Зміна територіального розташування складів готової продукції.

Мета експерименту – визначення впливу змін розташування складів готової продукції на чисельність клієнтів підприємства. У поточному часі (базовий експеримент) склади знаходилися на території комбінату, але складських приміщень не завжди вистачало. Наявні приміщення потребували капітального ремонту. Водночас, вплив відстані міг бути як незначним, так і вирішальним для кінцевих показників діяльності олійно-екстракційного підприємства.

Проведення імітаційних експериментів призвело до відтворення на моделі часових затримок в ланцюзі виробництво-постачання різних видів продукції. Фрагментарно експериментальні результати полягали у наступному – рис. 5.

З рис. 5 а) видно, що пресої олію закупили 8 разів, на відміну від попередніх 4 разів. Попит на пресої олію збільшився в 2 рази. Що стосується вмісту складів, то порівнюючи результат даного експерименту б) з базовими в) видно, що екстракційна олія не залежувалася на складі в обох випадках. Пресої олію замовляли частіше. Більші залишки шроту спостерігаються в ситуації зміни розташування складу (300 кг. порівняно зі 100 кг. при поточному розташуванні). Це очевидно з діаграми – коли склади залишалися на території досліджуваного об'єкту, залишки шроту не перевищували 100 кг (малиновий колір).

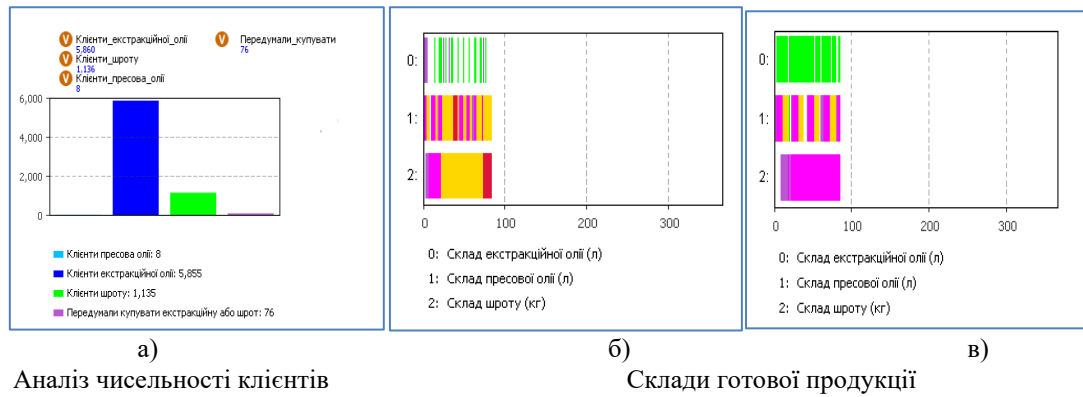


Рисунок 5. Ситуація 3: Зміна територіального розташування складів готової продукції
Джерело: власна розробка авторів

Таким чином, експерименти довели, що склад шроту краще залишити на території комбінату, а склади екстракційної та пресової олії доречно перемістити на нове місце.

Ситуація 4. Технічне переобладнання комбінату.

Згідно з тим, що переобладнання комбінату вимагало значних фінансових вливань доцільним було моделювання даної ситуації із визначенням

можливих наслідків процесу. Метою було провести обґрунтовану діагностику можливості та доцільності здійснення переозброєння об'єкту у поточних економічних умовах.

Незначне налаштування параметрів моделі та запуск експерименту на модельний час тривалістю 3 місяці довело очікуване підвищення ефективності виробничого процесу – рис. 6.

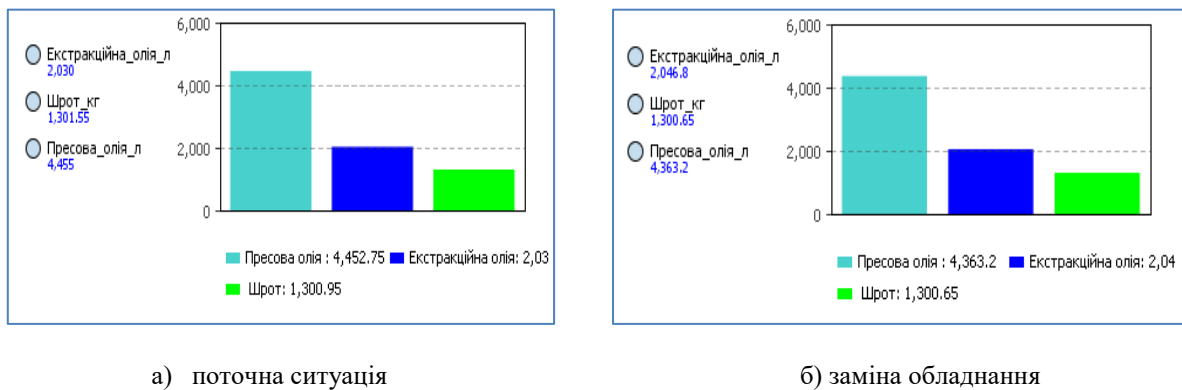


Рисунок 6. Аналіз обсягів виготовленої продукції в умовах технічного переобладнання виробництва
Джерело: власна розробка авторів

Завдяки скороченню тривалості виробничого циклу пресової олії прискорюються окремі етапи обробки сировини, що позитивно впливає на вихід готової продукції. Водночас, на обсяги екстракційної олії та шроту вплив майже не відчувається. Аналіз динаміки ринку споживачів та ситуації на складах готової продукції також довів відсутність суттєвих зрушень.

Отже, загальний висновок: на даному етапі розвитку підприємства інвестиції у переобладнання доцільні тільки в разі збільшення поставок сировини та розширення ринків збуту, що безумовно є трендом розвитку будь-якого промислового підприємства.

Ситуація 5. Модернізація системи поставок сировини.

Сезонний характер виробництва олії відповідає специфіці поставок сировини – насіння соняшнику. Різкий спад поставок спостерігається

у серпні (закінчується насіння). Пік досягається у жовтні-грудні (найбільший обсяг запасів сировини). Обмежені потужності елеватору насіння гальмують процеси розвантаження транспорту. Модельні експерименти демонструють значні черги (навіть помилкове закінчення експериментів за неможливістю агентів покинути блоки «черга»). Це свідчить про те, що в разі знаходження поблизу олійно-екстракційних підприємств, поставки було б переорієнтовано на їх площі, що призвело б до втрати комбінатом частини власних клієнтів.

Результатами модельних експериментів є також значення кінцевих показників роботи підприємства, зокрема, фінансових показників. Обсяги прибутку за видами продукції за термін модельного часу з 01.09.23 по 01.12.23 наведені на рис. 7.

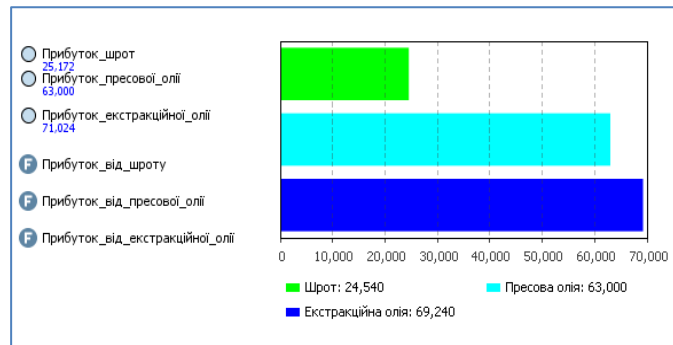


Рисунок 7. Обсяги прибутку підприємства за видами продукції (період імітації – з 01.09.23 по 01.12.23)
Джерело: власна розробка авторів

Найбільший прибуток дає екстракційна олія – 69 240 грн. Друге місце за величиною прибутку займає пресова олія: прибуток від поставок по 450 л на експорт склав 63 000 грн. Найменший прибуток приносить гранульований шрот – 24 540 грн. Подальше дослідження динаміки фінансових показників довело стабільну динаміку доходів від продажу екстракційної олії (що свідчить про наявність сталого попиту на цей вид продукції). Замовлення на пресову олію мали періодичний характер, тоді як за досліджувані періоди спостерігалось зростання обсягів продажів шроту. Попередні експерименти довели, що обсяг гранульованого шроту на складах постійно

збільшувався. Проведення відповідних маркетингових заходів (реклама, освоєння нових секторів товарного ринку, оптові продажі та т. і.) дозволило б значно підвищити загальний попит на гранульований шрот.

Таким чином, підприємству треба б було зосередитися на ретельній діагностиці співвідношення попиту та пропозиції різних видів продукції.

На представленій моделі проводилися різні види модельних експериментів: стандартні, варіації параметрів та оптимізаційні. Фрагмент оптимізаційного експерименту (цільова функція – обсяг вивантаження) наведено на рис. 8.

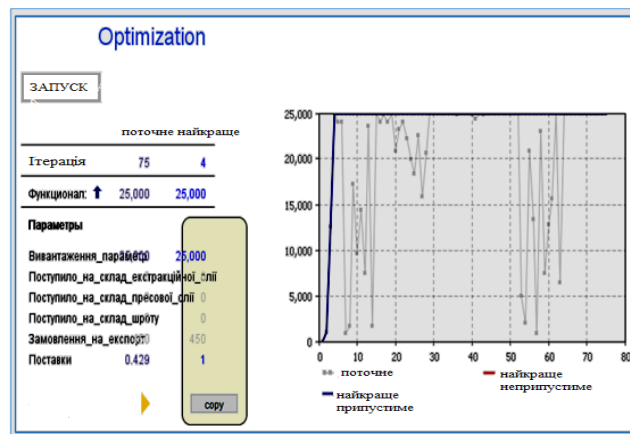


Рисунок 8. Фрагмент результатів оптимізаційного експерименту
Джерело: власна розробка авторів

За результатами оптимізації видно, що найкращим варіантом є пустий елеватор насіння, тобто повністю вся сировина знаходиться на етапі виробництва. Елеватор соняшникового насіння готовий прийняти поставку згідно з встановленою потужністю. Для цього необхідно, щоб поставки відбувалися кожного робочого дня, тобто дотримувалася чітка ритмічність процесу поставки – параметр інтенсивності «Поставки» дорівнює одиниці.

Висновки

Підприємства олійно-жирової промисловості належать до підприємств з випуску соціально-значущої продукції. В умовах воєнного стану галузь, як і вся харчова промисловість, набуває стратегічного значення, що висуває жорсткі

критерії до реалізації виробничо-збутових процесів.

Олійно-жирові комбінати відрізняються складними технологічними процесами; сезонністю поставок та залежністю від якісних характеристик сировини. Цінова політика галузі, структурні зрушення товарного ринку, вплив багатьох факторів внутрішнього і зовнішнього оточення відбиваються на кінцевих показниках діяльності промислових об'єктів; створюють різноманіття господарчих ситуацій, що потребує здійснення перманентної за часом економічної діагностики.

До сучасного арсеналу діагностики належить широке кола економіко-математичних методів, в якому імітаційне моделювання займає власну вагому нішу. Специфіка діагностичних

досліджень передбачає здійснення багатофакторного аналізу, можливість параметричних модельних налаштувань згідно зі змінами у досліджуваних процесах й поточними ситуаціями, що вже виникли або тільки можуть виникнути й потребують своєчасного запобігання та застосування попереджувачих заходів. Тобто, мова йде фактично про необхідність застосування математичних моделей-тренажерів, як інструментів оперативної та перспективної (прогнозної) діагностики.

Згідно з цим представлена імітаційна модель може претендувати на такий апарат дослідження завдяки відкритості, модульності, достатній типовості відтворення процесів, що вивчаються. Завдяки наведеним якостям модель може бути

розширена та налаштована на специфіку конкретних об'єктів галузі.

Широкий спектр типів імітаційних експериментів, підтриманий програмною платформою AnyLogic, дозволяє постійно розширювати комплекс господарчих ситуацій, що підлягають діагностуванню. Хоча за обмеженістю обсягів статті наведені тільки фрагменти деяких проведених на моделі експериментів, подальше промислове застосування відкриває нові можливості впровадження представленою математичного апарату в практику роботи промислових підприємств галузі; повноцінне залучення моделі в контур діагностичних досліджень виробничо-збутових процесів господарюючих суб'єктів.

Abstract

The food industry is an important and socially significant industry in the country. Its sub-sector, the fat-and-oil industry, is one of the most profitable sectors that makes a significant contribution to the development of the Ukrainian economy. The volume of production and sales of fat-and-oil products make up a significant share in the world segment of this nomenclature type. The dynamic development of the complex as a system makes it possible to fully meet domestic consumer and industrial needs for fat-and-oil products. Enterprises of the fat-and-oil industry have a powerful technological, material and technical and labor potential, which contributes to the positive dynamics of the implementation of production and sales processes. However, at the current stage of its functioning, the industry is going through difficult times associated with full-scale military aggression. Under these conditions, the tasks of finding internal reserves, supporting production and sales of products come to the fore; preservation of jobs, qualified personnel.

The role of economic diagnostics as an integral part of the system of effective management of enterprises is growing. To achieve significant results, diagnostic studies should be based on a powerful mathematical base and information technologies, which are constantly being updated. The uncertainty and variability of the external and internal environment of the functioning of enterprises dictates the need to attract especially flexible mathematical methods, the creation of convenient tools for constant use. Compliance with the proposed criteria of the simulation modeling apparatus is proved; an overview of existing developments in the direction of creating existing applications at the micro-level is provided. The developed simulation model-simulator as an apparatus for economic diagnostics of production and sales activities of enterprises of the fat-and-oil industry is presented.

The methodological basis of the model is two paradigms of simulation – discrete-event and agentic. The software platform is the AnyLogic multi-approach simulation modeling system. Production processes are reproduced using a discrete-event approach. Market demand and sales of products are implemented with the involvement of the agent paradigm. Simulation experiments were conducted using factual materials from leading enterprises in the industry. Fragments of the results of standard and optimization simulation experiments conducted on the model are presented.

The situations of changes in demand and intensity of consumption of products in the commodity market are considered; changes in the territorial location of warehouses of finished products; carrying out technical re-equipment of the enterprise; modernization of the raw material supply system. Fragments of the analysis of the final indicators of the enterprise's functioning and directions of their optimization are presented. The expediency of using the simulator model in the course of economic diagnostics of production and sales processes is proved. The modularity and openness of the architecture of the model are emphasized, which positions it as a typical research apparatus with the ability to adjust to the specifics of specific enterprises of the fat-and-oil industry.

Список літератури:

1. АПК Інформ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.apk-inform.com/uk/infographics/1535390>.
2. Матеріали міжнародної конференції "VegOil Trade". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1534732>.
3. Бойко Є.О., Бойко О.С. Економічна діагностика розвитку аграрної сфери: воєнні реалії та завдання управління. //Український журнал прикладної економіки та техніки. 2023. Том 8. № 3. С. 101-108.
4. Ігнатенко М.М. Стратегічні напрями розвитку і підвищення економічної ефективності виробництва та переробки соняшнику. // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2023. Том 8. № 4. С. 53-58.

5. Литовченко Л.В. Організаційно-економічні умови функціонування підприємств олійної промисловості. // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2023. Том 8. № 3. С. 183-187
6. Осіпова Л. Динаміка експорту України в умовах повномасштабної війни: проблеми та можливі шляхи їх усунення в контексті Євроінтеграції. // Вісник Хмельницького національного університету. 2022. № 6. Том 2. С. 50-54.
7. Швед Т.В. Мікроекономічний аналіз діяльності підприємств олійно-жирової галузі України: факторна модель. // Інтернаука: Міжнародний науковий журнал. Серія: Економічні науки. 2023. № 3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/39894>.
8. Бескупська О.В. Управління еколого-економічною діяльністю підприємств олійно-жирової промисловості. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами екон. діяльності). Вінниця: ВНАУ, 2021. 236 с.
9. Власенко І., Семко Т. Олійно-жирова галузь України: виклики та потенціал розвитку. // Товари і ринки. 2019. №3. С. 50-59 Власенко І., Семко Т. Олійно-жирова галузь України: виклики та потенціал розвитку. // Товари і ринки. 2019. №3. С. 50-59.
10. Жадан Ю.В. Особливості якісного та кількісного аналізу ризиків підприємств олійно-жирової галузі. // Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут». 2017. № 46 (1267). С. 63-67. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bit.ly/4arpLBJ>.
11. База даних системи AnyLogic. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://anylogic.help>.
12. Матеріали європейського конгресу EUROSIM (Federation of European Simulation Societies (EUROSIM) 2021-2023). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurosim.info/publications>.
13. Матеріали ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.asim-gi.org/asim>.
14. Матеріали Winter Simulation Conference (The premier international forum for disseminating recent advances in the field of system simulation) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2023\(2021,...\)](http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2023(2021,...)).
15. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів: [монографія] / З.М. Соколовська, В.М. Андрієнко, І.Ю. Івченко, О.А. Клепікова, Н.В. Яценко; за заг. ред. З.М. Соколовської. Одеса: Астропринт, 2016. 272 с.
16. Поскребка О.С. Моделювання системи виробничого менеджменту промислового підприємства. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. Покровськ: ДНТУ, 2017. 217 с.
17. Савіна Г.Г., Джерелюк Ю.О. Імітаційне моделювання антикризової стійкості підприємства в конкурентному середовищі // Бізнес Інформ. 2018. №9. с. 92-98
18. Соколовська З.М. Багатопідходне імітаційне моделювання на платформі AnyLogic. Одеса: Екологія, 2018. 212 с.
19. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.anylogic.ru/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/2020>.
20. Devyatkov T., Devyatkov V., Gabalin A. Simulation modeling application in complex system management. // Journal of applied informatics. V.18. N. 2. 2023. Pp. 60-72.
21. Boyes H., Watson T. Digital twins: An analysis framework and open issues // Computers in Industry. 2022. V. 143. pp. 103763.
22. Lychkina N.N., Pavlov V.V. Digital Twin Concept and the Role of Simulation Models in Digital Twin Architecture // Simulation. Theory & Practice: IMMOD-2023. pp. 139-149. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://simulation.su/uploads/files/default/immod-2023-139-149.pdf>.
23. Офіційний сайт ПРАТ «Чернівецький олійно-жировий комбінат». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://chmzhk.vioil.com>.
24. Офіційний сайт ПАТ «Одеський олійно-жировий комбінат». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/00376509.

References:

1. APK Inform. Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/uk/infographics/1535390> [in Ukrainian].
2. Materials of the international conference "VegOil Trade". Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1534732> [in Ukrainian].
3. Boyko, Y.O., & Boyko, O.S. (2023). Economic diagnostics of agricultural sector development: wartime realities and management tasks. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 8(3), 101-108 [in Ukrainian].

4. Ignatenko, M.M. (2023). Strategic directions for the development and improvement of economic efficiency in the production and processing of sunflower. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 8(4), 53-58 [in Ukrainian].
5. Lytovchenko, L.V. (2023). Organizational and economic conditions for the functioning of oil industry enterprises. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 8(3), 183-187 [in Ukrainian].
6. Osipova, L. (2022). Dynamics of Ukraine's exports in the conditions of full-scale war: problems and possible solutions in the context of Eurointegration. *Bulletin of Khmelnytskyi National University*, 6(2), 50-54 [in Ukrainian].
7. Shved, T.V. (2023). Microeconomic analysis of the activities of enterprises in the oil and fat industry of Ukraine: a factor model. *Internauka: International Scientific Journal. Series: Economic Sciences*, 3. Retrieved from: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/39894> [in Ukrainian].
8. Beskupska, O.V. (2021). Management of eco-economic activities of enterprises in the oil and fat industry. [Doctoral dissertation, Vinnytsia National Agrarian University]. Retrieved from the library of Vinnytsia National Agrarian University [in Ukrainian].
9. Vlasenko, I., & Semko, T. (2019). Oil and fat industry of Ukraine: challenges and development potential. *Goods and Markets*, 3, 50-59 [in Ukrainian].
10. Zhadan, Y.V. (2017). Features of qualitative and quantitative analysis of risks in the oil and fat industry enterprises. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 46(1267), 63-67. Retrieved from: <https://bit.ly/4arpLBJ> [in Ukrainian].
11. AnyLogic System Database. Retrieved from: <https://anylogic.help> [in Ukrainian].
12. Federation of European Simulation Societies (EUROSIM) Congress Materials. (2021-2023). Retrieved from: <https://www.eurosim.info/publications> [in Ukrainian].
13. ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation) Materials. Retrieved from: <https://www.asim-gi.org/asim> [in Ukrainian].
14. Winter Simulation Conference Materials. The premier international forum for disseminating recent advances in the field of system simulation. Retrieved from [http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2023\(2021,...\)](http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2023(2021,...)) [in Ukrainian].
15. Sokolovska, Z.M., Andrienko, V.M., Ivchenko, I.Y., Klepikova, O.A., Yatsenko, N.V. (Eds.). (2016). *Mathematical and Computer Modeling of Economic Processes: [Monograph]*. Odessa: Astropint. (272 p.) [in Ukrainian].
16. Poskrebko, O.S. (2017). Modeling the production management system of an industrial enterprise. [Doctoral dissertation, Donetsk National Technical University]. Retrieved from the library of Donetsk National Technical University [in Ukrainian].
17. Savina, G.G., Dzerelyuk, Y.O. (2018). Simulation modeling of enterprise crisis resilience in a competitive environment. *Business Inform*, 9, 92-98 [in Ukrainian].
18. Sokolovska, Z.M. (2018). Multi-approach simulation modeling on the AnyLogic platform. Odessa: Ecology. (212 p.) [in Ukrainian].
19. Borshchev, A. (Year). *The Big Book of Simulation Modeling*. Retrieved from: <https://www.anylogic.ru/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/2020> [in Ukrainian].
20. Devyatkov, T., Devyatkov, V., Gabalin, A. (2023). Simulation modeling application in complex system management. *Journal of Applied Informatics*, 18(2), 60-72 [in Ukrainian].
21. Boyes, H., Watson, T. (2022). Digital twins: An analysis framework and open issues. *Computers in Industry*, 143, 103763 [in Ukrainian].
22. Lychkina, N.N., Pavlov, V.V. (2023). Digital Twin Concept and the Role of Simulation Models in Digital Twin Architecture. *Simulation. Theory & Practice: IMMOD-2023*. Retrieved from: <http://simulation.su/uploads/files/default/immod-2023-139-149.pdf> [in Ukrainian].
23. PrAT "Chernivetskyi Oliino-Zhyrovyi Kombinat" Official Website. Retrieved from <http://chmzhk.vioil.com> [in Ukrainian].
24. PAT "Odeskyi Oliino-Zhyrovyi Kombinat" Official Website. Retrieved from https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/00376509 [in Ukrainian].

Посилання на статтю:

Соколовська З.М. Математичні інструменти економічної діагностики виробничо-збутової діяльності підприємств (на прикладі олійно-жирової промисловості) / З.М. Соколовська, О.А. Клепікова // *Економіка: реалії часу. Науковий журнал*. – 2023. – № 6 (70). – С. 77-88. – Режим доступу до журн.: <https://economics.net.ua/files/archive/2023/No6/77.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.06.2023.10. DOI: 10.5281/zenodo.10402452.

Reference a Journal Article:

Sokolovska Z.M. *Mathematical Tools for Economic Diagnostics of Production and Sales Activities of Enterprises (on the Example of Fat-and-Oil Industry)* / Z.M. Sokolovska, O.A. Klepikova // *Economics: time realities. Scientific journal*. – 2023. – № 6 (70). – P. 77-88. – Retrieved from <https://economics.net.ua/files/archive/2023/No6/77.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.06.2023.10. DOI: 10.5281/zenodo.10402452.

