

**Міністерство освіти і науки України
Університет митної справи та фінансів**

Т. А. ЗАЙЦЕВА, С. І. ЖИР, Г. А. ШИШКАНОВА

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ:
ТЕОРІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОСВІТНІ ПРАКТИКИ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**Дніпро
2026**

УДК 004.942:658.7:519.87

*Рекомендовано до друку вченою радою
Університету митної справи та фінансів
(протокол № 19 від 14 липня 2025 р.)*

Рецензенти:

Книш Л. І., доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
Яковенко В. О., доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення Університету митної справи та фінансів

Імітаційне моделювання: теорія, технології та освітні практики : навчальний посібник / Т. А. Зайцева, С. І. Жир, Г. А. Шишканова. Дніпро : Університет митної справи та фінансів, 2026. 140 с.

ISBN 978-966-328-257-2

Навчальний посібник до вивчення розділів дисциплін професійного циклу підготовки студентів спеціальності F1 «Прикладна математика».

Цей навчальний посібник призначений для викладачів і студентів, які прагнуть опанувати основи імітаційного моделювання та його застосування у навчальному процесі. У ньому розглядаються ключові принципи побудови моделей, методи їх інтеграції у викладання та переваги використання для засвоєння матеріалу.

Посібник викладений з урахуванням принципів наукової доступності та ілюстрований практичними прикладами, що розширює сферу його застосування та робить його корисним для викладання не лише на зазначених спеціальностях, але й на інших технічних, логістичних та економічних напрямках. Його впровадження в освітній процес дозволяє підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати у сучасному технологічному середовищі.

ISBN 978-966-328-257-2

© Т. А. Зайцева, С. І. Жир, Г.А. Шишканова, 2026
© Університет митної справи та фінансів, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	6
Розділ 2. МОВА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GPSS	19
2.1. Вступ до теорії масового обслуговування	19
2.2. Основні правила мови GPSS та оператори	25
2.2.1. Структура операторів GPSS	26
2.2.2. Перелік основних операторів мови GPSS	26
2.2.3. Основні команди інтерпретатора GPSSPC	30
2.3. Лабораторна робота 1	30
2.3.1. Завдання з імітаційного моделювання у GPSS	30
2.3.2. Приклад	35
2.3.3. Основні завдання	42
2.4. Моделі системи масового обслуговування	43
2.4.1. Лабораторна робота 2	44
2.4.2. Лабораторна робота 3	47
2.4.3. Лабораторна робота 4	49
2.4.4. Лабораторна робота 5	51
Розділ 3. ІМІТАЦІЙНА СИСТЕМА «НІКСДОРФ ДЕЛЬТА»	53
3.1. Опис системи «Ніксдорф Дельта»	53
3.2. Умови діяльності підприємств	54
3.3. Характеристика ринкової ситуації	56
3.4. Характеристика ринків збуту і продуктів	57
3.5. Основні види та умови діяльності підприємства	59
3.5.1. Маркетинг	61
3.5.2. Виробництво	64
3.5.3. Фінанси	73
3.6. Стратегічне керування підприємством	77
3.7. Робота з модулем учасника гри	79
3.8. Звітність підприємства	80
3.9. Планування і прийняття рішень	89
3.10. Аналіз результатів і оцінки діяльності учасників	96
Розділ 4. ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ	106
4.1. Задачі та завдання	106
4.2. Запитання та завдання для поточного контролю знань і самостійної роботи	126
4.3. Теми рефератів	133
4.4. Питання для самоконтролю	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	138

ВСТУП

Сучасний освітній процес потребує використання ефективних методів для поглибленого вивчення складних концепцій та набуття практичних навичок. Одним із таких методів є імітаційне моделювання, яке дозволяє студентам не лише теоретично засвоювати матеріал, але й активно взаємодіяти з ним, досліджуючи різні сценарії та аналізуючи їх результати у безпечному навчальному середовищі [2–6].

Імітаційне моделювання набуває дедалі більшого значення у процесі професійної підготовки студентів спеціальності F1 «Прикладна математика». Це потужний метод, що дає змогу детально аналізувати стохастичні та детерміновані процеси із численними взаємозалежностями, а також прогнозувати їх поведінку та ефективність. Імітаційне моделювання базується на створенні математичних моделей, комп'ютерних програм та інтерактивних середовищ, що дозволяють відтворювати реальні процеси у віртуальному просторі. Такі моделі можуть бути використані у широкому спектрі дисциплін: від технічних спеціальностей до логістики, економіки, медицини та соціальних наук. Завдяки цьому студенти отримують можливість глибше зрозуміти принципи роботи різних систем, оцінити їх ефективність і навчитися ухвалювати оптимальні рішення у складних ситуаціях.

Однією з ключових переваг імітаційного моделювання є розвиток критичного мислення та аналітичних навичок у студентів [1, 5–8]. На відміну від традиційних методів навчання, де матеріал подається у вигляді лекцій або текстових пояснень, імітаційне моделювання дає змогу активно взаємодіяти з досліджуваними об'єктами, експериментувати з різними параметрами та аналізувати отримані результати. Це сприяє глибшому розумінню предмета й допомагає студентам краще орієнтуватись у проблемних ситуаціях.

Для реалізації цих моделей у навчальному процесі широко використовуються сучасні програмні продукти, серед яких Aimsun, Ansys, AnyLogic, GPSS, NetLogo, Simulink. Вони сприяють структурному та поведінковому моделюванню, що є важливим елементом підготовки студентів до розв'язання реальних технічних і аналітичних задач.

Ще одним важливим аспектом є можливість використання імітаційного моделювання у процесі прийняття рішень. В умовах невизначеності та швидких змін у технологічному середовищі важливо навчитися прогнозувати потенційні наслідки тих чи інших дій. Завдяки моделюванню можна оцінити різні сценарії розвитку подій, проаналізувати їх переваги та ризики, що особливо цінно в таких сферах, як бізнес, медицина, інженерія та державне управління.

Цей навчальний посібник призначений для викладачів і студентів, які прагнуть опанувати основи імітаційного моделювання та його застосування у навчальному процесі. У ньому розглядаються ключові принципи побудови моделей, методи їх інтеграції у викладання та переваги використання для засвоєння матеріалу.

Завдяки використанню імітаційного моделювання студенти спеціальності F1 «Прикладна математика» не лише засвоюють теоретичні аспекти дисципліни, але й отримують практичні навички, необхідні для ефективного розв'язання складних технічних і наукових задач. Моделювання сприяє розвитку критичного мислення, аналітичних здібностей і навичок ухвалення стратегічних рішень у різних сферах діяльності.

Таким чином, імітаційне моделювання відіграє важливу роль у навчанні студентів спеціальності F1 «Прикладна математика», формуючи у них глибоке розуміння математичних принципів та їх застосування у реальному світі.

Посібник викладений з урахуванням принципів наукової доступності та ілюстрований практичними прикладами, що розширює сферу його застосування та робить його корисним для викладання не лише на зазначених спеціальностях, але й на інших технічних, логістичних та економічних напрямках. Його впровадження в освітній процес дозволяє підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати у сучасному технологічному середовищі.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Імітаційне моделювання – потужний метод дослідження складних систем, який дозволяє аналізувати їх поведінку та прогнозувати результати без необхідності впливати на реальний об'єкт. Важливою складовою цього процесу є програмне забезпечення, яке забезпечує ефективне створення, тестування та візуалізацію моделей [1, 7].

Сучасні програмні засоби для імітаційного моделювання пропонують широкий набір функцій: від простого конструювання моделей до складних алгоритмів аналізу даних та оптимізації рішень. Вони застосовуються в різних сферах – від інженерії та економіки до медицини і соціальних наук.

Розділ містить огляд основних програмних продуктів, що використовуються для імітаційного моделювання, їх особливості, сфери застосування та переваги. Аналіз доступних інструментів допоможе зрозуміти їх можливості й обрати найбільш відповідне рішення для конкретних завдань.

Aimsun – середовище моделювання транспортних потоків. Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks являє собою програмне забезпечення, здатне відтворювати реальні умови руху в міській мережі, яка може містити і швидкісні автомагістралі. Пакет базується на класичному підході моделювання. Поведінка кожного окремого транспортного засобу в мережі постійно коригується у часі згідно з деякими моделями поведінки водія. Розробник: компанія TSS – Transport Simulation Systems, S.L, Іспанія.

Сайт: <http://www.aimsun.com>

AnyLogic – система моделювання, яка підтримує три технології створення імітаційних моделей: процесно-орієнтовану, системно-динамічну й агентну, а також будь-яку їх комбінацію. Графічний інтерфейс AnyLogic, інструменти і бібліотеки дозволяють швидко створювати моделі

для широкого спектра завдань: від моделювання виробництва, логістики, бізнес-процесів до стратегічних моделей розвитку компанії та ринків. AnyLogic набула статусу корпоративного стандарту на бізнес-моделювання в багатьох транснаціональних компаніях, поширена в освіті.

Сайт: <http://www.anylogic.com>

Arena – система дискретного моделювання. Сфера основних додатків системи – імітаційне моделювання виробничих технологічних процесів і операцій, складський облік, банківська діяльність, оптимізація обслуговування клієнтів у сфері послуг, транспортні завдання.

Сайт: <http://www.arenasimulation.com>

AutoMod – система, призначена для моделювання систем логістики та виробництва. Програмне забезпечення розроблено для детального аналізу операцій і потоків. Хоча переважно його застосовують у виробництві та матеріальному аналізі систем обробки. Гнучка архітектура AutoMod дозволяє використовувати програму в широкому діапазоні прикладних галузей: від аеропортів до промисловості напівпровідників.

Сайт: <http://www.automod.se/eng/home.html>

Boson NetSim – це комерційний симулятор, за своєю суттю емулятор, мережних пристроїв компанії Cisco на основі Cisco IOS. Дана система дозволяє отримати практичні знання про роботу з мережними пристроями, починаючи від звичайних керованих перемикачів і закінчуючи роутерами останнього покоління. Поставка включає утиліту для моделювання мережі. У ній можна змоделювати будь-який тип мережі або взяти готову мережу із прикладів. Сертифікацію фахівців Cisco CCNP (Cisco Certified Network Professional) здійснюють саме в цій програмі. Систему, зважаючи на низьку вартість, за достатнього функціонала застосовують більше ніж у 250 університетах світу.

Сайт: <http://www.boson.com/netsim-cisco-network-simulator>

DESMO-J – бібліотека для створення дискретно-подієвих моделей мовою Java. DESMO-J забезпечує необхідний набір класів Java для завдання стохастичних розподілів, моделювання статичних компонент (черги,

синхронізація ресурсів), планування, проведення експериментів і випуску звітів. Можлива 3D-візуалізація, яка базується на Java3D. Переважна частина застосувань DESMO-J орієнтована на завдання промисловості та логістики. DESMO-J розроблена дослідною групою з імітаційного моделювання Гамбурзького університету, Німеччина. Перший реліз належить до 1999 року. Попередня розробка мала назву DESMO-Modula-2 орієнтована бібліотека. DESMO, своєю чергою, сходиться до системи DESMO – системи дискретно-подієвого моделювання, виконаної мовою Simula.

Сайт: <http://desmoj.sourceforge.net>

Enterprise Dynamics – це провідна програмна платформа для бізнес-моделювання. Enterprise Dynamics дозволяє аналізувати й оптимізувати поточне і майбутнє поведінки системи або інфраструктури. Кожна галузь або індустрія має справу з унікальними матеріалами, обладнанням та іншими ресурсами. У співпраці з фахівцями на цих ринках компанія INCONTROL створила певні об'єкти з відповідними функціональними можливостями й об'єднала їх у бібліотеку. Наступні продукти доступні: ED Logistics (Логістика), ED Plato, ED Airport (Аеропорт), ED Transport (Транспорт), ED Warehouse (Склад), ED Educational, ShowFlow.

ED Airport – інтегрований програмний інструмент імітаційного моделювання здебільшого для аеропортів. Програмне забезпечення ED Airport створено на фактичних і реальних даних. З ED Airport можна аналізувати і перевіряти довгострокові події, виявляти «вузькі» місця, оцінювати можливості та розподіл персоналу, прогнозувати розвиток подій.

Сайт: <http://www.incontrolsim.com>

ExtendSim – інструмент імітаційного моделювання. Користуючись ExtendSim, можна розвинути динамічні моделі реальних процесів у широкому діапазоні галузей. Мультимоделювання. ExtendSim – мульти-системне середовище, що дозволяє моделювати безперервні, дискретно-подієві процеси, процеси, що базуються на агентах, а також лінійні, нелінійні та змішаного типу процеси.

Сайт: <http://www.extendsim.com/index.html>,

<http://imaginethatinc.com/pages/demo.html>

Facsimile – бібліотека для створення дискретно-подієвих моделей. Орієнтована на застосування в інженерії та промисловості. Підтримувані платформи: Windows Microsoft, Linux, Mac OS X, BSD, Unix. Facsimile є вільно поширюваним програмним забезпеченням.

Сайт: <http://facsim.org>

Flexsim – система імітаційного моделювання, призначена для моделювання та візуалізації бізнес-процесів. Вдаючись до Flexsim, можна визначати пропускні потужності підприємства, баланс виробничих ліній, виявляти «вузькі» місця, перевіряти нові методи планування, оптимізувати виробничі показники, обґрунтовувати капіталовкладення. Кожну модель у Flexsim можна розглядати в тривимірній мультиплікації віртуальної реальності. Крім того, Flexsim уможлиблює створення моделей і підмоделей безпосередньо в C ++, спираючись на імітаційні та графічні бібліотеки Flexsim.

Сайт: <http://www.flexsim.com>

Galatea – система мультиагентного моделювання, мова мультипрограмування, платформа симуляції.

Galatea поширюється як Open Source програмне забезпечення під GNU General Public License. Galatea підтримується Центром моделювання та імітаційного моделювання (Centre for Simulation and Modelling).

Сайт: <http://galatea.sourceforge.net/Home.htm>

GloMoSim (Global Mobile Information System Simulator) – система імітаційного моделювання, розрахована на масштабування. GloMoSim – безкоштовна академічна версія пакета QalNET, розроблювана компанією Scalable Network Technologies. Версія GloMoSim не містить більшості сучасних протоколів і призначена виключно для навчання. GloMoSim написана мовою PARSEC (версія мови Сі, розрахована на паралельні

обчислення). PARSEC розроблений у Parallel Computing Laboratory at UCLA. Кросплатформність цієї мови забезпечує роботу GloMoSim у різних операційних системах: Solaris, GNU / Linux, FreeBSD, MS Windows.

Сайт: <https://networksimulationtools.com/glomosim-simulator-projects>

Система GPSS – Future розвиває Object GPSS у сенсі більш гнучкої роботи зі списком майбутніх подій. Такий список, умовно кажучи, є спадкоємцем списку користувача. Коли не вдається обробити жодну заявку зі списку поточних подій, то в будь-якій версії GPSS повинна викликатися процедура просування до нового моменту модельного часу. У GPSS – Future, як правило, спочатку зі списку майбутніх подій вилучаються заявки, час очікування яких уже минув, якщо ж їх немає, то вилучаються заявки з мінімальним часом завершення очікування. Ця процедура використовується за замовчуванням. За бажання можна переписати процедуру обробки до нового моменту модельного часу. Є набір таких можливих процедур. Для генерації заявок використовують процедуру Future.NewWaitProc (ініціалізація) і блок Future.NewWait (генерація). Затримку виконує блок Future.Wait (Future – це список майбутніх подій, який пропонується системою за замовчуванням безпосередньо в шаблоні).

GPSS/H – це середовище моделювання загального призначення, охоплює галузі як дискретного, так і безперервного моделювання. Розробник: компанія Wolverine Software Corp., США.

Сайт: <http://www.wolverinesoftware.com>

GPSS World – це середовище моделювання загального призначення, охоплює як дискретне, так і безперервне моделювання. GPSS World містить PLUS-мову програмування нижнього рівня моделювання. Моделювання з використанням PLUS-виразів може бути включено майже всюди в GPSS-програмах, у будь-який блок або процедуру виклику. Мова PLUS дозволяє програмно керувати розміщенням результатів. Система GPSS World передбачає багатозадачність.

Сайт: <https://gpss-world-student.software.informer.com/5.2>

iThink i Stella – програмне забезпечення, призначене для моделювання безперервно-дискретних процесів. Порівняно з iThink у Stella є можливості побудови моделей великої розмірності та їх згортки. Операційні середовища – Windows and Macintosh. Розробник: Isee systems Inc., Lebanon, NH, США.

Сайт: <http://www.iseesystems.com>

MaDKit – мультиагентна платформа розробки, написана мовою Java. MaDKit дозволяє швидко створювати користувацькі додатки для моделювання мультиагентних систем. MaDKit є вільно поширюваним програмним забезпеченням під GNU GPL. Розробники: Gutknecht Olivier, Ferber Jacques, Michel Fabien, Франція.

Сайт: <http://www.madkit.org>

NetLogo – система, призначена для моделювання ситуацій і феноменів, що відбуваються в природі й суспільстві. Зручний засіб для моделювання складних систем, що розвиваються у часі. Дозволяє давати вказівки сотням і тисячам незалежних «агентів» паралельно. В освітній сфері NetLogo застосовують для демонстрації мережних феноменів і моделювання соціальних феноменів у навчальних курсах з менеджменту. NetLogo підтримується Національним науковим фондом США (National Science Foundation). NetLogo є вільно поширюваним програмним забезпеченням, діє на різних платформах. Реалізація – на Scala і Java. Автор NetLogo – Урі Віленський (Uri Wilensky), директор Northwestern University's Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.

Сайт: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

NS-3 – система дискретно-подієвого моделювання мережних структур. NS-3 є вільно поширюваним програмним забезпеченням. Підтримувані платформи – GNU / Linux, FreeBSD, Mac OS X. Система NS-3 розроблена на C ++ і Python. Розробники NS-3: Том Хендерсон (Tom

Henderson), Джордж Райлі (George Riley), Саллі Флойд (Sally Floyd), Суміта Рой (Sumit Roy). Фінансував розробку американський Національний науковий фонд (U.S. National Science Foundation – NSF).

Сайт: <https://www.nsnam.org>

Object GPSS – інструментальний засіб для написання моделей у стилі GPSS безпосередньо мовою Delphi (Object Pascal). Кожна модель на Object GPSS являє собою Include-файл (Model.pas), що містить опис усіх об'єктів моделі та набір із 6 процедур: Initial, CloseAllObj, ResetAll, ModelTxt, Report, Modeling. Практично всі частини моделі, крім «наповнювача» процедури ModelTxt, створюються програмою-конвертером; для цього слід скомпілювати модель разом з іншими стандартними частинами проєкту. Отриманий exe-файл є моделлю конкретної системи, з якою можна проводити експерименти. В системі легко розширювати набір команд і блоків для моделювання.

Моделі на Object GPSS мають більш природний вигляд, ніж у традиційних версіях GPSS. Логіка побудови моделей досить прозора і більше відповідає логіці звичайних програм. Розробник: Корольов Анатолій Георгійович, Сєверодонецький технологічний інститут, Сєверодонецьк, Україна.

Сайти: <http://objectgpss.narod.ru>,

<http://objectgpss.ucoz.ru>

OMNeT ++ – середовище імітаційного моделювання дискретних подій і станів з відкритим вихідним кодом. Зміна стану модельованої системи відбувається в дискретні моменти часу за списком майбутніх подій (future event list), відсортованих за часом. До подій можна зарахувати початок передачі пакета, тайм-аут тощо. Події відбуваються на основі виконання простих модулів (simple module). У такого модуля є функції ініціалізації, обробки повідомлення, дії та завершення роботи. Обмін повідомленнями між модулями здійснюється каналами (channel), з якими

модулі з'єднані своїми шлюзами (gate), або безпосередньо через канали. Канал може бути вхідним або вихідним, відповідно, для прийому і відправлення повідомлень.

Основна галузь застосування OMNeT ++ – моделювання мереж передачі даних, IT-систем та бізнес-процесів. Компоненти OMNeT ++ написані на C ++. На базі середовища моделювання OMNeT ++ побудований симулятор різних протоколів бездротових сенсорних мереж Castalia. У ньому також реалізована модель відповідає стандарту IEEE 802.15.4. На базі даного середовища моделювання існують бібліотеки INETMANET і MiXiM, які дозволяють створювати моделі бездротових сенсорних мереж, але на тепер готових моделей не існує.

Переваги системи OmNET ++: а) вільне поширення; б) реалізація моделей на C ++; в) наявність графічного режиму; г) широкий діапазон застосувань; д) детальна документація.

Сайт: <http://www.omnetpp.org>

OPNET Modeler (с 2012 SteelCentral) – система Opnet Modeler пропонує користувачам графічне середовище для створення, виконання та аналізу подієвого моделювання мереж зв'язку. Системою можна користуватися для перевірки протоколів зв'язку, аналізу взаємодій протоколів, оптимізації та планування мережі. Крім того, можна виконувати перевірку правильності аналітичних моделей та опис протоколів. Після моделювання користувач отримує: прогнозовані затримки між кінцевими і проміжними вузлами мережі, пропускні спроможності каналів, коефіцієнти використання сегментів, буферів і процесорів джерела затримок і «вузьких» місць мережі.

Система оперує з вузлами трьох типів – процесорними, вузлами-маршрутизаторами і комутаторами. Вузли можуть приєднуватися за допомогою портів до комунікаційних каналів будь-якого типу, від каналів локальних мереж до супутникових ліній зв'язку. Вузли і канали можуть характеризуватися середнім часом напрацювання на відмову і середнім

часом відновлення для моделювання надійності мережі. Моделюється не тільки взаємодія комп'ютерів у мережі, але й процес поділу процесора кожного комп'ютера між його додатками. Ключові можливості:

- швидкісне дискретне програмне забезпечення моделювання подій;
- бібліотека моделей протоколів і пристроїв з вихідними кодами (OPNET Mode);
- об'єктно-орієнтоване та ієрархічне моделювання;
- подієве, гібридне й опціональне аналітичне моделювання;
- 32- і 64-бітове ядро паралельного моделювання;
- підтримка паралельних обчислень для розподіленого моделювання;
- опція System-in-the-Loop для сполучення моделей з «живими системами»;
- реалістичне моделювання та аналіз додатків;
- відкритий інтерфейс для інтеграції із зовнішніми файлами об'єктів;
- вбудований графічний інтерфейс налагодження та аналізу.

Розробник: Riverbed Technology, San Francisco, CA 94107, USA.

Сайт: <http://www.opnet.com>

POSES ++ – система, призначена для імітаційного моделювання за допомогою мереж Петрі. Розробник: Gesellschaft für Prozeßautomation & Consulting mbH, Німеччина.

Сайт: http://www.gpc.de/e_poses.html

Powersim – система, яка володіє різними типами інструментів моделювання, що покривають усі потреби у виконанні моделювання, керування дослідженнями або розподіленими рішеннями. Розробник: компанія Powersim Software AS, Норвегія.

Сайт: <http://www.powersim.com>

ProModel – інструмент дискретно-подієвого моделювання, зокрема дозволяє моделювати безперервні процеси. ProModel застосовують для оцінки, планування та проектування виробництв, складування, логістики. Розробник: ProModel Corporation, USA.

Сайт: <http://www.promodel.com>

Rand Model Designer – високопродуктивне середовище об'єктно-орієнтованого моделювання та проєктування на базі математичного моделювання складних природних і технічних об'єктів. Продукт підтримує технології проєктування багатокomпонентних ієрархічних подієво-керованих систем – компонентне моделювання з орієнтованими і неорієнтованими компонентами (зв'язками). Можна використовувати для проєктування систем, що працюють у реальному часі. Rand Model Designer – це комерційна версія продукту MvStudium (<http://www.mvstudium.com>), призначена для великих виробничих колективів.

Сайт: <http://www.randservice.com>

Renque – це програмне забезпечення, яке дозволяє користувачам виконувати дискретно-подієве моделювання в графічному навколишньому середовищі. У додатку наявні необхідні можливості для побудови точних імітаційних моделей для будь-якої логічної системи або процесу. Renque пропонує раціональний, призначений для користувача інтерфейс і універсальний симулятор для моделювання. Розробник: RND Technology Consultants, Renque software development, Голландія.

Сайт: <http://www.renque.com>

SeSAM (Shell for Simulated Agent Systems) – система, яка являє собою оболонку для багатоагентного імітаційного моделювання та аналізу моделей. Для агента характерна індивідуальна поведінка, реалізована в формі UML-подібної діаграми. Модель можна створювати графічно, без знання синтаксису традиційних мов програмування. Перша версія SeSAM була створена в 1998 р. Франциском Клюглем (Franziska Klügl) і орієнтована на вирішення питань біології. У 2008 р. група розробників перемістилася з університету Würzburg (Німеччина) до університету Örebro (Швеція). Розробку виконано на Java. SeSAM є вільно поширюваним програмним забезпеченням.

Сайт: <http://www.simsesam.de>

Simio – система моделювання, яка комбінує об'єктно-орієнтоване моделювання з дискретно-подієвим, безперервним і агентним. Можлива тривимірна мультиплікація.

Сайт: <http://www.simio.com>

Simplex3 – це система моделювання, яку можна використовувати як на Windows, так і на платформах UNIX. Це підтримує роботу досліджень моделювання у всіх фазах, що дозволяє виконувати дуже продуктивну роботу. Мова уможливорює опис майже всіх видів моделей. Simplex3 відрізняється від інших інструментів моделювання своєю універсальною застосовністю, особливо для областей дискретних моделей, що ідеально відповідає потребам навчання і наукових досліджень в університетах. У межах промисловості це особливо прийнятно в галузях, де відчутний брак професійних фахівців з моделювання.

Сайт: <http://www.simplex3.net>

SimPy – пакет для дискретно-подієвого моделювання, який ґрунтується на стандартній мові Python, а його диспетчер подій – на генераторах Python. Він, крім того, може використовуватися для асинхронної організації мережі або реалізації мультиагентних систем (або одночасно, і імітаційне моделювання, і реальна комунікація). Процеси в SimPy – це прості функції генератора Python, їх застосовують для моделювання таких активних компонентів, як клієнти, транспортні засоби або агенти. SimPy також забезпечує різні типи загальних ресурсів до моделі. Можливий моніторинг для збирання статистики про ресурси і процеси. Моделювання можна виконувати в режимі «as fast as possible», режимі реального часу або покроково за подіями. SimPy поширюється як Open Source software під егідою MIT (Массачусетський технологічний інститут, Бостон, США). Перша версія була випущена в грудні 2002 року. Оригінальні автори: Klaus G. Müller, Tony Vignaux. Розробники: Ontje Lünsdorf, Stefan Scherfke.

Сайт: <http://simpy.readthedocs.org/en/latest>

SIMSCRIPT – система, призначена для дискретно-подієвого і гібридного (дискретне/безперервне) моделювання. SIMSCRIPT III відкрита для навколишнього середовища й уможливорює функції, написані іншими мовами (скажімо, C, C++ або Java). Швидкий і легкий спосіб інтерфейсного зв'язку зі спеціалізованими бібліотеками, базами даних і пакетами подібних HLA RTI. Розробник: CACI Advanced Simulation Lab, Сан-Дієго, Канада.

Сайт: <http://www.simscript.com>

SLX – мова моделювання загального призначення. Забезпечує суттєву гнучкість моделей та їх розширюваність, а також потрібну швидкість виконання навіть у випадку завантаження складної, комплексної моделі. SLX пропонує багаторівневе наближення до реальної системи під час створення імітаційної моделі. Розробник моделей може обирати різні рівні програмування деталей. Ядро SLX забезпечує будівельні блоки, а розширюваний механізм уможливорює спрощений перехід до вищих рівнів моделювання. Розробник: компанія Wolverine Software Corp., США.

Сайт: <http://www.wolverinesoftware.com>

TRUE – інструмент для імітаційного моделювання, аналізу та оптимізації динамічних систем. Розробник: True-System-Dynamics, Страсбург, Франція.

Сайт: <http://www.true-world.com>

UML2 SP – мова об'єктно-орієнтованого імітаційного моделювання. Підтримує такі етапи імітаційного дослідження:

- визначення цілей моделювання та вимог до програми-симулятора;
- концептуальне моделювання;
- формальний опис.

Частково підтримує четвертий етап – програмування. Основний акцент у мові – на концептуальному моделюванні. Дозволяє застосовувати методологію Unified Process для розробки програм-симуляторів. Позиціонується як мова наукового імітаційного моделювання. Проєкт доступний у відкритому коді на сервісі GitHub.

Сайт: <https://vgurianov.github.io/uml-sp>

Vensim – середовище моделювання, яке використовується для створення та аналізу високоякісних динамічних моделей зворотного зв'язку. Система Ventana також забезпечує програмне моделювання на рівні молекул (<http://www.vensim.com/molecule.html>) для побудови моделей системи зі «шматків» або молекул динаміки структури системи. Розробник: Ventana Systems, Inc., Harvard, Массачусетс, США.

Сайт: <http://www.vensim.com/index.html>

WebGPSS – розробка Стокгольмської школи вищої економіки. Керівник проєкту професор Інгольф Сталл. Система призначена для вивчення мови GPSS і розробки найпростіших імітаційних моделей під час роботи в мережі Інтернет. Наразі WebGPSS – професійна система дистанційного навчання GPSS. Мовою імітаційного моделювання в WebGPSS слугує модернізована версія Micro-GPSS. Основними відмінностями є графічний інтерфейс для роботи в мережі та деякі педагогічні спрощення. Суть навчання полягає в послідовному виконанні 26 онлайн-уроків мовою GPSS.

Сайт: <http://www.webgpss.com>

Vissim – візуальна мова блок-схем для нелінійного динамічного моделювання. Блок API дозволяє користувачам створювати свої власні блоки мовами C/C ++, ФОРТРАН, ADA або Паскаль. Можливе аналогове і цифрове введення/виведення в реальному часі для моделювання. Вбудована система генерації об'єктного коду, оптимізація, нейронні мережі, OPC, аналіз області частоти. Розробник: Visual Solutions Incorporated, Вестфорд, Массачусетс, США.

Сайт: <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>

РОЗДІЛ 2. МОВА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GPSS

2.1. Вступ до теорії масового обслуговування

Процеси масового обслуговування супроводжують людську діяльність у багатьох сферах. Вони мають повторюваний характер і передбачають забезпечення послуг великій кількості клієнтів. Простими прикладами таких процесів є обслуговування покупців у магазинах, продаж квитків у касах, ремонт побутової техніки, телефонний зв'язок та надання медичної допомоги у лікарнях.

Більш складні процеси масового обслуговування включають управління транспортними потоками, як-от посадка та зліт літаків у великих аеропортах, обслуговування суден у морських портах, а також організацію виробництва товарів масового вжитку. Незважаючи на різний фізичний зміст цих процесів, їх об'єднують спільні риси:

- вони передбачають взаємодію з великою кількістю клієнтів, зокрема пасажирями, покупцями, транспортними засобами;
- ці процеси є циклічними, оскільки здійснюються регулярно через постійний попит на послуги.

Будь-яку систему, що забезпечує масове обслуговування, називають системою масового обслуговування (СМО). Це динамічна система, що працює для ефективного розподілу ресурсів і задоволення потреб запитів, які надходять у процесі її функціонування.

Часто окремі СМО об'єднуються, створюючи мережу масового обслуговування, яка працює у більшому масштабі. Наприклад, мережа автозаправних станцій однієї компанії, система закладів швидкого харчування або група медичних установ, що взаємодіють між собою.

Дослідження і вдосконалення СМО є важливими завданнями, адже вони спрямовані на оптимізацію роботи цих систем, підвищення якості послуг та покращання ефективності їх функціонування. Оскільки масове обслуговування відіграє значну роль у сучасному суспільстві, його вдосконалення впливає на рівень комфорту і продуктивності діяльності різних сфер.

Для математичного моделювання та аналізу масового обслуговування було розроблено теорію масового обслуговування (ТМО) – науковий напрям, що входить до складу прикладної кібернетики та дослідження операцій.

ТМО вивчає організацію та оптимізацію процесів масового обслуговування, допомагає вдосконалювати роботу СМО, покращувати технології обслуговування та ефективно використовувати ресурси. Завдяки цій теорії можна визначити оптимальні параметри роботи таких систем, розробити методи їх регулювання та мінімізувати втрати у процесі обслуговування.

Таким чином, теорія масового обслуговування відіграє важливу роль у розвитку сучасної інфраструктури, допомагаючи оптимізувати роботу великих мереж обслуговування та забезпечити стабільне функціонування складних динамічних систем. Її застосування поширене у транспорті, логістиці, економіці, медицині та комунікаціях, що робить її важливим інструментом для аналізу та вдосконалення процесів, пов'язаних із масовим обслуговуванням.

Розвиток теорії масового обслуговування (ТМО) розпочався як набір математичних методів, призначених для оптимізації процесу обслуговування абонентів у телефонних мережах. Проте з часом її застосування значно розширилося, охоплюючи багато інших сфер діяльності, що виходять далеко за межі телекомунікацій.

Структура сучасних математичних методів ТМО є частиною прикладної математики. Її математичний апарат базується на використанні елементів теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії планування експериментів, що дозволяє створювати точні моделі функціонування систем масового обслуговування.

Перші фундаментальні дослідження у цій сфері були проведені данським ученим Агнером Ерлангом у 1920-х роках. Його роботи, присвячені розрахунку ефективності телефонних станцій, стали основою для подальших наукових досліджень у галузі оптимізації масового обслуговування.

Важливу роль у розвитку ТМО відіграв математик О. Я. Хінчін, який у 1960-х роках видав книгу «Роботи з математичної теорії масового обслуговування». Це була перша систематизована праця, в якій сформульовано основні принципи та методи дослідження ТМО. У наступні десятиліття методи ТМО активно розвивались у працях багатьох математиків, серед яких М. П. Бусленко, Б. В. Гнеденко, С. І. Петухов, Т. Л. Сааті, Б. Е. Кокс та ін. Особливо значний прогрес у дослідженнях ТМО відбувся в останні десятиліття, коли стало очевидним, що задачі оптимізації масового обслуговування мають широке застосування і включають майже всі аспекти дослідження великих систем.

Розширення меж застосування ТМО сприяло появі нових напрямів досліджень і розширенню кола вчених, які розробляли цю проблематику. Нині елементи ТМО можна знайти у:

- кібернетиці – оптимізація автоматизованих систем керування;
- фізиці – моделювання процесів взаємодії складних систем;
- економіці – планування та управління ресурсами у великих організаціях;
- медицині – регулювання потоків пацієнтів та оптимізація роботи лікарень;
- військовій справі – управління складними стратегічними операціями;
- транспортних мережах – регулювання руху транспорту, зменшення затримок та оптимізація логістики.

До послуг ТМО звертаються у розв'язанні багатьох практичних задач, пов'язаних із промисловістю, комунікаційними мережами, сільським господарством та іншими галузями. Досить часто у різних сферах діяльності людини трапляються ситуації, коли з'являється масовий попит на певний тип обслуговування, проте обслуговуюча система наразі не спроможна задовольнити цей попит через обмежені можливості своїх ресурсів. Це, своєю чергою, спричиняє неабиякі незручності для «клієнтів», як-от: черги у закладах побутового обслуговування, на

зупинках транспорту, скупчення суден, які очікують свого розвантаження в порту, транспортних засобів на міських перехрестях, літаків, що очікують дозволу на посадку, простої несправних верстатів та інших технічних засобів через затримку ремонту. Як свідчить практика, для «клієнта», який має потребу в обслуговуванні, найважливішим критерієм оцінки є швидкість та якість обслуговування.

Основним завданням математичних методів дослідження СМО є визначення кількісних показників ефективності функціонування таких систем і встановлення залежності цих показників від параметрів вхідного потоку «клієнтів» і потенційних можливостей самої системи обслуговувати цей потік. Під таким кутом зору в ході вирішення питань масового обслуговування першочергового значення набуває задача організації обслуговування як процес. Для характеристики організації СМО «клієнт» може скористатися досить широким спектром показників: час очікування початку свого обслуговування, безпосередньо час обслуговування кожного «клієнта», ймовірність відмови на обслуговування тощо. Втім слід зазначити, що й сама СМО має дбати про певний прибуток від своєї діяльності, а отже, напрацьовувати відповідні критерії оцінки ефективності свого функціонування.

Для розв'язання проблем, які виникають у процесі дослідження СМО, найбільш поширеними є різноманітні методи оптимізації: лінійне або нелінійне програмування, динамічне програмування, теорія ігор тощо. Найбільшого поширення набув метод статистичного моделювання СМО.

Однією з найголовніших проблем, що виникають на стадії проектування СМО, є оцінка різних варіантів її структури для віднайдення найбільш раціонального рішення. Проведення порівняльної оцінки розроблених варіантів структури СМО без глибокого кількісного аналізу впливу випадкових факторів на динаміку функціонування такої системи може призвести до грубих прорахунків. На практиці відомі випадки, коли порівняння варіантів структури для умов «нормального» функціонування

системи не забезпечувало можливості отримати їх об'єктивну оцінку. Таким чином, можна зробити висновок, що дослідження СМО можуть дати найкращі та об'єктивні результати в разі, коли їх проводять з урахуванням можливості виникнення збурень у процесі їх функціонування. Звичайно, найкращі результати досліджень можливі за умови роботи з природним об'єктом. Проте експерименти на натурних моделях більшості СМО є практично недоцільні як через зависокі витрати ресурсів на проведення досліджень, так і через можливі наслідки хибних результатів. Аналітичні методи дослідження таких систем досить складні, до того ж одержувані результати досліджень не завжди адекватні з огляду на спрощення аналітичних моделей, до яких вдаються для скорочення обсягу обчислень. Тому в процесі досліджень СМО широкого застосування набули різні методи математичного моделювання процесів масового обслуговування на ЕОМ.

У математичних моделях (ММ) складних об'єктів, представлених у СМО, фігурують засоби обслуговування, їх називають *обслуговуючими апаратами* (ОА), і заявки на обслуговування – *транзакти*. Так, у моделі виробничої лінії ОА відображають робочі місця, а транзакти – деталі, які надходять на обробку.

Складниками стану СМО є стан ОА, транзактів і черг до ОА. Стан ОА описується двоїстою змінною, яка може набувати значення «зайнятий» чи «вільний». Змінна, що характеризує стан транзакта, може мати значення «обслуговування» чи «чекання». Стан черги залежить від кількості транзактів, наявних у ній.

Імітаційна модель системи масового обслуговування (СМО) – це алгоритм, що відтворює її поведінку та відображає зміни стану системи у часі відповідно до заданих потоків заявок, які надходять на її входи. Вхідні потоки заявок виступають зовнішніми параметрами СМО, тоді як вихідні параметри характеризують її функціонування та якість роботи.

До основних вихідних параметрів належать:

- продуктивність системи, що визначається як середня кількість заявок, які обслуговуються за одиницю часу;

- коефіцієнти завантаження устаткування, які відображають співвідношення часу обслуговування до загального часу роботи обслуговуючих апаратів (ОА);

- середній час обслуговування однієї заявки, що дозволяє оцінити швидкість роботи системи.

Однією з ключових характеристик обслуговуючого апарата є час обслуговування, який враховується у моделі СМО. Цю величину зазвичай розглядають як випадкову змінну, а її параметри описуються за допомогою відповідних законів розподілу.

Імітаційне моделювання дозволяє досліджувати роботу СМО у різних умовах:

- зі змінними параметрами вхідних потоків заявок та їх інтенсивності;
- за різних характеристик обслуговуючих апаратів;
- з використанням різних дисциплін обслуговування – правил, за якими заявки надходять із черг на обслуговування.

У моделюванні СМО заявки, що надходять до зайнятого ОА, формують черги, які можуть бути поділені відповідно до пріоритетності обслуговування. Пріоритет визначає право заявки на першочергове обслуговування. У разі звільнення обслуговуючого апарата він бере у роботу заявку з непорожньої черги з найвищим пріоритетом.

Основний тип ОА – пристрої, саме в них відбувається обробка транзакта з витратами часу. До ОА належать також *накопичувачі (пам'яті)*, що відображають засоби збереження оброблених деталей у виробничих лініях або оброблених даних в обчислювальних системах. Накопичувачі характеризуються не часом обслуговування заявок, а місткістю – максимально можливою кількістю заявок, які одночасно наявні в накопичувачі.

До елементів імітаційних моделей СМО, крім ОА, зараховують також вузли і *джерела заявок*. Зв'язок ОА між собою реалізують *вузли*, тобто характеризують правила, за якими заявки спрямовуються до того чи іншого ОА.

Для опису моделей СМО у процесі їх дослідження на ЕОМ розроблено спеціальні мови імітаційного моделювання. Існують *загальноцільові мови*, орієнтовані на опис широкого класу СМО в різних предметних галузях, і *спеціалізовані мови*, призначені для аналізу систем визначеного типу.

Прикладом загальноцільових мов слугує досить поширена нині мова GPSS, прикладом спеціалізованої мови – мова МПЛ/ВП моделювання обчислювальних систем.

2.2. Основні правила мови GPSS та оператори

Імітаційна модель системи масового обслуговування (СМО) в GPSS зручно подана у вигляді схеми, що містить її основні елементи: пристрої, накопичувачі, вузли та джерела.

Опис моделі мовою GPSS здійснюється за допомогою набору операторів (блоків), які визначають обробку заявок у системі. Серед операторів можна виокремити ті, що відповідають за створення заявок, затримку їх в обслуговуючих апаратах (ОА), використання пам'яті, вихід із системи, зміну параметрів заявок (наприклад, рівня пріоритету), а також виведення статистичних даних про навантаження пристроїв, заповнюваність черг тощо.

У GPSS кожен транзакт, що представлений у моделі, може мати до 12 параметрів, які можна змінювати за допомогою спеціальних операторів.

Шляхи обробки заявок між обслуговуючими апаратами відображаються послідовністю операторів, що забезпечують передачу заявок та керування їх переходами між етапами обслуговування. Для імітації використовується подієвий метод, що дозволяє точно моделювати зміни стану системи у часі.

Правильне виконання імітаційного процесу забезпечує інтерпретатор GPSSPC – програмне середовище, що реалізує алгоритми імітаційного моделювання і гарантує дотримання часової послідовності подій у моделі.

Таким чином, GPSS дозволяє детально відтворювати роботу СМО, аналізувати її продуктивність та ефективність, а також виконувати оптимізацію параметрів системи на основі отриманих даних.

2.2.1. Структура операторів GPSS

У записі оператора виокремлюють три частини: мітку, назву, поле. Приклад оператора:

110 LI GENERATE 30,5 Перший сегмент моделі

2..... 6.8.....18—1970

<мітка> <назва> <поле змінних> <коментарі>

У полі змінних виокремлюють *підполя*, поділені під час запису комами. Вони слугують для зазначення чисел, *стандартних числових атрибутів* (СЧА), символів, що позначають мітки, ідентифікаторів, покажчиків різновидів операторів тощо.

Підполя можуть бути порожніми. Можливий запис коментаря після останнього непорожнього поля через пробіл.

Стандартні числові атрибути слугують для скороченого зазначення різних величин, що фігурують у моделі.

Приклади СЧА: K126 – константа, що дорівнює 126; V2 – змінна V2; Q4 – довжина черги N4; X5 – збережена величина N5; FN7 – функція N7; P4 – значення параметра N4 транзакта; *6 – вміст параметра N6 транзакта; S*3 (чи FN*3) – пам’ять (чи функція), визначена в параметрі N3 транзакта.

2.2.2. Перелік основних операторів мови GPSS

Основні оператори мови GPSS наведено у вигляді прикладів із конкретними значеннями підполів у полі змінних.

GENERATE 12, 4, 50, 1 – генерація транзактів, інтервали часу між появами транзактів, розподілених рівномірно в діапазоні $[12-4, 12+4]$, перший транзакт з'явиться із затримкою в 50 одиниць модельного часу, усього буде створено 5 транзактів, пріоритет транзактів дорівнює одиниці.

GENERATE 12, 4, 50, 1 – те ж, але кількість транзактів, що генеруються, необмежена.

GENERATE 6, FNSFFF, 50, 5, 1 – те ж, але інтервал часу між появами транзактів – ціла частина добутку числа 6 на значення функції FFF.

FNK FUNCTION RN1, C4 0, 0/0.1, 0.8/0.5, 1.6/1.0, 1.9 – опис функції FNK, її аргументом є випадкова величина (на це вказує значення RN1), рівномірно розподілена в діапазоні $[0, 1]$, функція є неперервна числова (показчик 3), задана таблично чотирма точками (0; 0), (0.1; 0.8), (0.5; 1.6), (1.0; 1.9).

FNK FUNCTION*2, D4 0, 12/1, 9/2, 8/3, 6 – те ж, але аргументом є значення другого параметра транзакта, для якого обчислюється значення дискретної величини (D) числової функції FNK, заданої таблично чотирма вузловими точками. Це поточне значення округляється до найближчого більшого значення аргумента у вузловій точці.

SEIZE PLOT – зайняття пристрою PLOT транзактом, що надійшов на його вхід; якщо пристрій зайнятий, то транзакт затримується в черзі до цього пристрою.

RELEASE PLOT – звільнення пристрою PLOT обслуговуваним транзактом.

ENTER MEM, 12 – зайняття транзактом 12 одиниць місткості в накопичувачі MEM.

LEAVE MEM,*2 – звільнення k одиниць пам'яті в накопичувачі MEM, де k – значення 2-го параметра транзакта.

STR STORAGE 4096 – опис накопичувача STR місткістю 4096 одиниць.

TERMINATE 3 – видалення транзакта із системи, при цьому вміст підсумкового лічильника зменшується на 3 одиниці, моделювання закінчується, якщо вміст лічильника дорівнюватиме нулю або буде менший нуля.

ADVANCE A, B – затримка транзакта на час, визначений значенням полів A і B, значення величин, записаних у цих підполях, таке ж, як і в операторі GENERATE.

SPLIT 3, LLL, 6 – копіювання транзактів. У даному випадку створюються три копії вихідного транзакта, початковий транзакт спрямовується в наступний за чергою блок, а створені копії – у блок з міткою LLL, при цьому приклад б основного транзакта збільшується на одиницю, а транзактів-копій – на 2, 3, 4 відповідно.

ASSEMBLE 5 – об'єднання транзактів, перший із наявних у блоці транзактів продовжить рух у системі після того, як до блоку надійдуть ще чотири транзакти.

ASSIGN 2, NAP – зміна параметрів транзактів, у даному випадку другий параметр транзакта набуде значення NAP.

ASSIGN 3+, V4 – зміна значення третього параметра транзакта – до нього додається значення V4.

TRANSFER, MET – безумовна передача керування оператора з міткою (номером) MET.

TRANSFER BOTH, LAB1, UNN – перехід до оператора з міткою LAB1, якщо він неможливий – до оператора з міткою UNN, якщо й цей неможливий, то транзакт затримується до наступного моменту дискретного модельного часу, в якому повторюються зазначені спроби переходу.

TRANSFER.4, AAA, LAB – транзакт з імовірністю 0.4 переходить до оператора з міткою LAB і з імовірністю 0.6 – до оператора з міткою AAA.

TRANSFER PICK, STK7, STK21 – рівноймовірний перехід до операторів із номерами STK7, STK7+1, STK7+2, ..., STK21.

TRANSFER FN, AAA, 5 – перехід до оператора, мітка якого дорівнює сумі значення функції AAA і числа 5.

TRANSFER SBR, PRC, 7 – перехід до оператора PRC із записом у параметр N 7 транзакта мітки даного оператора.

LOOP 6, MET – організація циклу – перехід 5 разів до оператора з міткою MET і на шостий раз – до наступного за чергою оператора.

TEST E V7, K256, LAB – перехід за умовою (умовна передача керування): у позиціях 13–18 записується знак відношення, у перших двох підполях поля змінних записуються порівнювані величини, якщо ж умова виконується, то переходу немає, інакше – перехід до оператора з міткою LAB. Символи відношень G – більше; L – менше; E – дорівнює; NE – не дорівнює; LE – менше або дорівнює; GE – більше або дорівнює. У даному прикладі переходу немає, якщо $V7 = 256$, інакше – перехід до оператора з номером LAB.

QUEUE SQV – оператор організації черги, довжина черги SQV збільшується на одиницю.

DEPART SQV – те ж, але довжина черги зменшується на одиницю.

PRIORITY 2 – транзакту присвоюється пріоритет 2.

SIMULATE – початкова карта програми, якщо розроблювач має намір виконати прогін моделі. Якщо цієї карти немає, то інтерпретатор перевіряє правильність запису моделі мовою GPSS, але прогону моделі не виконує.

START 100, 25 – занесення значення 100 у підсумковий лічильник, виведення накопичених статистичних даних робиться з інтервалом зміни значення підсумкового лічильника в 25 одиниць.

TABULATE MAT7 – у відповідний інтервал гістограми з ім'ям MAT додається одиниця.

MAT7 TABLE P3, 8, 1, 5 – опис таблиці (гістограми) MAT7, призначеної для табулювання величини, значення якої розміщуються в третьому параметрі транзакта, що входить в оператор TABULATE MAT7, верхня межа лівого інтервалу гістограми дорівнює 8, ширина кожного наступного інтервалу дорівнює 1, усього інтервалів – 5.

5 VARIABLE X2–K25 – обчислювальний оператор, у даному випадку зі збереженої величини N2 віднімається число 25 і результат присвоюється змінній N5.

SAVEVALUE 5,*3 – збережена величина N5 (X5) одержує значення третього параметра транзакта.

2.2.3. Основні команди інтерпретатора GPSSPC

@ <ім'я файла> – завантажити вихідний текст моделі.

SAVE <ім'я файла> – зберегти текст моделі.

DISPLAY [<рядок N1>], [<рядок N2>] – вивести на екран текст моделі, починаючи з рядка N1 до рядка N2.

DELETE [<рядок N1>], [<рядок N2>] – видалити з програми текст, починаючи з рядка N1 до рядка N2.

EDIT < номер рядка > – відредагувати рядок тексту.

CLEAR – скинути всю статистику моделі в нуль (включаючи таймери абсолютного і відносного модельного часу), повернути всі транзакти в пасивний буфер.

END – завершити роботу інтерпретатора.

2.3. Лабораторна робота 1

2.3.1. Завдання з імітаційного моделювання у GPSS

Лабораторна робота передбачає вивчення принципів створення імітаційних моделей систем масового обслуговування (СМО) за допомогою мови GPSS та інтерпретатора GPSSPC. У ході виконання завдання необхідно провести модифікацію готової моделі, запустити її, проаналізувати результати моделювання та оформити звіт.

Етапи виконання завдання

1. Ознайомлення з прикладом програми.

Вивчити текст програми GPSS, наведений у прикладі, та зрозуміти її логіку.

2. Редагування моделі.

Внести необхідні зміни в текст програми відповідно до заданого варіанта.

3. Запуск GPSSPC.

Увійти до директорії GPSS та запустити програму GPSSPC.

4. Ініціалізація моделі.

Запустити імітаційну модель в інтерпретаторі GPSS, використовуючи команду @EX1.

5. Модифікація програмного коду.

Внести додаткові зміни в текст програми згідно з поставленими вимогами.

6. Збереження оновленого тексту.

Використати команду SAVE VAR1 для збереження модифікованої версії моделі.

7. Завершення роботи.

Вийти з інтерпретатора за допомогою команди END.

8. Перезапуск з оновленими параметрами.

Запустити інтерпретатор заново, додаючи свій варіант тексту моделі (@VARI).

9. Процес моделювання.

Виконати моделювання, використовуючи команду START 1.

Під час роботи моделі можна переглядати її динаміку:

- Alt+F – для перемикання на вікно пристроїв.
- Alt+S – для перемикання на вікно пам'яті.
- Alt+B – для перемикання на вікно блоків.

10. Аналіз результатів.

Для перегляду статистики скористатися програмою GPSSREPT.

11. Оформлення звіту.

Підготувати детальний звіт, що містить:

- тексти програм із внесеними до них змінами;
- результати моделювання;
- аналіз впливу змін на функціонування моделі та висновки.

Таблиця 2.3.1

Варіант	Операція 1	Операція 2	Операція 3	Операція 4	Операція 5	Операція 6
<i>Приклад</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A1</i>	<i>A3</i>	<i>A2</i>
1	A1	A2	A3	A3	A2	A1
2	A1	A2	A3	A3	A1	A2
3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
4	A1	A2	A3	A2	A1	A3
5	A1	A2	A3	A2	A3	A1
6	A2	A1	A3	A1	A2	A3
7	A2	A1	A3	A1	A3	A2
8	A2	A1	A3	A2	A1	A3
9	A2	A1	A3	A2	A3	A1
10	A2	A1	A3	A3	A1	A2
11	A2	A1	A3	A3	A2	A3
12	A3	A1	A3	A1	A2	A3
13	A1	A2	A3	A3	A2	A1
14	A1	A2	A3	A3	A1	A2
15	A1	A2	A3	A1	A2	A3
16	A1	A2	A3	A2	A1	A3
17	A1	A2	A3	A2	A3	A1
18	A2	A1	A3	A1	A2	A.
19	A2	A1	A3	A1	A3	A2
20	A2	A1	A3	A2	A1	A3
21	A2	A1	A3	A2	A3	A1
22	A2	A1	A3	A3	A1	A2
23	A2	A1	A3	A3	A2	A3
24	A3	A1	A3	A1	A2	A3
25	A2	A1	A3	A2	A3	A1
26	A2	A1	A3	A3	A1	A2
27	A2	A1	A3	A3	A2	A3
28	A3	A1	A3	A1	A2	A3
29	A1	A2	A3	A3	A2	A1
30	A1	A2	A3	A3	A1	A2

Таблиця 2.3.2

Варіант	Часовий інтервал надходження деталей першого типу (хв)	Часовий інтервал надходження деталей другого типу (хв)
<i>Приклад</i>	30 ± 5	20 ± 5
1	25 ± 4	25 ± 6
2	20 ± 3	30 ± 7
3	15 ± 5	35 ± 8
4	10 ± 4	20 ± 5
5	30 ± 5	10 ± 3
6	15 ± 4	15 ± 6
7	30 ± 10	15 ± 3
8	20 ± 5	20 ± 5
9	25 ± 4	10 ± 3
10	45 ± 5	15 ± 5
11	20 ± 4	15 ± 3
12	10 ± 3	15 ± 5
13	10 ± 4	20 ± 5
14	30 ± 5	10 ± 3
15	15 ± 4	15 ± 6
16	30 ± 10	15 ± 3
17	20 ± 5	20 ± 5
18	25 ± 4	10 ± 3
19	20 ± 5	20 ± 5
20	25 ± 4	10 ± 3
21	45 ± 5	15 ± 5
22	20 ± 4	15 ± 3
23	10 ± 3	15 ± 5
24	20 ± 3	30 ± 7
25	15 ± 5	35 ± 8
26	10 ± 4	20 ± 5
27	30 ± 5	10 ± 3
28	15 ± 4	15 ± 6
29	30 ± 10	15 ± 3
30	20 ± 5	20 ± 5

Таблиця 2.3.3

Варіант	Часовий інтервал виконання операції 1 (хв)	Часовий інтервал виконання операції 2 (хв)	Часовий інтервал виконання операції 3 (хв)	Часовий інтервал виконання операції 4 (хв)	Часовий інтервал виконання операції 5 (хв)	Часовий інтервал виконання операції 6 (хв)
<i>Приклад</i>	5 ± 2	20 ± 4	10 ± 3	7 ± 3	15 ± 5	15 ± 5
1	20 ± 4	5 ± 2	15 ± 5	15 ± 5	7 ± 3	10 ± 3
2	10 ± 3	15 ± 5	5 ± 2	20 ± 4	10 ± 3	7 ± 3
3	18 ± 3	10 ± 3	12 ± 5	20 ± 4	25 ± 8	12 ± 4
4	12 ± 5	15 ± 5	1 ± 3	10 ± 3	5 ± 2	20 ± 4
5	15 ± 5	20 ± 4	10 ± 3	18 ± 3	12 ± 5	20 ± 4
6	10 ± 3	25 ± 8	5 ± 2	15 ± 5	18 ± 3	15 ± 5
7	15 ± 5	12 ± 5	20 ± 4	5 ± 2	10 ± 3	18 ± 3
8	20 ± 4	18 ± 3	10 ± 3	7 ± 3	15 ± 5	25 ± 8
9	10 ± 3	15 ± 5	10 ± 3	12 ± 5	5 ± 2	20 ± 4
10	25 ± 8	5 ± 2	12 ± 5	7 ± 3	10 ± 3	15 ± 5
11	20 ± 4	10 ± 3	15 ± 5	5 ± 2	12 ± 5	25 ± 8
12	12 ± 5	20 ± 4	25 ± 8	15 ± 5	5 ± 2	10 ± 3
13	10 ± 3	15 ± 5	5 ± 2	20 ± 4	10 ± 3	7 ± 3
14	18 ± 3	10 ± 3	12 ± 5	20 ± 4	25 ± 8	12 ± 4
15	12 ± 5	15 ± 5	18 ± 3	10 ± 3	5 ± 2	20 ± 4
16	15 ± 5	20 ± 4	10 ± 3	18 ± 3	12 ± 5	20 ± 4
17	10 ± 3	25 ± 8	5 ± 2	15 ± 5	18 ± 3	15 ± 5
18	15 ± 5	12 ± 5	20 ± 4	5 ± 2	10 ± 3	18 ± 3
19	15 ± 5	20 ± 4	10 ± 3	18 ± 3	12 ± 5	20 ± 4
20	10 ± 3	25 ± 8	5 ± 2	15 ± 5	18 ± 3	15 ± 5
21	15 ± 5	12 ± 5	20 ± 4	5 ± 2	10 ± 3	18 ± 3
22	20 ± 4	18 ± 3	10 ± 3	7 ± 3	15 ± 5	25 ± 8
23	10 ± 3	15 ± 5	10 ± 3	12 ± 5	5 ± 2	20 ± 4
24	25 ± 8	5 ± 2	12 ± 5	7 ± 3	10 ± 3	15 ± 5
25	20 ± 4	18 ± 3	10 ± 3	7 ± 3	15 ± 5	25 ± 8
26	10 ± 3	15 ± 5	10 ± 3	12 ± 5	5 ± 2	20 ± 4
27	25 ± 8	5 ± 2	12 ± 5	7 ± 3	10 ± 3	15 ± 5
28	20 ± 4	10 ± 3	15 ± 5	5 ± 2	12 ± 5	25 ± 8
29	12 ± 5	20 ± 4	25 ± 8	15 ± 5	5 ± 2	10 ± 3
30	10 ± 3	15 ± 5	5 ± 2	20 ± 4	10 ± 3	7 ± 3

2.3.2. Приклад

1. Необхідно промоделювати роботу ділянки цеху з декількох верстатів, у межах якої обробляють два потоки деталей різного типу. В табл. 2.3.1 наведено розподіл операцій, виконуваних на верстатах А1, А2 і А3. Часовий інтервал між надходженням деталей і виконанням операцій розподілено рівномірно (табл. 2.3.2 та 2.3.3).

2. Визначити для робочого дня (8 год) і робочого тижня (5 днів за однозмінного режиму) середнє завантаження кожного верстата, середній час обробки деталей кожного типу, довжину черг на обробку для верстатів, розміри складу, оптимальні для даного потоку деталей. Запропонувати способи модифікації ділянки цеху для підвищення ефективності його роботи.

Вихідні дані для структури ділянки цеху й часові інтервали надходження деталей на верстат, що виконує першу операцію (для деталей першого типу), і на верстат, що виконує четверту операцію (для деталей другого типу), а також часові інтервали обробки кожним верстатом задано в задалегідь (табл. 2.3.1; 2.3.3).

Таблиця 2.3.4

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти: 1-й сегмент моделі 2-й сегмент моделі 3-й сегмент моделі	Деталі першого типу Деталі другого типу Таймер
Верстати: А1 А2 А3	Застосування Операції 1 та операції 4 Операції 2 та операції 6 Операції 3 та операції 5
Черги: АА1 АА2 АА3	Загальна черга до верстата А1 Загальна черга до верстата А2 Загальна черга до верстата А3

Одиниця часу в моделі – 1хв.

A. Текст програми на GPSS

```
; GPSS/PC Program File EX1. (V2, #39560) 03-01-1999 12:51:15
100 SIMULATE
110 GENERATE 30,5; перший сегмент моделі
120 QUEUE AA1
130 SEIZE A1
140 DEPART AA1
150 ADVANCE 5,2
160 RELEASE A1
170 QUEUE AA2
180 SEIZE A2
190 DEPART AA2
200 ADVANCE 20,4
210 RELEASE A2
220 QUEUE AA3
230 SEIZE A3
240 DEPART AA3
250 ADVANCE 10,3
260 RELEASE A3
270 TERMINATE
280 GENERATE 20,5; другий сегмент моделі
290 QUEUE AA1
300 SEIZE A1
310 DEPART AA1
320 ADVANCE 7,3
330 RELEASE A1
340 QUEUE AA3
350 SEIZE A3
360 DEPART AA3
370 ADVANCE 15,5
380 RELEASE A3
390 QUEUE AA2
400 SEIZE A2
410 DEPART AA2
420 ADVANCE 15,5
430 RELEASE A2
440 TERMINATE
450 GENERATE 480; третій сегмент моделі (таймер)
460 TERMINATE 1
```

У даному прикладі таймер налагоджено на моделювання протягом 8-годинного робочого дня. Для моделювання впродовж 5 днів таймер потрібно відкоректувати.

Б. Підсумкові дані

Дані для моделювання роботи ділянки цеху впродовж робочого дня

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.7.1

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	36	3	0

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE		15		0	0
	2	QUEUE		15		0	0
	3	SEIZE		15		0	0
	4	DEPART		15		0	0
	5	ADVANCE		15		0	0
	6	RELEASE		15		0	0
	7	QUEUE		15		4	0
	8	SEIZE		11		0	0
	9	DEPART		11		0	0
	10	ADVANCE		11		0	0
	11	RELEASE		11		0	0
	12	QUEUE		11		1	0
	13	SEIZE		10		0	0
	14	DEPART		10		0	0
	15	ADVANCE		10		0	0
	16	RELEASE		10		0	0
	17	TERMINATE		10		0	0
	18	GENERATE		24		0	0
	19	QUEUE		24		0	0
	20	SEIZE		24		0	0
	21	DEPART		24		0	0
	22	ADVANCE		24		1	0
	23	RELEASE		24		0	0
	24	QUEUE		24		1	0
	25	SEIZE		24		0	0
	26	DEPART		24		0	0
	27	ADVANCE		24		1	0
	28	RELEASE		24		0	0
	29	QUEUE		24		7	0
	30	SEIZE		16		0	0
	31	DEPART		16		0	0
	32	ADVANCE		16		1	0
	33	RELEASE		16		0	0
	34	TERMINATE		16		0	0
	35	GENERATE		1		0	0
	36	TERMINATE		1		0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY
DELAY								
A1	39	0.479	5.9	1	0	0	0	0
A2	27	0.918	16.33	1	29	0	0	11
A3	34	0.877	12.38	1	40	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
AA1	1	0	39	32	0.03	0.41	2.29	0
AA3	12	11	38	1	5.08	61.16	65.89	0
AA2	2	0	34	10	0.28	3.97	5.63	0

**Підсумкові дані для моделювання роботи ділянки цеху
протягом робочого тижня**

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.8.1

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	2400.000	36	3	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
A1	199	0.522	6.31	1	0	0	0	0	0
A2	139	0.983	16.99	1	142	0	0	0	59
A3	174	0.955	13.18	1	139	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
AA1	1	0	199	155	0.06	0.74	3.36	0
AA3	59	59	198	1	29.26	354.67	356.47	0
AA2	3	1	175	23	0.88	12.06	13.89	0

В. Аналіз результатів

Таблиця 2.3.5

Верстат	протягом 8 год	протягом 5 робочих днів
A1	48	52
A2	92	98
A3	88	96

Таблиця 2.3.6

Верстат	протягом 8 год	протягом 5 робочих днів
A1	1	1
A2	12	59
A3	2	3

Таблиця 2.3.7

Верстат	протягом 8 год	протягом 5 робочих днів
A1	5.9	6.31
A2	16.33	16.99
A3	12.38	13.18

Загальна кількість оброблених протягом 8 годин деталей дорівнює 40, протягом робочого тижня – 142. Ці дані слугують підставою для розрахунку необхідного обсягу складу готової продукції. З результатів моделювання можна зробити висновок, що перший верстат А1 завантажено на 50 %. Перевантажено верстат А2 (про що свідчить середній відсоток використання 98 % і довжина черги – 59). Верстат А3 завантажено оптимально.

Для підвищення ефективності роботи даної ділянки цеху за даного потоку деталей можна користуватися двома верстатами А2. Для перевірки припущення в програму моделі потрібно внести зміни.

**Підсумкові дані для моделювання роботи ділянки цеху
протягом робочого дня**

; GPSS/PC Program File EX1. (V2, #39560) 03-01-1999 12:51:15

```

100 SIMULATE
105 A2 STORAGE 2; другий верстат моделюється як
нагромаждувач
110 GENERATE 30,5
120 QUEUE AA1
130 SEIZE A1
140 DEPART AA1
150 ADVANCE 5,2
160 RELEASE A1
170 QUEUE AA2
180 ENTER A2

```

```

190 DEPART AA2
200 ADVANCE 20,4
210 LEAVE A2
220 QUEUE AA3
230 SEIZE A3
240 DEPART AA3
250 ADVANCE 10,3
260 RELEASE A3
270 TERMINATE
280 GENERATE 20,5
290 QUEUE AA1
300 SEIZE A1
310 DEPART AA1
320 ADVANCE 7,3
330 RELEASE A1
340 QUEUE AA3
350 SEIZE A3
360 DEPART AA3
370 ADVANCE 15,5
380 RELEASE A3
390 QUEUE AA2
400 ENTER A2
410 DEPART AA2
420 ADVANCE 15,5
430 LEAVE A2
440 TERMINATE
450 GENERATE 2400
460 TERMINATE 1

```

**Підсумкові дані для моделювання роботи ділянки цеху
протягом робочого дня**

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.6.1

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0.000	480.000	36	2	1	13888

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
A1	39	0.462	5.69	1	40	0	0	0	0
A3	35	0.927	12.71	1	38	0	0	0	3

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
AA1	1	0	39	27	0.008	0.950	3.080	0
AA2	1	0	36	31	0.004	0.580	4.200	0
AA3	3	0	3	3	1.340	17.47	18.970	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
A2	2	1	0	2	36	1	1.300	0.649	0	0

Підсумкові дані для моделювання роботи ділянки цеху протягом робочого тижня

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.7.1

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0.000	2400.000	36	2	1	12896

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
A1	200	0.509	6.110	1	201	0	0	0	0
A3	184	0.985	12.850	1	186	0	0	0	14

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
AA1	1	0	200	155	0.070	0.780	3.49	0
AA2	1	0	190	170	0.030	0.370	3.5	0
AA3	16	14	198	3	7.490	90.790	92.19	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
A2	2	1	0	2	190	1	1.340	0.672	0	0

За результатами даного варіанта моделювання можна дійти такого висновку: використання двох верстатів А2 дозволило усунути чергу до даного верстата і знизити середнє завантаження верстатів А2 до 67 % (чого і слід було очікувати). Але при цьому стався перорозподіл навантаження на верстат А3: за середнього навантаження (99 %) максимальна черга на обробку верстатом А3 зросла до 16. Моделювання можна продовжити для визначення оптимальної структури ділянки цеху за заданого потоку деталей. Якщо структуру цеху змінювати не можна, то, скориставшись мовою моделювання GPSS, можна підібрати такий потік деталей, який би уможлиблював оптимальне завантаження даного устаткування.

2.3.3. Основні завдання

1. Навести приклади об'єктів, які доцільно досліджувати за допомогою імітаційного моделювання СМО.

2. Пояснити, виконання яких дій викликає оператор TRASFER P, 1, 4.

3. Описати мовою GPSS подію, пов'язану з надходженням транзакта на вхід ОА, ім'ям COM.

4. Описати мовою GPSS вхідний потік транзактів, часовий інтервал між появою транзактів – випадкова величина з експонентним законом розподілу, інтенсивністю 0.21/хв

5. Записати мовою GPSS оператор переходу до оператора з міткою LAB, якщо довжина черги: 5 перевищує 10 транзактів.

6. Задані умови виконання наступного завдання. Вхідний потік вимог має логнормальний закон розподілу із середнім значенням 2 і середньоквадратичним відхиленням 1 відповідного нормального розподілу. Час обслуговування вимоги в одноканальному пристрої є випадковою величиною, розподіленою за експоненціальним законом з інтенсивністю 0,5 хв. Вихід з ладу пристрою відбувається через часові інтервали, що мають розподіл Вейбулла з параметрами $\beta = 600$ і $\alpha = 10$ (задаються саме у цьому порядку в GPSS). Час ремонту є рівномірно розподіленою величиною на проміжку [10; 100]. У разі виходу пристрою з ладу недообслуговувані вимоги чекають завершення обслуговування після закінчення ремонту. За наявності черги першими мають обслуговуватися вимоги, обслуговування яких було перерване через вихід із ладу пристрою. Наразі завдання:

6.1. Скласти модель мовою GPSS для моделювання роботи пристрою і його ремонту. Змоделювати обслуговування 1000 вимог. Визначити середню і максимальну довжину черги. Проаналізувати таблицю часу перебування вимог у моделі.

6.2. Створити точку зупинки моделювання у разі виходу з ладу пристрою. Визначити системний час, коли відбулася подія. Переглянути списки поточних і майбутніх подій після створення цієї точки. Відтак покроково виконати моделювання і проаналізувати модель у вікні блоків.

6.3. Створити і переглянути графік залежності поточної довжини черги від часу.

2.4. Моделі системи масового обслуговування

Розглянемо дискретно-подієву імітаційну модель, яка описує поведінку системи, що змінюється в задані моменти часу. Типовим прикладом є системи масового обслуговування (СМО), у результаті функціонування яких утворюються черги з клієнтів [3; 12]. Системи являють собою сукупність двох об'єктів: сервіс і клієнт. Клієнт приходить на обслуговування в сервіс, а сервіс його обслуговує.

У межах моделі відбувається дві події: прихід і вихід клієнта, таким чином, усі статистичні характеристики системи змінюються тільки в ці моменти часу. В інші моменти часу ніяких дій у системі не відбувається.

Отже, логіку імітаційної моделі можна уявити, розглядаючи дві події: прихід і вихід клієнта.

У момент приходу клієнта в моделі потрібно виконати такі операції:

1. Згенерувати і зберегти час прибуття клієнта. Він становить поточний час плюс проміжок часу між парафіями двох останніх клієнтів.

2. За умови, що сервіс вільний:

– почати обслуговування клієнта, що прийшов, змінити стан сервісу на робочий;

– згенерувати і зберегти час обслуговування клієнта.

3. У разі якщо сервіс зайнятий, поставити його в чергу і збільшити її довжину на 1. У момент переходу клієнта до моделі потрібно виконати такі операції:

- якщо черги немає, оголосити сервіс вільним. Перерахувати статистичні характеристики системи;

- якщо черга наявна:

– почати обслуговування клієнта з черги. Зменшити її на 1 і перерахувати статистичні характеристики системи;

– згенерувати і зберегти час обслуговування клієнта. Він дорівнює поточному часу моделювання і часу обслуговування клієнта.

2.4.1. Лабораторна робота 2

Потрібно побудувати імітаційну модель роботи каси з продажу квитків за таких параметрів роботи. Відвідувачі приходять до каси через 10–30 сек. Оглядають приміщення – 0–15 сек. і займають чергу. У касі працюють два касири. Кожен касир витрачає на обслуговування відвідувача однаковий час – приблизно 15–25 сек. Каса працює 5 год.

Код програми має такий вигляд:

код програми	коментар
10 GENERATE 20, 10	Прихід клієнтів, генерування транзактів (клієнтів) в інтервалі
20 TRANSFER .5,, PROM	Вибір касира клієнтом з імовірністю 50 %
30 ADVANCE 15, 15	Знайомство клієнта з приміщенням
40 QUEUE OCH	Затримка транзакта (клієнта) в черзі OCH. Поставлення клієнта в чергу
50 SEIZE KASS	Зайняття пристрою (каси) KASS, якщо він вільний
60 DEPART OCH	Вихід транзакта (клієнта) з черги OCH.
70 ADVANCE 20,5	Затримка транзакта (клієнта) у пристрої (касі) KASS в часовому інтервалі 15–25 сек. Купівля квитка
80 RELEASE KASS	Вивільнення пристрою (каси) KASS. Обслуговування клієнта закінчено
90 TERMINATE	Ліквідація транзакта. Клієнт залишає пристрій (касу)
100 PROM QUEUE OCH1	Поставлення транзакту (клієнта) в чергу OCH1
110 SEIZE KASS1	Зайняття другого пристрою (каси) KASS1, якщо він вільний. Звернення до другого касира
120 DEPART OCH1	Вихід з черги OCH1
130 ADVANCE 20,5	Затримка транзакта (клієнта) у пристрої (касі) KASS1 в часовому інтервалі 15–25 сек. Купівля квитка
140 RELEASE KASS	Вивільнення пристрою (каси) KASS1. Обслуговування клієнта закінчено
150 TERMINATE	Ліквідація транзакта. Клієнт залишає пристрій (касу)
160 GENERATE 18000	Час роботи пристрою (каси), сек.
170 TERMINATE 1	Закриття каси 1 – ліквідація одного циклу роботи пристрою (каси)
START 1	Старт програми 1 – один цикл роботи пристрою (каси)

Якщо замість 1 поставити, наприклад, 3, то це означатиме моделювання роботи каси протягом 54 000 сек.

Після запуску програми на виконання отримаємо такий результат:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	18000.000	17	2	0

START TIME – початок моделювання;

END TIME – кінець моделювання;

BLOCKS – кількість блоків у кодї;

FACILITIES – кількість пристроїв;

STORAGES – кількість обладнань, що обробляють понад 1 транзакт.

NAME	VALUE
KASS	10003.00
KASS1	10001.00
OCH	10002.000
OCH1	10000.000
PROM	10.000

NAME – назви пристроїв, черг і початку наступної черги;

VALUE – значення імен.

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	909	0	0
	2	TRANSFER	909	0	0
	3	ADVANCE	443	1	0
	4	QUEUE	442	0	0
	5	SEIZE	442	0	0
	6	DEPART	442	0	0
	7	ADVANCE	442	1	0
	8	RELEASE	441	0	0
	9	TERMINATE	441	0	0
PROM	10	QUEUE	466	0	0
	11	SEIZE	466	0	0
	12	DEPART	466	0	0
	13	ADVANCE	466	0	0
	14	RELEASE	466	0	0
	15	TERMINATE	466	0	0
	16	GENERATE	1	0	0
	17	TERMINATE	1	0	0

LABEL – присвоєне ім'я блоку;

LOC – номер блоку;

BLOCK TYPE – назви блоку;

ENTRY COUNT – кількість транзактів, що були у блоці;

CURRENT COUNT – кількість транзактів на момент закінчення моделювання;

RETRY – кількість транзактів, що очікують виконання спеціальних умов.

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
KASS1	466	0.517	19.952	1	0	0	0	0	0
KASS	442	0.492	20.053	1	909	0	0	0	0

FACILITY – ім'я пристрою, присвоєне в програмі;

ENTRIES – зайнятість пристрою, разів;

UTIL. – середнє завантаження пристрою;

AVE. TIME – середній час транзакту в пристрої;

AVAIL. – доступність пристрою на момент закінчення моделювання;

OWNER – номер транзакта в пристрої;

PEND – кількість транзактів у черзі при блоці;

PREEMPT INTER – кількість транзактів у черзі після переривання;

RETRY – кількість транзактів у черзі залежно від стану пристрою;

DELAY – кількість транзактів у черзі при блоці SEIZE і PREEMPT.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
OCH1	2	0	466	339	0.048	1.855	6.808	0
OCH	3	0	442	287	0.109	4.433	12.642	0

QUEUE – назва черги;
MAX – максимальна довжина черги;
CONT – довжина черги на момент закінчення моделювання;
ENTRY – загальна кількість входів у чергу;
ENTRY (0) – кількість нульових входів;
AVE.CONT – середня довжина черги;
AVE.TIME – середній час перебування в черзі.

Змінюючи вхідні дані, можна отримати різні статистичні характеристики модельованої системи і визначити потрібний режим роботи підприємства. На практиці існують підприємства з різними режимами і графіками роботи, проте логіка функціонування підприємств однакова. При цьому під час моделювання системи потрібно враховувати унікальні особливості конкретного підприємства. За допомогою мови GPSS ці особливості можна змоделювати, вдаючись до різних поєднань блоків. У наступному прикладі уявімо модель підприємства з двома видами робіт і одним працівником (на відміну від попереднього прикладу, де був один вид робіт і два працівники).

2.4.2. Лабораторна робота 3

Потрібно побудувати імітаційну модель роботи перукарні за таких параметрів. До обслуговуючої організації приходять клієнти за експонентним законом у середньому 2 людини за годину (математичне очікування – 30 хв). Обслуговування клієнтів здійснює одна людина, яка виконує два види робіт. Час обслуговування клієнта – дискретний. Перший вид роботи триває в середньому 20 хв, другий – 30 хв. До перукарні прийшли чотири клієнти. Один із чотирьох клієнтів замовляє перший вид роботи.

Необхідно побудувати імітаційну модель за часом її роботи – 60 хв і визначити статистичні характеристики модельованої системи.

Код програми має такий вигляд:

код програми	коментар0 GENERATE
(EXPONENTIAL (1,0,30))	
Прихід клієнтів. Генерування часу приходу за експонентним законом.	
20 ADVANCE 5,0	Знайомство з перукарнею на інтервалі часу 0–5 хв
30 QUEUE OCH	Стати в чергу.
40 SEIZE MAS	Звернення до майстра. Зайняття пристрою MAS, якщо він вільний
50 DEPART OCH	Вихід із черги
60 TRANSFER .75,, prom	Вибір з імовірністю 0,75 другого виду робіт
70 ADVANCE 20,0	Виконання першого виду робіт, часовий інтервал 0–20 хв
80 RELEASE MAS	Вивільнення пристрою (майстра) MAS
90 TERMINATE	Ліквідація транзакта
100 PROM ADVANCE 30,0	Виконання другого виду робіт, часовий інтервал 0–30 хв
110 RELEASE MAS	Вивільнення пристрою (майстра) MAS
120 TERMINATE	Ліквідація транзакта
130 GENERATE 480	Час роботи перукарні, хв
140 TERMINATE 1	Закриття перукарні
START 1	Старт програми

Після запуску програми на виконання отримуємо такий результат:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	14	1	0

NAME	VALUE
KASS	10001.000
OCH	10000.000
PROM	10.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
GENERATE	15		0	0	
: ADVANCE	15		0	0	
: QUEUE	15		0	0	
: SEIZE	15		0	0	
: DEPART	15		0	0	

	6	TRANSFER	15	0	0
	7	ADVANCE	3	0	0
	8	RELEASE	3	0	0
	9	TERMINATE	3	0	0
PROM	10	ADVANCE	12	1	0
	11	RELEASE	11	0	0
	12	TERMINATE	11	0	0
	13	GENERATE	1	0	0
	14	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY	KASS
15	0.821	26.257	1	16	0	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.	CONT.	AVE.	TIME	AVE. (-0)	RETRY
OCH	3	0	15	4	0.781	25.003	34.095	0		

У наведеному прикладі для моделювання декількох видів робіт застосовують TRANSFER.

2.4.3. Лабораторна робота 4

Потрібно побудувати імітаційну модель роботи перукарні за таких параметрів роботи. До обслуговуючої організації приходять клієнти за експонентним законом у середньому 2 людини за годину (математичне очікування – 30 хв). Обслуговування клієнтів здійснюють чотири майстри. Час обслуговування клієнта – дискретний і становить від 14 до 19 хв. Клієнт відмовляється від обслуговування, якщо в черзі більше двох осіб.

Слід побудувати імітаційну модель за часом її роботи 480 хв і визначити статистичні характеристики системи. Код програми має такий вигляд:

10	KRES STORAGE	4
20	GENERATETUT	
30	TESTL	Q1,3,OTKAZ
40	QUEUE	1
50	ENTER	KRES
60	DEPART	1
70	ADVANCE	19,5
80	LEAVE	KRES
90	TERMINATE	
100	OTKAZ TERMINATE	
110	GENERATE	480
120	TERMiNATE	1
START	1	

Наведена програма відрізняється від попередніх тим, що:

– використовується об'єкт пам'ять KRES, яку описує карта STORAGE. Карта не є об'єктом, оскільки транзакти в неї не входять. Карта просто описує об'єкти. У даному прикладі в пам'яті є 4 майстри з обслуговування клієнтів;

– використовується блок ENTER, в якому перевіряється, чи достатньо місця для входження транзакта в пам'ять KRES;

– використовується блок LEAVE, в якому звільняється місце пам'яті KRES;

– використовується блок TEST, в якому перевіряється умова відмови від обслуговування. При цьому символом L позначається умова менше, символом Q1 позначається поточна довжина черги номер 1, цифра 3 позначає критичну довжину черги, символ ОТКАЗ призначений для видалення транзакта із системи.

Після запуску програми на виконання отримуємо такий результат.

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	11	0	1

NAME	VALUE
KRES	10000.000
ОТКАЗ	9.000

LABEL	LOC BLOCK	TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	18	0	0
	2	TEST	18	0	0
	3	QUEUE	18	0	0
	4	ENTER	18	0	0
	5	DEPART	18	0	0
	6	ADVANCE	18	0	0
	7	LEAVE	18	0	0
	8	TERMINATE	18	0	0
ОТКАЗ	9	TERMINATE	0	0	0
	10	GENERATE	1	0	0
	11	TERMINATE	1	0	0

QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY (0) AVE.CONT. AVE.TIME AVE. (-0) RETRY 1

1 0 18 18 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

KRES 4 40 3 18 1 0.720 0.180 0 0

2.4.4. Лабораторная работа 5

У супермаркеті є M кас. Відвідувачі займають чергу до каси. Як правило, черги до різних кас приблизно однакові. Було помічено, що у разі довжини черги понад N покупець залишає супермаркет без покупки. Час приходу покупців і час їх обслуговування має експоненціальну залежність. Середній час приходу одного покупця – T , середній час обслуговування одного покупця – Z . Для залучення покупців перед супермаркетом будується парковка на X машин. Протягом доби супермаркет працює S годин.

Відповідно до варіанта завдання слід побудувати імітаційну модель роботи супермаркету і визначити статистичні характеристики системи згідно з вихідними даними, наведеними в табл. 2.4.1.

Таблиця 2.4.1

№ завдання	M – кількість кас, шт.	N – довжина черги, чол.	T – час приходу покупця, хв	Z – час обслуговування покупця, хв	X – місьць на парковці, шт.	S – час роботи супермаркету, хв
1	3	5	20	10	4	480
2	6	7	25	15	7	960
3	5	10	16	26	40	580
4	7	12	18	8	25	60
5	6	15	21	31	45	180
6	1	2	16	5	28	250
7	2	3	17	15	12	240
8	3	7	21	9	13	300
9	4	2	10	6	5	960
10	5	11	11	7	6	120
11	1	24	14	10	9	720
12	3	4	20	13.	10	660
13	5	2	22	15	12	580
14	8	7	27	20	17	120
15	3	7	21	9	13	300
16	4	2	10	6	8	960
17	5	9	11	7	6	120
18	1	6	14	10	5	720
19	3	4	20	13.	10	660
20	5	7	23	14	3	580
21	8	5	20	10	16	280
22	3	4	20	17	10	460
23	5	2	22	15	10	680
24	8	7	27	20	17	720
25	3	7	21	9	13	700
26	4	2	10	6	8	260
27	5	9	11	7	6	320
28	10	6	14	10	5	620
29	3	4	20	15	10	860
30	5	7	23	14	3	980

РОЗДІЛ 3. ІМІТАЦІЙНА СИСТЕМА «НІКСДОРФ ДЕЛЬТА»

3.1. Опис системи «Ніксдорф Дельта»

Імітаційна система «Ніксдорф Дельта» – це по суті ділова комп'ютерна гра колективного типу, за допомогою якої можна набути і закріпити навички стратегічного керування підприємством в умовах ринкової конкуренції [7; 9; 10]. Гра з аналогом комп'ютерної навчальної системи LUDUS була розроблена фахівцями Німеччини й у 1990 р. отримала премію німецьких вишів у галузі програмного забезпечення. Мета практичних занять із використанням ділової гри «Ніксдорф Дельта» – розробка стратегії діяльності підприємства та її послідовна реалізація. У ході гри учасники активно користуються знаннями, отриманими у процесі вивчення економічних дисциплін: маркетинг, менеджмент, організація і керування виробництвом, фінансовий аналіз та ін.

У грі одночасно беруть участь 2–6 команд, кожна з яких здійснює управління окремим підприємством. Команда складається з 2–5 учасників, які разом розробляють маркетингову стратегію і ухвалюють спільні рішення щодо керування виробництвом.

Гра складається з періодів, один період планування і прийняття рішень становить три місяці (квартал). Час на ухвалення рішення в одному періоді гри визначає викладач, він зазвичай становить від 30–40 хв до 1,5 год. Після закінчення планування команди реєструють рішення, після чого з'являється новий хід і гра переходить на наступний етап. Управління грою, встановлення початкових параметрів та їх зміну здійснює викладач. Організація занять передбачає проведення не менше 8 періодів основного раунду гри і складання звіту про роботу із системою кожної команди-учасника. Учасники гри (команди) працюють на окремих робочих місцях (комп'ютерах), де встановлено Delta-Модуль Учасника ®. Зареєстровані рішення надходять на комп'ютер викладача Delta-Модуль Керівника ®). Залежно від технічної можливості реалізується мережна чи дискретна версія гри.

Вихідна ситуація гри визначається параметрами, що задаються в Модулі Керівника. У разі зміни параметрів гри викладачем варто звертати увагу на можливу зміну економічної ситуації, в якій діють підприємства. Перед початком гри всі зміни параметрів мають бути оголошені учасникам (табл. 3.1.1).

Таблиця 3.1.1

Кількість груп	1
Кількість підприємств-учасників	6
Кількість продуктів	2
Кількість ринків	3
Дозвіл на зменшення на одиницю числа	
Кількість продуктів	немає
Кількість ринків	немає

Нижче наведено параметри, потрібні для учасників гри, зразкова послідовність прийняття рішень, приклади розрахунків основних планових показників, короткий опис користувацького інтерфейсу модуля учасника NixdorfDelta ®.

3.2. Умови діяльності підприємств

Комп'ютерна імітаційна модель у системі «Ніксдорф Дельта» відображає обмежену кількість структурних елементів і зовнішніх зв'язків реального підприємства, уможливлючи, проте, досить повне відтворення основних процесів керування підприємством, а також зовнішніх умов, у яких підприємство здійснює свою діяльність [2; 16].

Підприємство в діловій грі «Ніксдорф Дельта» являє собою складну систему, що взаємодіє з іншими підприємствами і державними інститутами. Зовнішні зв'язки підприємства зображено на рис. 3.2.1.

Кожне підприємство в системі «Ніксдорф Дельта» виробляє продукцію від одного до трьох найменувань. Для виробництва продукції керівництву підприємства (команда учасників з 2–5 чол.) потрібно прийняти рішення щодо закупівлі сировини, устаткування, наймання

персоналу, відтак оптимізувати виробничий процес. Фінансування діяльності підприємства здійснюється в ході гри за рахунок залучених довгострокових кредитів або власних коштів. Для успішної реалізації продукції слід попередньо вивчити ринкову ситуацію, провести рекламні та інші заходи, які б стимулювали збут. Прибуток, отриманий підприємством, можна інвестувати у власне виробництво чи в цінні папери (державні цінні папери або акції інших підприємств). Усі рішення, прийняті в ході гри учасниками, мають сприяти одержанню найбільшого прибутку і забезпеченню стабільного функціонування підприємства протягом тривалого часу (2–5 р.) залежно від довготривалості гри.

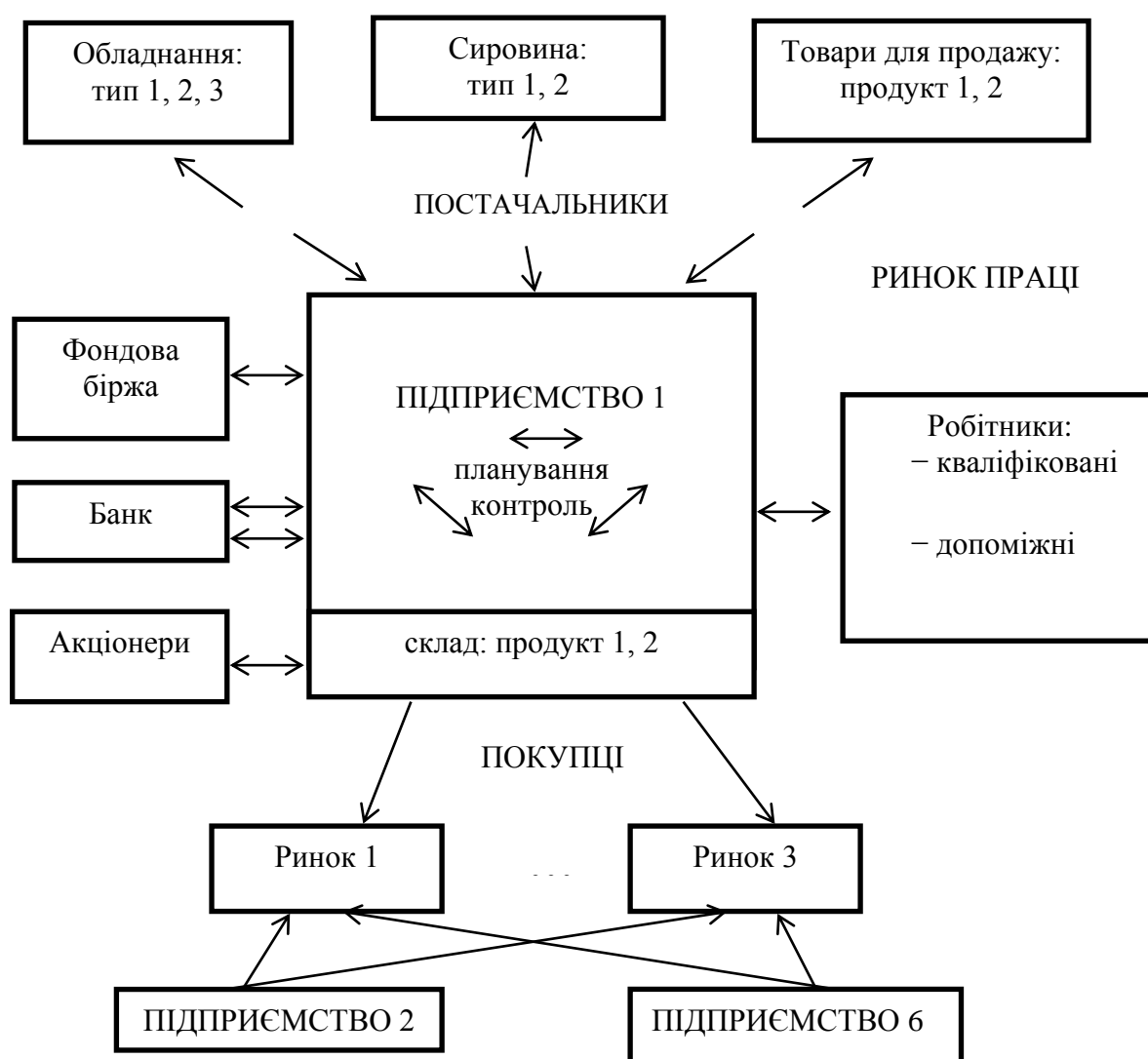


Рис. 3.2.1. Зовнішні зв'язки підприємства в діловій грі «Ніксдорф Дельта»

У вихідній ситуації гри (період 0) усі підприємства мають однакові умови. Аналіз вихідної ситуації становить необхідну частину планування діяльності підприємства на тривалий термін. Управлінські рішення, прийняті керівництвом на кожному етапі діяльності підприємства, ґрунтуються як на даних про зовнішнє середовище (про стан ринку, про конкурентів, постачальників тощо), так і на відомостях про внутрішні можливості підприємства (виробничі, фінансові, трудові ресурси). Інформацію про результати своєї діяльності учасники гри одержують із щоквартальної звітності підприємства.

3.3. Характеристика ринкової ситуації

Підприємства, що конкурують у діловій грі «Ніксдорф Дельта», функціонують в умовах олігополії, коли пропозиція на ринку визначається діями певних рівноправних продавців (від 2 до 6 – за умовами гри), попит же формується дрібними потенційними покупцями. У подібній ситуації маневри будь-якого конкурента відразу відчують усі інші продавці. Для своєї успішної діяльності підприємства мають ураховувати дії конкурентів, особливості кожного ринку і продукту, а також визначати власну маркетингову стратегію.

Конкуренти в умовах олігополії намагаються уникати цінових війн, що, зрештою, дорого коштує і не є ефективним. Вони намагаються певним чином виокремити свою продукцію за рахунок товарної марки, якості, умов постачання, рівня сервісу тощо. Маркетингова діяльність підприємств відіграє в даному випадку визначну роль, оскільки від її успіху суттєво залежить результат діяльності підприємства в цілому.

Важлива умова організації діяльності підприємств у діловій грі «Ніксдорф Дельта» полягає в тому, що підприємства-конкуренти не повинні укладати картельних угод, обмінюватися даними про прийняті оперативні рішення чи отримані результати. Така умова забезпечує рівні для всіх підприємств можливості реалізації власних маркетингових стратегій і

максимально наближає гру до реальної ситуації олігополістичної конкуренції. Для аналізу ринкової ситуації керівництво підприємства послуговується спеціальними звітами, зміст яких розглянемо далі.

3.4. Характеристика ринків збуту і продуктів

В обраному варіанті гри кожне підприємство діє на трьох ринках, випускаючи або продаючи продукцію двох найменувань. Ринок 1 (P1) може бути інтерпретований як внутрішній ринок країни, Ринок 2 (P2) – ближнє зарубіжжя (наприклад, Республіка Біларусь, Казахстан), Ринок 3 (P3) – далеке зарубіжжя. Ця інтерпретація умовна й визначена відповідно до вихідних параметрів гри. У ході гри керівництво підприємства може визначати найбільш привабливі, на його погляд, ринки й будувати маркетингову стратегію з урахуванням своїх переваг. Слід, однак, зазначити, що особливості кожного ринку в системі «Ніксдорф Дельта» визначаються встановленими (і змінюваними в ході гри викладачем) параметрами. З огляду на це будь-які переваги учасників гри, що спираються лише на їхній життєвий досвід чи суб'єктивні бачення, можуть виявитися неспроможними. Учасники гри мають якомога повніше використовувати надану викладачем інформацію, а також уважно спостерігати за реакцією на маркетингові заходи, оцінювати перспективи кожного ринку за фактичною зміною загальних обсягів збуту. Потрібну інформацію можна одержати зі звітів про дослідження ринку, наявну у вільному продажу.

Крім того, незалежно від обраної стратегії та результатів її реалізації, підприємство в ході гри не може цілком залишати ринок, оскільки це може спричинити не передбачувану умовами гри зміну ринкової ситуації для інших підприємств-конкурентів. Однак воно може прагнути до переважного збільшення збуту на одному з ринків, за сприятливих для цього умов.

Продукти, які кожне підприємство виробляє і пропонує покупцям, характеризуються на початку гри визначеним етапом свого життєвого циклу: мають визначені обсяги збуту (однакові на початку гри для всіх підприємств) і перспективу до його збільшення.

Життєвий цикл товару – процес розвитку обсягів продажів і одержання прибутків, що складається з чотирьох етапів (стадій):

- виведення товару на ринок;
- зростання життєвого циклу;
- зрілість життєвого циклу;
- спад життєвого циклу .

Зважаючи на необхідність для кожного продукту певного етапу розроблення, впровадження у виробництво і підготовки до масового випуску, є можливість виокремити його окрему стадію. Поняття життєвого циклу застосовується для опису як цілого товарного класу, так і окремих різновидів товару. Стадія життєвого циклу товару визначає, як правило, комплекс маркетингових заходів, до яких вдається керівництво підприємства. Спостереження за розвитком життєвого циклу продукту на ринку дозволяє прогнозувати обсяги збуту, а отже, необхідні обсяги виробництва кожного продукту.

За умовами гри підприємство не може припинити продаж одного із продуктів, навіть якщо він збитковий. Тому керівництво підприємства має визначати свою цінову політику з урахуванням, як мінімум, покриття втрат від виробництва і реалізації кожного з продуктів.

Продукт 1 (П1) – перебуває в стадії зрілості свого життєвого циклу, добре відомий на ринку, якість продукту на початку гри характеризується споживачами як висока.

Продукт 2 (П2) – перебуває в стадії зростання життєвого циклу, попит на нього ще не досяг максимуму, якість, за оцінкою споживачів, задовільна.

Просування продуктів по кривій життєвого циклу протягом гри не повинно допускати істотного зниження загальних обсягів збуту, оскільки в цьому випадку підприємства мали б замінити продукти, що йдуть із ринку, новими, а це неможливо за умовами гри.

3.5. Основні види та умови діяльності підприємства

Послідовність прийняття рішень учасниками гри визначають послідовністю завдань, що стоять перед керівництвом підприємства. Установлення цін на продукцію відповідно до реальних витрат і ситуації на ринку забезпечує необхідний обсяг обороту. Маркетингові заходи, проведені в кожному періоді гри, сприяють збільшенню збуту продукції. Підсистема «Виробництво» дозволяє вибрати оптимальну виробничу програму: обсяг виробництва й відповідні йому обсяги закупівель сировини, устаткування, крім того, наймання чи звільнення персоналу. Випуск достатньої кількості продукції шляхом мінімальних витрат залежить від завдання учасників гри. Для фінансування маркетингових і виробничих витрат можуть залучатися кредити. Отриманий підприємством прибуток розподіляється між акціонерами (виплата дивідендів) чи накопичується на рахунку підприємства.

Означені види діяльності підприємства в системі «Ніксдорф Дельта», як на реальному підприємстві, не можна розглядати ізольовано один від одного. Для успішного керування підприємством в умовах ринкової конкуренції та досягнення основної мети – одержання прибутку – слід ретельно планувати кожен етап діяльності, зважаючи на можливі наслідки прийнятих рішень у наступних періодах гри.

Довгострокове планування діяльності підприємства в діловій грі «Ніксдорф Дельта» досить складне. Кожне з підприємств прагне вплинути на розвиток ринку, результатом є постійна зміна ринкової ситуації, що залежить від рішень усіх підприємств-учасників, а отже, практично не прогнозується. Стійке становище окремого підприємства на ринку досягається лише за умови реалізації визначеної стратегії, що враховує як довгострокові цілі керівництва, так і стан оточення підприємства, що змінюється з кожним періодом гри. Тому говоримо про стратегічне планування – розробку програми дій, коли в короткостроковому плані успіх визначається лише фінансовою збалансованістю окремих рішень, а

виживання, розвиток підприємства залежать від своєчасної реакції на ринкові зміни, прогнозування розвитку ринку і підготовки рішень, здатних забезпечити позитивний результат у майбутньому.

Рішення кожного окремого періоду впливають на розвиток ринкової ситуації в кожному наступному періоді. Тому для досягнення успішного результату важливо грамотно застосовувати всі наявні інструменти, починаючи з першого періоду гри.

Таблиця 3.5.1

Складники	Мета	Рішення, що визначають досягнення мети
МАРКЕТИНГ	Забезпечення збуту й обороту. Максимізація валового прибутку	<ul style="list-style-type: none"> • Установлення цін. • Визначення витрат на рекламу, сервіс і дослідження
ВИРОБНИЦТВО	Мінімізація виробничих витрат. Максимізація виробничого результату	<ul style="list-style-type: none"> • Визначення обсягів виробництва. • Визначення обсягів закупівлі готової продукції для збереження частки ринку за зниження обсягів виробництва. • Закупівля сировини. • Придбання і утилізація устаткування. • Наймання і звільнення робітників. • Визначення витрат на соціальне забезпечення. • Визначення витрат на транспортування продукції та вилучення з ринків
ФІНАНСИ	Забезпечення фінансування підприємства. Максимізація доходів і зниження витрат від фінансової діяльності підприємства	<ul style="list-style-type: none"> • Визначення витрат на дослідження ринку (закупівля звітів). • Заходи раціоналізації для зниження витрат на керування. • Визначення власної платіжної поведінки. • Визначення обсягів короткострокового і довгострокового фінансування. • Фінансові інвестиції. • Виплата дивідендів

Кожна з підсистем у діловій грі «Ніксдорф Дельта» має свої інструменти, показники діяльності підприємства та їх обмежень, які необхідно враховувати в разі як прийняття оперативних рішень, так і вибору стратегії розвитку підприємства в довгостроковому плані.

3.5.1. Маркетинг

Для досягнення основної мети маркетингової діяльності – збільшення збуту продукції – керівництво підприємства має у своєму розпорядженні такі інструменти: ціна, реклама, сервіс, дослідження.

Ціни на продукцію встановлює кожне підприємство відповідно до обраної маркетингової стратегії на кожному ринку і за кожним продуктом окремо. Абсолютні межі цін встановлено в широких діапазонах (табл. 3.5.2). Розширення абсолютних меж цін у ході гри недоцільно, крім випадків, коли у навчальному завданні запропоновано простежити наслідок неконтрольованого підвищення споживчих цін.

Таблиця 3.5.2

Межа ціни за одиницю на всіх ринках збуту	Продукт 1 (грн)	Продукт 2 (грн)
Мінімум	2,00	7,50
Максимум	7,49	24,99

Зміна цін на продукцію всіма підприємствами впливає на зміну індексу споживчих цін (індекс цін за Пааше), що спричиняє, своєю чергою, зміну всіх цін на виробничі ресурси. Таким чином, у діловій грі «Ніксдорф Дельта» відображено інфляційні процеси.

Оптимізація прибутку потребує від керівництва підприємства усвідомлення взаємозв'язку між рівнем маркетингових витрат і можливим збільшенням обсягів збуту продукції. Прогноз імовірної зміни обсягів збуту залежно від витрат на один чи кілька інструментів маркетингу

можна ілюструвати за допомогою *функції реакції збуту* [2]. Чим більше підприємство витрачає на маркетинг у межах визначеного відрізка часу (наприклад, одного періоду), тим вищий імовірний обсяг збуту. Однак перевищення деякої межі маркетингових витрат не забезпечує пропорційного збільшення обсягу збуту. Настає так званий ефект насичення, коли ринок не реагує на маркетингові зусилля.

У діловій грі «Ніксдорф Дельта» передбачено, що збільшення витрат на інструменти маркетингу, які перевищують деяку величину X , що розраховується у відсотках від їх обороту за минулий період, буде неефективне, тому що не забезпечить подальшого збільшення збуту продукції.

Обсяг максимальних ефективних витрат X (у відсотках обороту за минулий період) визначається для кожного інструменту маркетингу (реклами, сервісу, досліджень) окремо.

Реклама – це передусім інформація про товари, різноманітні види послуг тощо, покликана стимулювати попит на ці товари, послуги. Завдяки рекламі більш ефективно діють інші інструменти маркетингу.

Рішення про обсяг витрат на рекламу приймаються щодо кожного продукту на кожному ринку збуту окремо. Основний ефект від витрат на рекламу досягається в поточному періоді, коефіцієнт якого дорівнює 0,6 від загальних витрат на рекламу. В наступному періоді дія реклами, що стимулює збут, продовжується, коефіцієнт становить 0,4. Це так званий тимчасовий вплив маркетингу, що зумовлює збільшення обсягу збуту не тільки в поточному періоді, але й у наступному. Аналогічний вплив витрат позначається також і на інших інструментах маркетингу.

Наприклад, витративши в поточному періоді 1 млн грн на рекламу, ми одержимо в цьому ж періоді ефект у вигляді збільшення обсягу збуту тільки від 0,6 млн грн, а в наступному періоді – ще від 0,4 млн грн. Якщо ми в наступному періоді витратимо ще 2 млн грн на рекламу, то одержимо ефект від $0,4 + 2 * 0,6 = 1,6$ млн грн.

Обсяг витрат на рекламу визначається залежно від грошового обороту попереднього періоду за кожним ринком і продуктом окремо. Передбачається, що витрати на рекламу, що перевищують 9 % від грошового обороту попереднього періоду, неефективні. Мінімум витрат на рекламу дорівнює 0, тобто наявна допустимість взагалі не рекламувати продукцію.

Наприклад, витративши на рекламу на даному ринку й за даним продуктом у минулому періоді 2,0 млн грн й одержавши оборот 20 млн грн, ми в поточному періоді маємо залишковий вплив витрат минулого періоду $2 * 0,4 = 0,8$ млн грн, водночас максимальні ефективні витрати можуть становити $20 - 9 \% = 1,8$ млн грн. Ми можемо ефективно витратити в цьому періоді $1,8 - 0,8 = 1$ млн грн, що, однак, з урахуванням коефіцієнта тимчасового впливу, становитимуть лише 0,6 від загальних витрат поточного періоду. Розділивши 1 на 0,6, одержимо 1,67 млн грн – суму, яку можна витратити на рекламу в даному періоді без застережень перевищити максимум ефективних витрат.

Організація *сервісу* припускає передпродажну підготовку й післяпродажне обслуговування продукції, створення мережі фірмових магазинів, торгових представництв підприємства на окремих ринках, а також гарантійних ремонтних майстерень. Витрати на сервіс розраховують за кожним ринком окремо, незалежно від продукції.

Тимчасовий вплив сервісу припускає віддачу в поточному періоді 0,5 від витрат на сервіс і в наступному періоді – 0,6 від суми, витраченої в поточному періоді. Варто звернути увагу, що коефіцієнт тимчасового впливу вказує не на поділ поточних витрат на два періоди, а лише на ступінь їх впливу на збільшення збуту. На відміну від реклами, витрати на сервіс є більш довгостроковими. Витрати на сервіс не мають бути меншими 1 млн грн за кожним ринком, тому що підприємство зобов'язане бодай мінімальним обсягом робити послуги своїм клієнтам, максимальні ж витрати не повинні перевищувати 10 % від грошового обороту за даним ринком щодо всієї продукції, оскільки великі витрати були б неефективні.

Планування досліджень і впровадження «ноу-хау» включає проведення наукових досліджень щодо вдосконалення устаткування, матеріалів і технологічних процесів, контроль технологічних процесів, розробку нових видів продукції та маркетингових досліджень. Продукцію високої якості можна реалізувати за вищою ціною, що не відобразиться на обсягах збуту. Витрати на дослідження сприяють зниженню витрат виробництва внаслідок підвищення продуктивності, освоєння нових виробничих процесів.

Наукові дослідження – один з найбільш важливих елементів сучасного маркетингу, причому його дія позначається протягом тривалого часу. Часовий коефіцієнт досліджень у діловій грі «Ніксдорф Дельта» встановлений у 0,4 для поточного періоду (вплив відразу) і 0,8 для наступного (вплив пізніше). Слід також зазначити, що вплив витрат на дослідження оцінки якості продукції споживачем залежить від витрат підприємств-конкурентів. Зі збільшенням загальних у галузі витрат на дослідження вимоги споживача до якості продукції будуть підвищуватися. Мінімальні витрати на дослідження з кожного продукту не повинні бути менше 1 млн грн. Максимальні ж витрати залежать від ступеня розвитку життєвого циклу продукту. Продукт 1, добре відомий споживачу, допускає максимальні витрати на дослідження в обсязі 10 % від грошового обороту попереднього періоду на всіх ринках. Продукт 2 перебуває в стадії впровадження на ринок, і тому він вимагає великих витрат на дослідження: до 15 % від грошового обороту попереднього періоду. Перевищення максимальних ефективних витрат, як і у випадку з рекламою та сервісом, не стимулює збут продукції, призводить до зниження валового прибутку після витрат на маркетинг.

3.5.2. Виробництво

Виробнича програма встановлюється керівництвом підприємства з урахуванням планового збуту продукції, складських залишків готової продукції та повинна відповідати наявним виробничим ресурсам. Межі обсягів виробництва (табл. 3.5.3) визначаються виробничими площами й іншими факторами, що стримують розширення підприємства.

Зниження виробничих витрат – один зі способів досягнення конкурентної переваги. Зниження витрат можна забезпечити декількома шляхами, зокрема нагромадженням досвіду виробництва продукції. *Закон досвіду* – статистично підтвержене явище, термін «досвід» має тут конкретне значення: загальна кількість виготовлених одиниць товару [1].

Таблиця 3.5.3

Найменування продукту	Заплановане виробництво, тис. шт.	
	Мінімум	Максимум
Продукт 1	0,0	99,999
Продукт 2	0,0	9,999

Досвід зростає як у випадку застою, так і за спаду виробництва. Сам по собі він не забезпечує зниження витрат, він лише створює можливості для їх зниження. Завдання керівництва підприємства – не знехтувати ці можливості, ефективно використовуючи устаткування, сировинні й трудові ресурси, підвищуючи якість продукції. У діловій грі «Ніксдорф Дельта» застосовують криву досвіду в процесі виробництва складних виробів. Зі збільшенням обсягу випущеної продукції зменшуються витрати на одиницю продукції, що виявляється у зростанні продуктивності праці, підвищенні коефіцієнтів продуктивності устаткування, зниженні коефіцієнтів споживання сировини. Ці зміни відображають у виробничому звіті.

Поряд із власним виробництвом підприємство може *закуповувати готову продукцію*. Передбачається, що куплений товар має таку ж якість, що й власна продукція, реалізується на тих же умовах. Закупівлю готової продукції проводять комерційні агенти підприємства в інших фірм (не в конкурентів), за межами ринків, де підприємство реалізує свою продукцію. В умовах зниження обсягів виробництва закупівля готової продукції може стати чи не єдиною умовою забезпечення обсягів збуту й збереження частки ринку.

Постачання закупленої продукції на склад здійснюють у наступному періоді після замовлення. Отже, імовірно зниження обсягів виробництва й потребу в закупівлі готової продукції слід планувати заздалегідь. Закуповуючи велику партію готової продукції, підприємство одержує знижки з базисної ціни (сконто постачальника) (табл. 3.5.4).

Таблиця 3.5.4

Найменування продукту	Обсяг партії, млн/од.	Базисна ціна, грн/од.	Знижки, %
Продукт 1	0,000–1,999	3,00	0,0
	2,000–3,999		5,0
	4,000–5,999		10,0
	6,000–8,000		20,0
Продукт 2	0,000–0,499	10,00	0,0
	0,500–0,999		5,0
	1,000–1,499		10,0
	1,500–2,000		15,0

Для виробництва кожного виду продукції потрібна *сировина* двох типів, а також допоміжні матеріали. Сировина витрачається в різних обсягах на одиницю продукції кожного виду (табл. 3.5.5).

Таблиця 3.5.5

Тип сировини	Для виробництва одиниці продукту, од.	
	Продукт 1	Продукт 2
Тип 1	1	3
Тип 2	7	5

Витрату допоміжних матеріалів на одиницю продукції кожного виду (у вартісному вираженні) відображено в табл. 3.5.6.

Таблиця 3.5.6

Продукт 1	0,5 грн/од.
Продукт 2	1 грн/од.

Коефіцієнти споживання сировини в наступних періодах будуть змінюватися під впливом кривої досвіду. Сировина надходить на склад трьома однаковими партіями протягом періоду, в якому була зроблена закупівля. Мінімальна партія закупної сировини кожного типу становить 1 млн од. У разі закупівлі сировини в більших розмірах передбачено систему знижок.

Таблиця 3.5.7

Тип сировини	Обсяг закупівлі, млн/од.	Базисна ціна, грн/од.	Знижки, %
Тип 1	1–9	1,00	0,0
	10–29		10,0
	30–49		15,0
	50–69		20,0
	Більше 69		30,0
Тип 2	1–99	0,15	0,0
	100–199		5,0
	200–299		10,0
	300–399		15,0
	Понад 399		25,0

Якщо наявної на *складі сировини* виявиться недостатньо для забезпечення потреб виробництва в поточному періоді, то відсутню кількість компенсують за рахунок спеціального термінового замовлення, ціна якого вища базисної на 40 %.

Сировину можна закуповувати на кілька періодів наперед, при цьому варто враховувати обмеженість складських приміщень. Склад підприємства вміщує 200 млн об'ємних одиниць. Для складування одиниці першого типу сировини потрібно 2 об'ємні одиниці, а другого – одна об'ємна одиниця. У міру необхідності орендуються додаткові складські приміщення по 20 млн об'ємних одиниць кожне з орендною вартістю 0,1 млн грн за одне приміщення.

Витрати на *транспортування* визначаються відповідно до планованих обсягів збуту продукції на ринках. Можливий непередбачений перерозподіл уже відправленої на Ринок 2 чи 3 продукції між іншими ринками. Якщо з якої-небудь причини обсяг збуту на даному ринку перевищить обсяг відвантаженої продукції, підприємство може втратити частку ринку, а конкуренти одержать додаткові можливості для збуту.

Витрати на транспортування розраховують відповідно до транспортних тарифів.

Таблиця 3.5.8

Найменування продукту	Транспортні витрати на перевезення продукції зі складу фабрики, грн/од.	
	на Ринок 2	на Ринок 3
Продукт 1	0,15	0,25
Продукт 2	0,75	1.25

Наявне устаткування трьох видів з різними виробничими потужностями. Для кожного виду устаткування характерна максимальна потужність, якої *устаткування* досягає за повного завантаження (коефіцієнт експлуатаційної потужності 100 %). Кожен верстат одного виду має таку максимальну потужність в умовних одиницях:

- верстат виду 1:3,0 млн од. потужності;
- верстат виду 2:1,0 млн од. потужності;
- верстат виду 3:0,3 млн од. потужності.

Для виробництва однієї одиниці кожного виду продукції потрібні всі три види устаткування. Кількість одиниць потужності кожного виду устаткування, затрачених на виготовлення одного виробу, відображають коефіцієнти продуктивності устаткування. У вихідній ситуації гри встановлені коефіцієнти продуктивності (табл. 3.5.9).

Таблиця 3.5.9

Найменування продукту	Коефіцієнт продуктивності за групами устаткування		
	Вид 1	Вид 2	Вид 3
Продукт 1	0,50	0,2	0,025
Продукт 2	2,00	0,50	0,10

Для наступних періодів значення коефіцієнтів продуктивності устаткування змінюються за рахунок удосконалення технології виробництва.

Витрати на експлуатацію устаткування визначають відповідно до ступеня його завантаження. Водночас витрати на експлуатацію є часткою від загального зносу (амортизації) устаткування. Чим довше працює верстат, тим більші витрати на його обслуговування (інструмент, енергоресурси) і підтримку його в технічно належному стані. Величину витрат на експлуатацію устаткування розраховують у відсотках від загальної амортизації, вона становить від 30 до 50.

Кожен новий верстат можна експлуатувати протягом 20 періодів. Амортизацію нараховують лінійно, протягом 20 періодів від часу постачання. Після закінчення технічного терміну вартість закупного устаткування в періоді 0 становить:

- вид 1:8,0 млн грн;
- вид 2:7,0 млн грн;
- вид 3:9,0 млн грн.

Оплату проводять у період постачання верстатів, тобто в наступному після замовлення періоді. У разі закупівлі двох і більше верстатів одного виду передбачено знижку в розмірі:

$C_n = (n-1) 5\%$ від вартості покупки, де n – кількість закуплених верстатів.

Крім того, устаткування можна утилізувати (продавати) до закінчення технічного терміну експлуатації за 75 % від його залишкової балансової вартості, за винятком витрат на демонтаж. За один період можна утилізувати тільки один верстат кожного виду, при цьому обов'язково зазначаючи його порядковий номер.

Наймання і звільнення персоналу. Кваліфіковані й допоміжні робітники складають виробничі бригади, кожна з яких за зміну виготовляє різну кількість Продукту 1 і Продукту 2 (табл. 3.5.10).

Таблиця 3.5.10

Найменування продукту	Склад бригади		Продуктивність бригади за період, тис. од.
	Кваліфіковані	Допоміжні	
Продукт1	1	8	150
Продукт2	2	11	40

Продуктивність бригад підвищується в міру нагромадження досвіду, при цьому її склад не змінюється.

Потрібну кількість робітників розраховують відповідно до плану виробництва, в разі браку робочої сили робітників можна наймати або залучати тимчасових робітників. Додатково наймані кваліфіковані робітники не мають потреби в професійній адаптації, тому відразу включаються в робочий процес. Продуктивність зарахованих на роботу допоміжних робітників у першому періоді їхньої діяльності становить

лише 50 % від нормативної, оскільки вони проходять стажування на новому робочому місці, одержуючи при цьому заробітну плату в повному обсязі (фактор утворення). Працю тимчасових робітників оплачують у подвійному розмірі. У разі надлишкової робочої сили через скорочення виробничого плану персонал можна звільняти, але кількість звільнених не повинна перевищувати 20 робітників кожної категорії в період. Надлишковий персонал не працює, але одержує зарплату в повному обсязі.

Під час наймання і звільнення робітників підприємство робить витрати у вигляді грошової допомоги (компенсацій), виплачуваної кожному працівнику, що звільняється, а також витрати, пов'язані з рекламною кампанією та організацією нових робочих місць. Працівники, що залишають підприємство за власним бажанням (плинність кадрів), грошову допомогу не отримують. Витрати з оплати праці, наймання і звільнення персоналу наведено в табл. 3.5.11.

Таблиця 3.5.11

Робітники	Акордна зарплата (брутто), тис. грн	Витрати з найму, тис. грн	Компенсація у разі звільнення, тис. грн
Кваліфіковані	6050	4.500	7,500
Допоміжні	4.000	3.000	6,000

Раз на рік (періоди 3, 7) персонал має право на відпустку терміном один місяць (1/3 періоду) з виплатою відпускних. У ці періоди відчутний брак робочої сили, що призводить до зниження виробництва на третину або виконання виробничої програми за рахунок тимчасових працівників.

Витрати на *соціальне забезпечення (соціальне страхування)* сприяють поліпшенню умов праці й відпочинку на виробництві. Збільшення інвестицій на соціальне забезпечення зменшує плинність кадрів і захворюваність, а отже, потребу в найманні персоналу (табл. 3.5.12).

Таблиця 3.5.12

Ставка	Плинність кадрів/період, %		Захворюваність/період, %	
Міп 35	23	3,0	6,0	8,0
36	23	3,0	5,8	7,8
37	23	3,0	5,6	7,6
38	23	3,0	5,4	7,4
39	2,5	3,0	5,2	7,2
40	2,0	2,5	5,0	7,0
41	2,0	2,5	4,9	6,8
42	2,0	2,5	4,8	6,6
43	2,0	2,5	4,7	6,4
44	2,0	2,5	4,6	6,2
45	1,5	2,0	4,5	6,0
46	1,5	2,0	4,4	5,8
47	1,5	2,0	4,3	5,3
48	1,3	2,0	4,2	5,4
49	1,5	2,0	4,1	5,2
50	1,3	2,0	4,0	5,0
51	1,0	1,5	3,9	4,8
52	1,0	1,5	3,9	4,8
53	1,0	1,5	3,7	4,4
55	0,5	1,0	3,3	4,0
Мах 60	0,5	1,0	3,9	3,0

Мінімальні розміри витрат на соціальне забезпечення в діловій грі «Ніксдорф Дельта» становить 35 % від фонду заробітної плати, максимальні – 60 %. За правилами гри розмір відрахувань на соціальне забезпечення в кожному періоді може змінюватися максимально на 2 % порівняно з їх значенням у попередньому періоді.

3.5.3. Фінанси

Крім прийняття рішень у підсистемах «Маркетинг» і «Виробництво», необхідно здійснювати загальне керування підприємством. У діловій грі «Ніксдорф Дельта» таке керування здійснюється шляхом вивчення стану справ у галузі (дослідження ринку) і вдосконалення самої структури керування підприємством. Одночасно приймаються рішення щодо використання фінансових ресурсів, прогнозуються можливі результати діяльності підприємства.

Дослідження ринку

Керівництво підприємства може закупити необхідну для аналізу результатів діяльності конкурентів інформацію у фірм, що досліджують ринок. Інформація подана у звітах. Основний звіт містить відомості про ціни, якість продукції, прибуток, частки ринку й курси акцій підприємства та його конкурентів. Додаткові звіти 2 і 3 містять дані про середні в галузі витрати на маркетинг, збут та оборот підприємств-конкурентів за ринками і за продуктами.

Звіти закупаються у кожному періоді окремо. Вартість звітів враховується під час планування витрат за статтю «Інші виробничі витрати»:

- основний звіт: 0,05 млн грн;
- додатковий звіт 2: 0,25 млн грн;
- додатковий звіт 3: 0,5 млн грн.

Міра раціоналізації

Мета проведення раціоналізації – зниження витрат керування, що не мають постійної величини й залежать від обсягу та кількості персоналу:

- за обороту до 100 млн грн – 4 млн грн;
- за обороту від 100 до 125 млн грн – 5 млн грн;
- за обороту від 125 до 150 млн грн – 7 млн грн.,

плюс 1 млн грн на кожну зайняту у виробництві тисячу працівників. У будь-якому періоді гри можна застосовувати тільки один із двох видів

раціоналізації: вдосконалення оргструктури чи впровадження АСУ. Прийнята раціоналізація діє до кінця гри, тобто той самий її вид двічі застосовувати не рекомендується.

Удосконалення оргструктури

Заходи щодо вдосконалення організаційної структури підприємства дозволяють у кожному наступному періоді, включаючи плановий, знизити витрати керування на 2 % порівняно з їх величиною за старої організаційної структури. Витрати на проведення таких заходів становлять 0,25 млн грн, гроші виплачуються на початку планового періоду. Цей же вид раціоналізації передбачає надалі виконання розрахунку прибутку від реалізації окремих продуктів. Результати розрахунку відображаються у звітах підприємства.

Упровадження АСУ

Другий вид раціоналізації припускає впровадження системи автоматизованого керування, орендна плата за яке становить 0,65 млн грн у період. Система починає функціонувати через один період, необхідний для освоєння. За таких умов витрати керування в наступних періодах знизяться на 10 % порівняно з їх величиною без впровадження системи автоматизованого керування. До того ж застосування АСУ дає можливість переглянути графічні діаграми, що відображають динаміку змін основних показників діяльності підприємства. Вартість заходів раціоналізації враховується як «Інші виробничі витрати». Якщо в процесі гри два види раціоналізації впроваджуються послідовно, наприклад перший вид – у першому періоді, другий – у другому, то витрати керування в наступних періодах знизяться на $10\% + 2\% = 12\%$ порівняно з витратами підприємства без проведення раціоналізації.

Власна платіжна поведінка

Під час закупівлі сировини, матеріалів, готової продукції терміни їх постачання на склад підприємства й терміни надходження грошей на рахунок постачальників, як правило, не збігаються. Власна платіжна поведінка визначає терміни й умови платежу (табл. 3.5.13). Залежно від терміну й виду платежу підприємству надаються знижки – сконто постачальників. Розмір сконто визначається терміновістю перерахування грошей. У разі оплати векселем виникають додаткові витрати. Керівництво підприємства в «Ніксдорф Дельта» самостійно визначає свою платіжну поведінку в кожному періоді гри, попередньо проаналізувавши можливі варіанти.

Таблиця 3.5.13

Терміни платежу	Час виплати	Розмір знижки
Термін 1	30 днів	2,5 % від вартості сировини, матеріалів тощо, які постачають
Термін 2	60 днів	1,2 %
Термін 3	90 днів	Сума нетто (0 % знижки)
Термін 4	Після закінчення 90 днів виставляють вексель на наступні 90 днів. Вексельні витрати мають місце через ставки відсотка розміром облікової ставки (6 % на рік) і комісії – 1,25 %	

Розподіл усієї суми платежів (100 %) за чотирма можливими термінами дозволяє оптимізувати виплати поточного періоду. Вибір терміну платежу залежить від обсягів і періодичності закупівлі сировини, товарів, установленої на них системи знижок. Варто враховувати також час постачання сировини й готової продукції.

Позикове фінансування

Для фінансування поточного періоду підприємство може залучати як короткострокові, так і довгострокові кредити. Величина процентних ставок у діловій грі «Ніксдорф Дельта» відповідає реальним ставкам у країнах з розвинутою ринковою інфраструктурою.

Усі види кредитів пов'язані з дисконтною ставкою (6 % річних) і ставкою банківського кредиту (7 % річних). Розмір цих ставок визначає держава, спираючись на які будь-який комерційний банк установлює всі свої процентні ставки.

Вибір виду й обсягу позикового фінансування – завдання керівництва підприємства.

Короткострокова кредитна лінія

Підприємство може замовляти короткострокову кредитну лінію в будь-якому розмірі. Погашення короткострокових кредитів здійснюють на початку наступного періоду. Відсотки за користування кредитною лінією виплачують на початку наступного періоду. Складниками витрат з виплати відсотків за користування наданою кредитною лінією є:

а) витрати з виплати відсотків за короткостроковий кредит у рамках кредитної лінії: 14 % на рік (3,5 % на квартал), що на 8 % вище дисконтної ставки;

б) комісійні за невикористану суму кредитної лінії: 1 %;

в) овердрафт – особлива форма надання банком короткотермінового кредиту, коли розмір платежу перевищує залишок коштів клієнта (підприємства). Надається в терміновому порядку під високі відсотки: 20 % річних (5 % на квартал), що перевищує дисконтну ставку на 14 %, у ставку звичайного короткострокового кредиту – на 6 %.

Довгострокові кредити

Основою для визначення розміру максимально можливої суми довгострокових кредитів є кредитний ліміт, що обчислюється за формулою:

*Кредитний ліміт = 2*власний капітал – Сума вже отриманих довгострокових кредитів + Сума достроково погашених довгострокових кредитів.*

Зазначена сума грошей надходить на рахунок підприємства на початку планового періоду.

Термін погашення довгострокового кредиту становить 20 періодів. У рахунок погашення довгострокового кредиту підприємство виплачує 1/20 від його суми наприкінці кожного періоду. Протягом гри кожне підприємство може замовити довгостроковий кредит максимум 6 разів з урахуванням того, що йому вже надано один кредит у розмірі 30 млн грн. За рішенням керівництва підприємство може достроково погасити всю суму боргу за одним з довгострокових кредитів, для цього слід зазначити його номер.

Перший кредит, що перебуває в розпорядженні підприємства у вихідній ситуації (період 0), було надано на умовах виплати 9 % річних (чи 2,25 % на квартал). Підприємство погасить його через 18 періодів після початку гри. Інші довгострокові кредити коштуватимуть підприємству 12 % на рік (3 % у квартал). Крім того, за надання довгострокового кредиту сплачується комісія 1,25 % від його суми.

3.6. Стратегічне керування підприємством

Незалежно від стратегії, якої дотримується підприємство, потрібно швидко адаптуватися до мінливих умов конкурентної боротьби, а також враховувати внутрішні умови, що змінилися (можуть виникати внаслідок помилок планування).

Ціни на продукцію в кожному періоді гри встановлюються щодо середньої в галузі ціни: високі, середні чи низькі. Витрати на рекламу, сервіс і дослідження визначають з урахуванням середнього рівня витрат усіх підприємств, обороту минулого періоду і тимчасового впливу інструментів маркетингу на збут. Вплив кожного інструмента маркетингу

на збут визначають відносно як високий (В), середній (С) чи низький (Н), якщо витрати на нього щодо середнього рівня витрат для всіх підприємств, що перебувають у межах, зазначених у табл. 3.6.1.

Таблиця 3.6.1

Рівень витрат	Частка витрат на маркетинг відносно середніх у галузі, %
Високий (В)	від +3 до +10
Середній(С)	від -2 до +2
Низький (Н)	від -15 до -3

Керівництво підприємства прагне до підвищення виробничого і фінансового результату, а однакова для всіх підприємств вихідна ситуація гри створює широкі можливості оптимізації виробничої діяльності. З урахуванням динаміки розвитку ринкової ситуації та ділової гри «Ніксдорф Дельта», а також основної мети – збільшення прибутку можна окреслити динамічні маркетингові стратегії та, відповідно, напрями виробничої та фінансової діяльності підприємства. Знання цих основних стратегій допоможе учасникам гри в опрацюванні власних довгострокових планів і визначенні перспектив розвитку підприємства.

Під час опрацювання власної маркетингової стратегії потрібно врахувати відомі характеристики ринків і продуктів, визначити перспективи їх розвитку. Послідовна реалізація стратегії припускає координацію всіх видів діяльності підприємства: маркетингової, робочої, фінансової.

Помилкові рішення щодо оперативного керування підприємством, прийняті без аналізу виробничих ресурсів, іноді спричиняють необхідність негайної зміни маркетингової стратегії. Наприклад, зменшення обсягів виробництва через брак устаткування змушує підприємство підвищувати ціни, що, своєю чергою, призводить до перерозподілу частки ринку. Неefективне використання позикових фінансових засобів не сприяє досягненню загальних високих показників діяльності підприємства.

Своєчасна реакція на ринкові зміни, відповідність якості продукції очікуванням споживача, скорочення виробничих витрат і грамотне керування фінансами – запорука стійкого стану підприємства серед конкурентів.

Недостатньо обґрунтовані рішення, відсутність послідовної реалізації стратегії на перших етапах роботи призводять до збільшення позикового фінансування: залучення великих обсягів короткострокових і довгострокових кредитів, одержання овердрафту.

За наявності у підприємства збитків керівник гри (викладач) може прийняти рішення про проведення санації, про що інформує керівництво підприємства перед початком нового періоду. Відтак потрібно проаналізувати причини збитків і визначити перспективи подальшого розвитку підприємства з урахуванням наявних виробничих ресурсів і становища на ринку.

У діловій грі «Ніксдорф Дельта» жодного підприємства не ліквідують навіть за наявності великих збитків. Ця умова необхідна, щоб не послабляти конкурентну боротьбу. Учасники гри мають відповідально ставитися до прийняття рішень у будь-якій ситуації. Прийняття свідомо неправильних і неможливих у реальному житті рішень неприпустимо.

3.7. Робота з модулем учасника гри

Діловою грою «Ніксдорф Дельта» керує операційна система WINDOWS XP чи WINDOWS 7. Залежно від технічних можливостей гра реалізується в мережному чи дискретному варіанті.

Мережна версія гри (WINDOWS 7)

1. Для запуску модуля учасника гри знайдіть на робочому столі WINDOWS 7 ярлик модуля учасника «Ніксдорф Дельта» чи відповідний ярлик у головному меню.

2. Запустіть модуль учасника. Натисніть кнопку *Відкрити гру*. У діалоговому вікні вкажіть робочий каталог гри.

3. Натисніть кнопку *Відкрити*.

4. Виберіть у списку підприємств – учасників гри свою фірму, зазначте пароль учасника гри і натисніть ENTER. (Назви фірм і паролі узгоджуються з викладачем перед початком гри).

Дискретна версія гри

У разі використання дискретної версії кожне підприємство-учасник одержує, наприклад, диск із записом вихідної ситуації гри.

Під час запуску модуля учасника відкривається робоче вікно *Діяльність*, що містить дані підприємства. Вікно *Діяльність* складається з трьох частин: *Маркетинг*, *Виробництво*, *Фінанси*. У цьому вікні розміщені рішення попереднього періоду, вони будуть змінені учасниками гри в процесі планування рішень поточного періоду.

Варто звернути увагу, що рішення щодо закупівлі готової продукції, устаткування, звітів про дослідження ринку, використання раціоналізації та витрати дивідендів приймаються тільки у вікні *Діяльність*. Усі інші рішення приймаються в ході планування результатів поточного періоду з використанням спеціальної функції *Допомога в плануванні*.

Вивчення особливостей діяльності підприємства в імітаційній моделі «Ніксдорф Дельта» і методики планування результатів передбачає проведення деяких модельних розрахунків самостійно, без залучення функції *Допомога в плануванні*. Обсяг і зміст таких завдань визначає викладач. Дані для виконання розрахунків містяться у звітах за Період 0.

3.8. Звітність підприємства

Готуючись до планування і прийняття рішень, слід проаналізувати стан справ і показники діяльності підприємства за минулий період. Аналіз звітів Періоду 0, крім того, дозволить ознайомитися з вихідною ситуацією гри, в якій усі підприємства перебувають в однаковому становищі.

Учасники гри можуть переглянути звіти підприємства за попередній період, вибравши меню *Звіти*, *Рішення*. При цьому буде відкрите вікно *Звіт*, у верхній його частині можна побачити список доступних звітів. Необхідний звіт слід обирати зі списку.

Звіт Рішення (Маркетинг, Виробництво, Фінанси). Містить рішення, прийняті керівництвом підприємства в попередньому періоді. Дозволяє контролювати їх відповідність плану розвитку підприємства.

Звіт Результати. Містить необхідну керівництву підприємства інформацію про базові ціни на сировину, матеріали, товари, устаткування, розміри виплат персоналу тощо, які змінювались через загальне зростання (зниження) індексу споживчих цін, що відображає інфляційні процеси. Ціни на виробничі фактори змінюються відповідно до дії заданої в параметрах гри кривої «Ціна – заробітна плата».

Фундаментальний аналіз

Курси цінних паперів у діловій грі «Ніксдорф Дельта» – показники ефективності економічної діяльності підприємства. Вони більш точно, ніж прибуток, характеризують ефективність діяльності підприємства протягом досить тривалого часу. Роботу підприємства в будь-якому випадку можна вважати успішною (незважаючи на позицію стосовно конкурентів) і такою, що заслуговує високої оцінки, якщо показники курсу цінних паперів, розраховані для останнього періоду, збільшаться порівняно з вихідною ситуацією гри.

Балансовий курс визначається як балансова вартість підприємства (різниця між усіма активами і сумою чужого капіталу), поділена на кількість акцій.

Курс за тезою прибутку характеризує підприємство за критерієм одержання прибутку незалежно від його розподілу. Під час розрахунку курсу акції за тезою прибутку слід послуговуватись показником чистого капіталізованого прибутку.

Курс за узагальненою вартістю підприємства

Означений показник відповідає практиці оцінки діяльності акціонерних підприємств Німеччини. Під узагальненою вартістю підприємства розуміють суму, яку б виплатив покупець за придбання

підприємства. Визначаючи ціну покупки, інвестор враховуватиме не тільки вартість майна, але й перспективи отримання доходу від вкладених коштів, спираючись на можливий дохід від капіталу, який у подальшому має витратити на придбання підприємства. Тому покупець буде порівнювати розмір доходів, принесений підприємством, із сумою відсотків, що приніс би йому той же самий капітал, інвестований іншим способом (наприклад, відсотки на банківський депозит). Узагальнена вартість дорівнює вартості майна підприємства (скороченої з урахуванням фактора ризику), збільшеної чи зменшеної на різницю між величиною очікуваних у майбутньому доходів і величиною доходів за відсотками на використований ним капітал. За основу очікуваних доходів береться сукупний прибуток періодів за останні 3 роки. Сума відсотків визначається з розрахунку 5 років одержання доходів від використаного капіталу. Курс акцій узагальненої вартості дорівнює узагальненій вартості підприємства, поділеній на кількість акцій.

Курс за дивіденд-тезою

На відміну від курсу за тезою прибутку, даний показник враховує розподіл прибутку, а саме виплати дивідендів акціонерам. Курс акцій за дивіденд-тезою визначають, виходячи із суми дивідендів, виплачених акціонерам за останні 3 роки.

Звіт Розрахунок прибутку від реалізації (за продуктами і ринками окремо). Даний звіт доступний керівництву підприємства за умови вдосконалення оргструктури. Містить розрахунок валового прибутку за ринками і продуктами. Уможливорює оцінку ефективності маркетингових витрат і прибутковості окремих ринків.

Звіт Сумарний прибуток від реалізації. Містить розрахунок валового прибутку і прибутку від реалізації продукції за поточний період. Наочно являє собою структуру витрат підприємства. Окремо враховується валовий прибуток спеціальної пропозиції.

Звіт Статистика збуту. Містить планові та фактичні показники збуту й обороту за ринками і за продуктами в межах звітнього періоду. Уможлиблює аналіз відповідності величини реально досягнутого показника плановим. Дані цього звіту застосовують, крім того, визначаючи максимальні ефективні витрати на інструменти маркетингу в наступному періоді.

Звіт Дослідження ринку. Закуповує керівництво підприємства. Основний звіт містить відомості про ціни підприємства і конкурентів, частку ринку, оцінку якості продукції споживачем, відомості про прибуток і курс акцій підприємства та конкурентів. Додаткові звіти 2 і 3 містять інформацію про витрати на маркетинг у цілому в галузі, обсяги збуту й оборот підприємства і конкурентів за ринками та за продуктами. На підставі досліджень ринку керівництво підприємства визначає становище власного підприємства порівняно з конкурентами, прогнозує розвиток ринкової ситуації, аналізуючи передбачувані маркетингові стратегії конкурентів.

Виробничий звіт. Відбиває стан виробничих ресурсів: завантаження наявного устаткування, заплановане і фактичне виробництво у звітній період, зниження витрат виробництва з урахуванням кривої досвіду, собівартість продукції, залишкові терміни експлуатації устаткування, кадрові зміни, величину і структуру витрат на персонал, наявність сировини і готової продукції на складі. Аналіз виробничих ресурсів є відправною точкою для планування виробництва наступного періоду.

Фінансовий звіт. Звіт про рух коштів відбиває динаміку грошових потоків на підприємстві у звітньому періоді. Складниками звіту є такі показники: надходження; фінансові виплати; фінансові розрахунки, фінансовий звіт; баланс тощо.

Надходження. Початкові внески в кредитні інститути – нерозподілені кошти минулого періоду.

Надходження за відсотками і дисконтом – надходження відсотків за короткостроковими фінансовими інвестиціями минулого періоду; надходження від виплати комісійних під час погашення векселів, виданих клієнтами раніше.

Надходження з обороту – надходження за рахунок продажів у даний і попередній періоди з урахуванням платіжної поведінки клієнтів.

Повернення короткострокових фінансових інвестицій – суми внесків минулого періоду, повернуті до початку поточного періоду.

Короткострокове фінансування і довгострокові кредити – кредити, замовлені в минулому періоді, плюс овердрафт.

Інші надходження – надходження від виторгу, наприклад за утилізовані верстати.

Виплати. Виплати без відстрочки – виплати поточного періоду, пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції:

- маркетингові витрати;
- акордна зарплата і соціальні витрати;
- витрати, пов'язані зі зміною структури персоналу (розстановка кадрів), виплатою відпускних;
- експлуатаційні витрати;
- витрати на дослідження ринку і раціоналізацію керування;
- витрати, пов'язанні з керуванням;
- транспортні складські витрати.

Витрати з відстрочкою – витрати на закупівлю сировини і готової продукції, визначені відповідно до власної платіжної поведінки.

Витрати на купівлю устаткування – інвестиції в закуповуване устаткування.

Погашення короткострокового кредиту – повернення у звітному періоді короткострокового кредиту, отриманого в попередньому періоді.

Погашення овердрафта – якщо реальні виплати попереднього періоду перевищили фінансові ресурси підприємства і залучалися термінові кредити.

Погашення довгострокових кредитів – сума для погашення довгострокових кредитів, наявних у розпорядженні підприємства.

Виплати за відсотками і дисконтом:

- вексельні витрати в разі оплати закупівель за Терміном 4;

- відсотки за довгострокові кредити;
- відсотки за короткостроковий кредит і овердрафт минулого періоду;
- комісія за надання довгострокового кредиту.

Податки. Сума, визначена відповідно до податку на прибуток минулого року. У першому кварталі кожного року проводиться перерахунок податкових виплат з обліком реально отриманого за рік прибутку.

Інші виплати – виплати дивідендів.

Фінансовий результат. Усі доходи від фінансових інвестицій плюс знижки постачальників, мінус усі відсотки, що сплачуються підприємством на позикові засоби і знижки клієнтам.

Фінансовий звіт. Платіжна поведінка. Містить дані про платіжну поведінку клієнтів, ставки банківських кредитів, суми надходжень від короткострокових фінансових інвестицій, кількість і терміни погашення довгострокових кредитів.

Баланс. Баланс – обов’язкова форма щоквартальної бухгалтерської звітності реального підприємства.

Статті активу

Земельні ділянки і будинки. На ці статті в кожному періоді нараховують амортизацію (за винятком земельних ділянок) у розмірі 0,2 млн грн/період, тому їх вартість зменшується на величину амортизаційних відрахувань.

Устаткування. Стаття, що відображає вартість устаткування за винятком амортизаційних відрахувань.

Капіталовкладення. Якщо підприємство є, скажімо, засновником іншої фірми, то цей фактор фіксують в статті балансу як довгострокові фінансові вкладення. Протягом гри величина цього показника не змінюється.

Сировина. Стаття, яка вміщує вартість матеріалів, що зберігаються на складах, сировини і для розрахунків установлюється порядок споживання FIFO.

Готова продукція. Відображає вартість виготовленої продукції всіх видів.

Дебіторська заборгованість. Відбиває заборгованість за товари, вже отримані, але ще не оплачені клієнтами. Визначається платіжною поведінкою клієнтів.

Вексель до одержання. Сума, одержувана підприємством під час погашення векселя. Визначається платіжною поведінкою клієнтів.

Короткострокові інвестиції. Сума короткострокових фінансових інвестицій підприємства у звітному періоді.

Кошти. Залишок грошей на банківському рахунку підприємства на кінець періоду. Кошти можуть бути збільшені керівником гри у разі погашення боргів підприємства.

Інші витрати. Усі виплачені за звітний період; як аванс суми в рахунок податку на прибуток (1/4 податку на прибуток минулого року у кварталах 2, 3, 4, сума з урахуванням перерахунку податку на прибуток у кварталі 1).

Статті пасиву

Оголошений капітал – відображає весь акціонерний капітал підприємства, укладений засновниками і позначений кількісно під час реєстрації акціонерного товариства.

Невиплачений капітал – уміщує вартість акцій, ще не розподілених між акціонерами. У гри він постійно дорівнює 0.

Оплачений капітал – відображає розмір реального внеску акціонерів і засновників у вартість підприємства (різниця між оголошеним і невиплаченим капіталом).

Резервний фонд капіталу – фонд капіталу для відшкодування банку втрат у випадку банкрутства і неліквідності підприємства (фактор ризику). Визначається як фіксована частка від оголошеного капіталу.

Резервний фонд із прибутку – нерозподілений (тезаврований) прибуток, отриманий у минулих періодах. Змінюється після розрахунку

загального прибутку, отриманого підприємством за підсумками роботи за рік, і сплати податків. Можлива виплата дивідендів зменшує величину цього пункту.

Резерв для сплати податків – фінансовий резерв для сплати податкової заборгованості, яку слід виплатити в бюджет наприкінці року з отриманого прибутку.

Довгострокові та короткострокові кредити – статті, що відображають суму кредитів поточного періоду.

Кредити і вексель з боргу. Суми за придбані, але ще не оплачені підприємством сировину, матеріали і готові вироби. Визначається власною платіжною поведінкою.

Інші борги. Сума відсотків за короткостроковий кредит і овердрафт, що підлягає сплаті на початку наступного періоду.

Звіт про прибутки і збитки

Звіт містить розрахунок прибутку підприємства за звітний період, зроблений за двома методами: методом валових витрат і методом втрат обороту.

Звіт про прибутки і збитки – обов'язкова форма щоквартальної звітності реального підприємства.

Метод валових витрат

Оборот – сума, отримана від обороту поточного періоду (за винятком валютних втрат і знижок клієнтам).

Зміна залишків готової продукції – збільшення і зменшення запасів на складах ураховують відповідно зі знаком плюс чи мінус.

Продукцію власного виробництва оцінюють за собівартістю, визначеною методом повних витрат, а закуплену готову продукцію – за витратами на придбання. Під час розрахунку вартості встановлюють порядок споживання FIFO.

Інші виробничі надходження. Виторг від утилізації устаткування.

Матеріальні витрати. Вартість витраченої в процесі виробництва сировини, основних і допоміжних матеріалів.

Витрати на персонал. Акордна зарплата (включаючи витрати, пов'язані зі зміною структури персоналу) і соціальні витрати.

Амортизація устаткування і будинків.

Інші виробничі витрати. Загальна сума витрат: складування і транспортування, експлуатаційні витрати, витрати маркетингу (витрати на дослідження, сервіс і рекламу), адміністративні витрати, вартість закуплених звітів про дослідження ринку, вартість заходів раціоналізації.

Надходження за відсотками і дисконтом. Відсотки від короткострокових фінансових інвестицій і дисконт за вексями до одержання (зі знаком плюс).

Виплати за відсотками і дисконтом. Виплати відсотків за довгостроковий, короткостроковий кредити й овердрафт звітного періоду, дисконт за векселем за боргом.

Метод витрат обороту

Звіт дозволяє оцінити вплив на величину прибутку скорочених позавиробничих і адміністративних витрат. Собівартість реалізованої продукції визначають з урахуванням знижок постачальників на сировину і товари для продажу.

Оборот. Сума, отримана від обороту поточного періоду (за винятком валютних втрат і знижок клієнтам).

Собівартість реалізованої продукції. Сума витрат на сировину і матеріали, витрати на закупівлю готової продукції, акордна зарплата, соціальні витрати, витрати з найму і звільнення персоналу, амортизація устаткування, експлуатаційні витрати і складські витрати.

Валовий дохід, отриманий шляхом вирахування із суми чистого обороту собівартості реалізованої продукції.

Позавиробничі витрати. Витрати на транспортування продукції, рекламу, сервіс і дослідження.

Адміністративні витрати. Витрати на керування плюс амортизація будинків.

Інші виробничі надходження. Виторг від продажу верстатів.

Інші виробничі витрати. Вартість заходів раціоналізації, закупівля звітів, виплати відпускних грошей і заробітної плати не задіяним у виробництві працівникам.

Калькуляція собівартості продукції

Прямі витрати на виробництво продукції визначають як суму вартості сировини і матеріалів (без обліку сконто постачальників), заробітної плати зайнятого у виробництві персоналу і витрат на соціальні нестатки.

Ділені непрямі витрати на виробництво розраховують відповідно до виробничих коефіцієнтів устаткування і виробничої програми.

Ділені витрати на виробництво – амортизація будинків, витрати складування, витрати на керування, витрати на розміщення кадрів (у тому числі відпускні), вартість заходів раціоналізації та звітів про дослідження ринку, розподілені за продуктами відповідно до їх частки в загальній сумі прямих витрат на виробництво і закупівлю продукції.

Невиробничі витрати: маркетингові витрати і транспортні витрати, розподілені за продуктами.

У калькуляції, крім того, наявні дані про обсяги власного виробництва, закупівель готової продукції й обсяги збуту звітного періоду.

3.9. Планування і прийняття рішень

Маючи за головну мету збільшення прибутку, керівництво підприємства мусить добре уявляти кожний етап гри для завоювання чи збереження конкурентної переваги. Розробляючи власну стратегію, необхідно передбачити терміни і фінансові можливості реалізації конкретних заходів.

Для кожного етапу гри (квартал, рік) варто визначити окремі цілі як стосовно реалізації маркетингової стратегії, так і щодо розвитку виробництва. Для кожної із цих цілей потрібне фінансове обґрунтування – за рахунок яких засобів будуть проводитися конкретні заходи, яку віддачу у вигляді валового прибутку чи скорочення витрат варто очікувати.

Збільшення виторгу від обороту можна досягти, наприклад, підвищенням цін на продукцію, розширенням збуту за умови низьких цін чи збільшення частки ринку без зміни цін шляхом активних заходів для стимулювання збуту. Кожний із цих варіантів потребує різних заходів і змін структури витрат. Ефективність того чи іншого варіанта залежатиме від конкурентної ситуації.

Для більш повного уявлення про цілі, можливості та способи реалізації, а також для подальшого контролю й аналізу діяльності підприємства, обрану стратегію і план її поетапної реалізації учасниками гри, у тому числі викладачем, доцільно викласти письмово. Обсяг цього короткого опису не повинен перевищувати 2–3 сторінки. Перед початком планування слід проаналізувати вихідну ситуацію гри (звіти підприємства за Період 0) і визначити:

в галузі маркетингу:

- якого рівня витрат (високі, середні чи низькі) на рекламу, сервіс, дослідження буде дотримуватися підприємство і з якою метою;
- чи буде змінюватись обсяг маркетингових витрат протягом року (протягом гри);
- чи передбачається диференціювання маркетингової стратегії щодо різних продуктів;
- якого рівня цін (порівняно із середнім у галузі) буде дотримуватися підприємство, чи будуть ціни змінюватися і в якому випадку;
- яку віддачу від маркетингових рішень очікують учасники гри (збільшення обсягу збуту, частки ринку зі збуту чи обороту, збільшення валового прибутку);

у виробництві:

- чи передбачається розширення (скорочення) обсягу виробництва, в які терміни і з якою метою;

- чи передбачається скорочення виробництва в періоди відпусток, у якому обсязі, за рахунок яких ресурсів буде виконуватися план зі збуту (за рахунок закупівель готової продукції чи за рахунок власних складських запасів);

- в якому обсязі та з якою метою буде здійснюватися закупівля готової продукції, чи буде протягом гри закуповуватися необхідне устаткування, з якою метою (розширення виробництва, підтримка необхідного рівня);

- в яких обсягах передбачається закуповувати сировину і допоміжні матеріали; якої кадрової політики має дотримуватися підприємство (виконання виробничої програми за рахунок тимчасово залучених працівників, наймання чи звільнення власного персоналу) і з якими витратами це буде пов'язано; які заходи для скорочення перемінних і постійних витрат виробництва доцільно передбачити;

у галузі загального керування і керування фінансами:

- чи передбачається проведення заходів з раціоналізації керування, в які терміни і з якою метою;

- яку інформацію про конкурентів керівництво підприємства припускає одержувати протягом гри; які звіти про дослідження ринку будуть закуповуватися і з якою періодичністю;

- яка схема платіжної поведінки буде обрана й чому, як вона пов'язана з обсягом закупівель, чи буде вона змінюватися протягом гри;

- за розрахунок яких засобів фінансуватиметься маркетингова діяльність підприємства;

- за розрахунок яких засобів буде закуповуватись устаткування;

- за розрахунок яких засобів передбачається фінансування постійних витрат, що зростають у періоди відпусток;

- чи передбачаються фінансові інвестиції і в яких випадках;

- чи передбачаються виплати дивідендів акціонерам і в яких випадках;
- чи прагнучиме підприємство до скорочення позикового фінансування, які заходи потрібно для цього передбачити.

Відповіді на ці та інші питання дозволять учасникам гри обирати основні економічні показники, що будуть характеризувати успішність кожного виду діяльності протягом усієї гри. Крім загального прибутку і курсу акцій, варто звертати увагу на валовий прибуток і суму прибутку від реалізації, собівартість продукції, величину змінних і постійних витрат, структуру постійних витрат, витрати і доходи, пов'язані з фінансовою діяльністю підприємства, результат фінансування.

Ціново-збутова функція (функція попиту) задана для кожного продукту і ринку окремо й дозволяє прогнозувати величину попиту за різних цін.

Вид ціново-збутової функції змінюється за зміни параметрів маркетингу. Необхідні значення витрат на *рекламу, сервіс, дослідження* зазначають у відповідних полях. Для побудови нової кривої попиту потрібно натиснути на клавішу *Нова ЦЗФ*.

Вікно *Параметри Тест-продажу* дає змогу встановити і проконтролювати значення, обрані керівництвом підприємства для розрахунку планових показників збуту й обороту. Установлюють ціни, визначені керівництвом підприємства, відповідно до маркетингової стратегії. Вибір цін – найважливіше рішення, що визначає успіх діяльності підприємства. Призначені ціни безпосередньо визначають рівень попиту (як це було показано у вікні *Ціново-збутова функція*), отже, обсяг збуту продукції. Ціна формує валовий прибуток, визначає рентабельність обороту і капіталу, забезпечує окупність витрат. Зміна цін у ході гри буде швидко помічена ринком і безпосередньо вплине на становище фірми серед конкурентів.

Вікно *Результати Тест-продажу* містить значення збуту й обороту минулого періоду (старі), а також нові – розраховані на основі параметрів тест-продажу. Збільшення планових показників порівняно з даними

минулого періоду свідчить про можливе фактичне збільшення збуту й обороту. Важливо, однак, пам'ятати, що тест-продаж розраховують на основі стану ринку минулого періоду, тому прогноз може не справдитися. Підприємства-конкуренти також прагнуть вплинути на зміну ринкової ситуації на свою користь, крім того, шанси збуту продукції змінюються відповідно до просування товару по кривій життєвого циклу. Проте визначені в результаті тест-продажу суми обороту будуть використані для планового розрахунку прибутку поточного періоду. Максимальний збут, розрахований комп'ютером для кожного ринку і кожного продукту, є основою для визначення обсягів виробництва поточного періоду, складських запасів і обсягів транспортування. Зіставлення планових і фактичних значень збуту й обороту допоможе згодом проаналізувати успіх маркетингової стратегії.

Планування виробництва – найбільш важливий етап діяльності, що потребує докладного аналізу і застосування всіх наявних у розпорядженні керівництва виробничих факторів. Основне завдання, підсистеми:

Виробництво – випуск необхідної кількості продукції з найменшими витратами, а завдання керівництва підприємства – вибір виробничої програми, найбільш відповідної досягненню означеної цілі.

План на період. Запланований обсяг випуску Продукту 1 і Продукту 2 зазначається в полі *План на період.* Запланований обсяг виробництва має відповідати довгостроковій стратегії розвитку підприємства. Потрібно врахувати можливості збуту продукції (результати тест-продажу), стан складу готової продукції (звіт *Готова продукція і товар*) та обсяги закупівель готової продукції минулого періоду (звіт *Рішення*).

Ураховуючи можливе скорочення обсягів виробництва в періоди відпусток, варто передбачити створення необхідних складських запасів.

Зниження постійних витрат у процесі виробництва продукції дозволить ефективно використовувати наявні виробничі ресурси і домогтися високих результатів під час загальної оцінки діяльності підприємства.

План на період обирають з урахуванням наявного устаткування і персоналу. Для розрахунку потреби в сировині, устаткуванні й кількості працівників натисніть клавішу *Розрахувати*.

Сумарний прибуток від реалізації – один з основних планових показників діяльності підприємства. Правильний розрахунок прибутку від реалізації допоможе визначити можливий прибуток (збитки) планового періоду. Для розрахунку сумарного прибутку від реалізації слід самостійно розрахувати витрати складування, керування та інші виробничі витрати періоду.

Склад. Мінімальні складські витрати становлять 0,5 млн грн. Витрати складування визначають, виходячи з даних вікна *Транспортування (Склад)*, де розміщено дані про складські залишки поточного періоду. Вартість продукції на складі визначають за методом повних витрат. Так, складські залишки Продукту I (Склад III) слід помножити на собівартість (повні витрати), дані про яку наявні у *Виробничому звіті* минулого періоду. Чотири відсотки від цін суми становлять складські витрати.

Фактичні складські витрати за підсумками періоду будуть розраховані на основі балансової вартості складських залишків з урахуванням кількості закупленої готової продукції та витрат на закупівлю. Тому під час планування суми складських витрат можна визначити приблизно, з точністю до 0,5 млн грн.

У разі необхідності оренди додаткових складських приміщень для збереження закупленої сировини вартість оренди також ураховують у загальній сумі складських витрат періоду.

Якщо в результаті планування рішень періоду не вдасться досягти позитивного сумарного прибутку від реалізації, керівництво підприємства має усвідомлювати, що за результатами періоду підприємство може зазнати збитків. Рішення варто *Прийняти* і перейти *Далі*, до планування загальної суми надходжень і виплат періоду.

Планування *ліквідності* підприємства передбачає облік усіх надходжень і виплат планового періоду. У разі браку платіжних засобів залучають позикове фінансування (порівняйте зі *Звітом про рух коштів* – фактичними надходженнями і виплатами минулого періоду).

Щоб мати уявлення про власні фінансові ресурси й уникнути нерационального їх використання, перед початком планування ліквідності слід завести нульові значення в поля *Короткостроковий і Довгостроковий кредит, Очікувані надходження від фінансових інвестицій* у частині *Надходження і Довгостроковий кредит, довгострокове погашення, Фінансові інвестиції і Залишок внесків у кредитних інститутах* у частині *Виплати*.

Планування ліквідності завершує загальне планування періоду; рішення, визначені керівництвом, варто *Прийняти*, а потім натиснути клавішу *Рішення*. Вікно *Планування* при цьому буде закрито, а всі прийняті рішення – автоматично перенесені у вікно *Діяльність*.

Учасникам гри необхідно звертати увагу на послідовність прийняття рішень у різних вікнах програми. Щоб прийняті рішення зберегти в пам'яті комп'ютера і скорисатись ними для моделювання нової ринкової ситуації, варто дотримуватися таких простих правил керування інтерфейсом системи «Ніксдорф Дельта»:

1. Протягом гри не слід одночасно відкривати кілька однакових вікон (наприклад, *Планування* чи *Діяльність*). Рішення, прийняті в одному з відкритих вікон, автоматично не повторюватимуться у всіх відкритих вікнах, а отже, можуть загубитися. Для контролю за кількістю відкритих вікон користуйтеся меню *Вікно*. Одночасне відкриття декількох вікон зі звітами підприємства не впливає на прийняті рішення.

2. Якщо у вікні *Діяльність* змінювалися параметри, ці рішення обов'язково потрібно *Прийняти* до початку роботи із функцією «Допомога в плануванні». Інакше всі прийняті у вікні *Планування* рішення згодом можуть загубитися під час виходу з «Допомоги в плануванні» та відновитися у вікні *Діяльність*. Це спричинить необхідність планувати період заново.

У вікні *Діяльність* слід ще раз перевірити всі рішення в частині *Маркетинг*: прийняті значення мають відповідати параметрам *Тест-продажу*, на підставі яких проводять розрахунок збуту й обороту.

3. У частині *Виробництво* приймають рішення про закупівлю готової продукції (*Виробництво. Дозакупка товарів*), устаткування (*Устаткування. Замовлення*, потрібно зазначити кількість закупуваних верстатів кожного виду). До того слід перевірити відповідність кількості найманих працівників і працівників, що звільняються, планам керівництва (*Персонал. Кваліфіковані і Допоміжні робітники*: значення зі знаком мінус – звільнення, зі знаком плюс – наймання).

4. У частині *Фінанси* потрібно обрати види *Досліджень ринку і Раціоналізації*, оплачені в поточному періоді (під час планування *Інших виробничих витрат*). Виплата дивідендів (*Штучні дивіденди*) за рішенням керівництва підприємства може здійснюватися в першому кварталі кожного року (Періоди 1, 5 і т. д.).

Для реєстрації прийнятих рішень періоду оберіть меню *Гра, Реєстрація* (F10). Під час реєстрації рішення надходять на комп'ютер викладача для подальшого розрахунку результатів періоду.

До повідомлення викладачем про надходження зареєстрованих рішень у *Модуль Керівника гри* виходити з програми не слід.

Після реєстрації рішень усіх підприємств-учасників для читання результатів нового періоду необхідно заново запустити *Модуль учасника*.

3.10. Аналіз результатів і оцінки діяльності учасників гри

Результати, отримані за підсумками діяльності протягом періоду, відображаються у звітності підприємства (меню *Результат*).

Усі звіти учасники можуть проглядати на екрані комп'ютера перед початком роботи в наступному періоді чи надрукувати для самостійного аналізу у вільний від роботи за комп'ютером час.

Щоб роздрукувати безпосередньо з програми «Ніксдорф Дельта» (за наявності принтера на комп'ютері учасника гри), відкрийте відповідний звіт і оберіть меню Гра, Друк. У разі використання одного мережного принтера в комп'ютерному класі (на комп'ютері керівника гри) друк звітів слід виконувати за допомогою Модуля Керівника, щоб уникнути можливих проблем з роботою програмного забезпечення в локальній мережі. Не слід виводити на друк одразу всі 14 сторінок звітів за допомогою діалогового вікна Друк, звіти краще друкувати по одному і тільки ті, що дійсно потрібні для самостійної роботи.

Подальшу обробку даних звітності підприємства можна здійснювати через експорт звітів у файл DAX (меню Гра, Експорт звітів ...), який можна відкрити за допомогою текстового редактора (наприклад, програми Блокнот) чи електронних таблиць (MS Excel, Lotus). Файл зі звітами розміщений у робочому каталозі гри. У кожному періоді гри вдаються до експорту звітів у новий файл, він може бути скопійований учасниками гри для наступної самостійної роботи.

Для аналізу результатів періоду необхідно добре усвідомлювати, в рамках здійснення якої стратегії приймалися поточні рішення, про які короткострокові та довгострокові цілі дбало керівництво підприємства, які показники діяльності підприємства були пріоритетними. Потрібно поставити собі запитання: які причини відхилення значень окремих показників від запланованих, якою мірою послідовно й успішно реалізується обрана стратегія, яке становище фірми серед конкурентів і шанси на успіх у разі збереження обраної стратегії, її коректування чи зміни.

Прибуток за період

Дані про прибуток за період і загальний прибуток підприємства після сплати податків вміщені в *Основному звіті про дослідження ринку* разом з необхідними відомостями про ціни, становище ринку і прибутки підприємств-конкурентів. Про ефективність діяльності підприємства порівняно з конкурентами яскраво свідчить динаміка зміни курсу акцій.

У випадку, коли звіти про дослідження ринку керівництво підприємства не закупувало, відомості про прибуток за поточний період варто шукати у *Звіті про прибутки і збитки*.

Дані про прибуток від реалізації окремих продуктів, а також про сумарний прибуток від реалізації продукції вміщені у звітах, доступних учасникам гри тільки за умови вдосконалення оргструктури підприємства. Негативні значення валового прибутку свідчать про збитки від маркетингової діяльності. Зниження сумарного прибутку від реалізації порівняно із запланованою величиною (розрахунок Сумарного прибутку від реалізації проводився під час планування рішень періоду) потребує пошуку джерела незапланованих витрат, передусім визначення величини і структури постійних витрат.

Аналіз конкуренції

Звіти про дослідження ринку дозволяють проаналізувати маркетингові стратегії та результати діяльності підприємства-конкурента. Дані про ціни конкурентів і середні ціни в галузі керівництво підприємства враховує в процесі планування наступного періоду.

Частка ринку, оцінена в межах збуту й обороту кожного продукту окремо, дозволяє прогнозувати успіх діяльності підприємства, виходячи з обраної стратегії в наступних періодах. Істотне зниження частки ринку, не пов'язане з підвищенням цін, спричинено, найімовірніше, недоліком продукції на складі чи невиконанням виробничого плану.

Якість продукції оцінюють споживачі за п'ятибальною шкалою відповідно до витрат на дослідження даного продукту. В разі зростання постійних витрат даного підприємства, підвищення загальних у галузі витрат на дослідження (*Дослідження ринку. Додатковий звіт 2*) вимоги споживачів до якості продукції зростають.

Дані фундаментального аналізу дозволяють визначити становище фірми серед конкурентів. Курс цінних паперів у «Ніксдорф Дельта» являє собою не біржові котирування, а результати оцінки вартості підприємства.

Визначення загального рівня маркетингових витрат дає змогу з'ясувати можливі фактори одержання підприємствами низки прибутків на перших етапах гри: у разі вибору однакових стратегій підприємства, ймовірно, не досягають запланованих обсягів збуту й обороту.

Дані про загальні в галузі обсяги збуту й обороту дозволяють визначити тенденції розвитку ринку для кожного з продуктів. За зниження темпів зростання загальних обсягів збуту одного з продуктів можна припустити, що стадія зростання його життєвого циклу завершена. Можливо, доцільно було б змінити комплекс маркетингових заходів щодо нової стадії життєвого циклу продукту на ринку. Варто спробувати прогнозувати також і можливу поведінку конкурентів у новій ситуації.

Аналіз виконання плану зі збуту й обороту

Виконання плану зі збуту – свідчення успіху маркетингової стратегії підприємства. Дані про заплановані й фактичні обсяги збуту й обороту за ринками і продуктами містяться у звіті *Статистика збуту*.

Якщо за результатами періоду фактичне значення загального обсягу обороту менше запланованого, можна припускати наявність збитків.

Якщо частка ринку зі збуту істотно не збільшилась, але за індексу кон'юнктури не більше 100 % фактичні значення збуту й обороту за окремими продуктами перевищують заплановані, варто звернути увагу на можливе збільшення загального обсягу збуту через просування продукту по кривій життєвого циклу (*Дослідження ринку. Додатковий звіт 2*) і врахувати ці зміни, плануючи наступний період.

Аналіз виробництва

Можливе зниження фактичних обсягів виробництва порівняно із запланованим (*Виробничий звіт. Власне виробництво*) пов'язано з недоліком виробничих потужностей і свідчить про неефективність виробничих витрат. Необхідно ретельно планувати закупівлю і утилізацію устаткування відповідно до терміну його експлуатації (*Виробничий звіт. Картотека устаткування*).

Витрати на персонал (*Виробничий звіт. Кадрові зміни*), пов'язані з неефективною розстановкою кадрів (виплати заробітної плати незадіяним працівникам чи наймання персоналу, зайвого для підприємства), є основним джерелом завищених постійних витрат.

У періоди відпусток ця стаття витрат збільшується за рахунок виплати відпускних, а також оплати праці тимчасових працівників, якщо не були знижені обсяги виробництва.

Аналіз стану складу – істотний етап пошуку джерела можливих незапланованих витрат. Завищені порівняно із запланованими залишками готової продукції на складі підприємства чи на ринках 2 і 3 (*Виробничий звіт. Готова продукція і товари*) свідчать про невиконання плану зі збуту чи закупівлю непотрібної для підприємства готової продукції. Якщо складські залишки дорівнюють 0, це говорить про неефективні витрати на маркетинг, тобто фактичний збут виявився значно вищим за запланований, підприємство не задовольняє потреби клієнтів, втрачає прибуток і частку ринку.

Для докладного аналізу витрат, пов'язаних з виробництвом і реалізацією продукції, та пошуку можливих резервів використовують звіт *Розрахунок собівартості продукції*.

Аналіз виробничих ресурсів – основа планування виробництва наступного періоду. Особливу увагу слід приділити плануванню виробничих потужностей з урахуванням терміну постачання устаткування один період. Необхідно зіставити обсяги власного виробництва й обсяги збуту (звіт *Калькуляція собівартості продукції*), щоб заздалегідь закупити готову продукцію чи відмовитися від закупівель за збільшення складських запасів (*Виробничий звіт Готова продукція і товари*). Варто порівняти закупівельні ціни і собівартість, щоб визначити перспективи розширення виробництва і відмовитися від закупівель готової продукції.

Для участі в конкурсі за постачаннями (спеціальна пропозиція) необхідно оцінити складські запаси, а в разі їх недостатності – можливості розширення виробництва, а отже, й виробничі витрати. За недостатніх

складських запасів готової продукції від участі в конкурсі, як правило, краще відмовитися, тому що від реалізації продукції на ринку підприємство не одержить великий валовий прибуток.

Аналіз фінансової діяльності

Потрібно звернуту особливу увагу на ефективність використання залучених довгострокових і короткострокових кредитів, наявність овердрафта. Вибір схеми власної платіжної поведінки, що дозволяє уникати різкого збільшення поточних витрат у ході гри і підвищення рівня позикового фінансування, створює основу для оптимізації фінансової діяльності підприємства (за умови одержання прибутку).

Планування ліквідності припускає розрахунок усіх виплат поточного періоду. Помилки в розрахунках, допущені учасниками гри, призводять до нерационального використання фінансових ресурсів підприємства. Нерозподілені надходження поточного періоду відображаються в статті *Балансу «Кошти»*, а також у *Звіті про рух коштів*.

У разі браку платіжних засобів підприємство зазнає додаткових витрат унаслідок виплат відсотків за овердрафт – кредит. У першому кварталі кожного року підприємство може отримати овердрафт – кредит, якщо під час планування не враховувалися виплати податку на прибуток.

Власне оптимізація фінансової діяльності не є основним завданням керівництва підприємства, однак протягом гри складається ситуація, сприятлива для досягнення позитивного результату фінансування. Збільшення прибутку від реалізації продукції, ефективне використання виробничих ресурсів, зниження постійних витрат уможливають розподіл вільних коштів таким чином, щоб доходи від фінансових інвестицій перевищували виплати відсотків на позиковий капітал (*Фінансовий звіт. Звіт про рух коштів*). *Баланс і Звіт про прибутки і збитки* – обов'язкові форми щоквартальної бухгалтерської звітності реального підприємства. Для аналізу балансу потрібно мати також дані балансу минулого періоду.

Зміна структури майна і структури капіталу дозволить зробити висновки про ефективність діяльності підприємства. Варто прагнути до фінансування основних засобів за рахунок власного капіталу.

Аналіз *Звітів про прибутки і збитки* дає змогу сформулювати уявлення про структуру витрат підприємства і визначити напрям підвищення ефективності всіх видів діяльності: маркетингової, виробничої, фінансової.

За підсумками аналізу результатів періоду варто зробити висновки про ефективність обраної стратегії.

Потрібно пам'ятати, однак, що довгострокові стратегії розвитку підприємства дають ефект лише протягом тривалого часу (декількох періодів чи навіть декількох років), тому основну увагу слід приділити грамотному оперативному керуванню підприємством, оптимальному використанню всіх виробничих ресурсів.

У будь-якому разі варто уникати збитків і коректувати маркетингову стратегію з урахуванням стану ринку і дій конкурентів.

Упроваджуючи АСУ, керівництво підприємства має можливість аналізувати результати діяльності підприємства в ході гри за допомогою графічних діаграм, які наочно відображають динаміку зміни основних економічних показників.

Графічні діаграми представлені такими групами.

Індекс цін. Відображає загальну для всіх підприємств зміну індексу споживчих цін у ході гри.

Фундаментальний аналіз. Містить дані про прибуток підприємства за період (до сплати податків) і результати фундаментального аналізу – зміна курсу акцій за час гри. Окремо представлені дані: виторг від обороту і прибуток за період за одного робітника, Прибуток/Оборот (рентабельність обороту), Прибуток/Сукупний капітал (рентабельність сукупного капіталу), Прибуток/Власний капітал (рентабельність власного капіталу) у відсотках.

Фінансовий аналіз. Зміна фінансового результату діяльності підприємства (за даними Фінансового звіту).

Кошти/Овердрафт (вільні кошти підприємства за підсумками періоду. Якщо фактичні надходження періоду виявилися меншими за виплати, кошти представлені від'ємною величиною, то на цю суму підприємство одержує кредит овердрафт).

Невикористана кредитна лінія (на суму невикористаної кредитної лінії підприємство виплачує 1 % у період). Зміна заборгованості підприємства (загальна сума позикового капіталу підприємства, включаючи дебіторську заборгованість за сировину і готову продукцію). Дивіденди (частина прибутку, виплачена як дивіденди акціонерам, млн грн).

Аналіз виробництва (за даними звіту Сумарний прибуток від реалізації):

Сумарний прибуток від реалізації.

Чистий оборот і витрати чистого обороту.

Перемінні витрати.

Зміна валового прибутку підприємства протягом гри.

Витрати маркетингу (загальна сума витрат на рекламу, сервіс, дослідження). Валовий прибуток після витрат на маркетинг (дозволяє оцінити ефективність маркетингових витрат).

Постійні витрати – загальна сума постійних витрат за період та окремі елементи: амортизація устаткування, експлуатаційні витрати, складські витрати, витрати керування, розміщення кадрів, інші виробничі витрати.

Аналіз ресурсів. Зміна залишкової вартості устаткування, зміна запасів сировини (балансова вартість сукупного запасу сировини, складські запаси сировини Типу 1 і Типу 2 (млн од.), зміна чисельності персоналу (тис. чол.) і ставка соціальних витрат (%), зміна запасів готової продукції (балансова вартість складських запасів готової продукції, складські залишки Продукту 1 і Продукту 2, витрати на купівлю готової продукції (млн грн).

Аналіз збуту. Окремо подані діаграми для кожного ринку і продукту.

Ціново-збутова діаграма (значення ціни на продукцію і фактичний збут у кожному періоді гри).

Збут (зміна обсягів збуту протягом гри).

Частка ринку (значення частки ринку, розраховане на основі параметрів маркетингу і загальних обсягів збуту періоду. Фактичне значення частки ринку може відрізнятися від теоретичного через недопостачання продукції підприємством чи конкурентами).

Оборот (зміна обсягів обороту протягом гри).

Ціна (зміна підприємством цін на продукцію протягом гри).

Реклама, Сервіс, Дослідження (валовий прибуток кожного ринку і продукту, витрати на маркетинг і зміну валового прибутку після витрат на маркетинг. Діаграми дозволяють оцінити ефективність маркетингових витрат).

Для перегляду діаграм натисніть F7 чи виберіть меню Графіки, вкажіть групу діаграм. Вибір діаграми можна здійснювати також за допомогою дерева в лівій частині вікна Графіки. У випадку коли у вікні представлені діаграми для декількох продуктів чи ринків (наприклад, ціна чи частка ринку), виклик потрібного графіка слід здійснювати натисканням клавіші в ділянці діаграми і вибором Продукту чи Ринку у відкритому контекстному меню.

Для вибору типу зображення (лінійна діаграма, гістограма, точковий графік) слід натиснути клавішу в області діаграми, обрати тип графіка в контекстному меню. Діаграми можна також надрукувати, для цього слід натиснути клавішу із зображенням принтера в лівій частині вікна Графіки чи обрати меню Гра, Друк. У разі організації змагання з ділової гри «Ніксфорд Дельта» та її тривалості не більше 12 періодів можливе використання інтегрованого показника 2 для оцінки ефективності діяльності підприємства.

Під час розрахунку Z визначають 5 змінних, які в сумі характеризують рівень кредитоспроможності підприємства:

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 33X_3 + 0.6X_4 + 1.0X_5,$$

де $X1$ – відношення оборотного капіталу до суми балансу за всіма статтями активу. До складу оборотного капіталу входять такі статті балансу:

– за активом (зі знаком «плюс»): сировина; готова продукція; дебет; вексель; короткострокові інвестиції; кошти; інші витрати;

– за пасивом (зі знаком «мінус»): короткострокові кредити; овердрафт; кредитори; боргові зобов'язання; інші борги.

$X2$ – нерозподілені доходи до суми балансу за всіма статтями активу; до них належать: резервний фонд капіталу; резервний фонд із прибутку; чистий прибуток.

$X3$ – доходи до оподаткування (прибуток за період) до суми балансу за всіма статтями активу.

$X4$ – власний капітал до загальної суми балансу за всіма статтями активу.

$X5$ – чистий оборот до суми балансу за всіма статтями активу.

Величину $Z_{об}$, що характеризує діяльність підприємства протягом усієї гри, визначають за такою формулою:

$$Z_{об} = \sum_{t=1}^n 0.33 * Z_t$$

де n – кількість періодів гри; t – поточний період; Z -показник розраховують за результатами діяльності кожного підприємства за кожен період гри; динаміку зміни Z і $Z_{об}$ зображують графічно на комп'ютері керівника гри. У практиці використання ділової гри «Ніксфорд Дельта» для оцінки діяльності учасників застосовувалося підсумовування показника Z з різними ваговими коефіцієнтами для кожного з періодів. Варто пам'ятати, що Z -показник – умовна величина, обрана для розподілу місць учасників гри на змаганнях.

РОЗДІЛ 4. ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ

4.1. Задачі та завдання

Завдання 1

1. У кафе біля університету працюють три бариста. Якщо відвідувач заходить до кафе, коли всі бариста зайняті, він залишає заклад, не зробивши замовлення. Середня кількість клієнтів, що приходять до кафе протягом години, становить 15 осіб. Середній час приготування одного напою – 4 хвилини. Визначити основні характеристики ефективності роботи кафе. Як зміняться ці характеристики, якщо на зміну вийде ще один бариста?

2. Сервісний центр ремонту мобільних телефонів має три приймальні станції, де клієнти залишають свої пристрої для діагностики. У зоні очікування одночасно може перебувати не більше восьми клієнтів. Інтенсивність прибуття клієнтів становить $\lambda = 2$ клієнти/хв, середній час обслуговування – 15 хв. Якщо всі місця зайняті, клієнти змушені звертатися до інших сервісних центрів. Оцінити пропускну спроможність сервісного центру, середній час обслуговування одного клієнта і завантаженість приймальних станцій. Запропонувати рекомендації щодо оптимізації роботи сервісного центру, зокрема покращання логістики та збільшення ефективності обробки запитів.

3. Паркінг торгового центру має три в'їзди та стоянку, що вміщує не більше 200 автомобілів. Інтенсивність прибуття машин – $\lambda = 5$ авто/хв, середній час перебування на стоянці – 40 хв. Якщо всі місця зайняті, водії змушені шукати альтернативну стоянку. Оцінити ефективність використання паркувального простору, середній час перебування автомобілів на стоянці та ступінь завантаженості в'їзних зон. Запропонувати покращання роботи паркінгу, зокрема щодо оптимізації потоків транспорту і розширення місць для паркування.

4. У кафе працює дві каси для прийому замовлень. Зона очікування розрахована на чотири відвідувачі одночасно. Якщо всі місця зайняті, клієнти змушені йти в інші заклади. Інтенсивність прибуття відвідувачів становить 3,2 клієнта/хв, а середній час обслуговування на касі – 3 клієнта/хв. Визначити основні показники ефективності системи обслуговування. Як зміняться ці характеристики, якщо одна каса припинить працювати?

5. Станція має дві діагностичні точки, де машини проходять технічний огляд. Паркувальний майданчик вміщує до чотирьох автомобілів одночасно, і, якщо він заповнений, водії звертаються до інших станцій. Інтенсивність прибуття авто на діагностику – 2 машини/хв; інтенсивність обслуговування – 3,3 машини/хв. Визначити ефективність роботи станції та оцінити вплив виходу з ладу однієї діагностичної точки на загальну продуктивність системи.

6. В аптеці працює дві стійки для відпуску ліків за рецептами. Зона очікування може вмістити до чотирьох клієнтів одночасно, і, якщо всі місця зайняті, відвідувачі йдуть до іншої аптеки. Середня інтенсивність прибуття клієнтів – 2 особи/хв, середня швидкість обслуговування – 1 особа/хв. Визначити ключові характеристики ефективності роботи аптеки. Як зміняться ці параметри, якщо одна стійка припинить працювати?

7. У перукарні працюють три майстри. Якщо клієнт приходить, коли всі майстри зайняті, він залишає салон без обслуговування. Середня кількість відвідувачів за годину – 12 осіб. Середній час стрижки – 20 хв. Визначити ключові показники ефективності роботи перукарні та оцінити, як зміниться пропускна здатність, якщо на зміну вийде ще один майстер.

8. На автомийці працюють три працівники, кожен з яких обслуговує одну машину за раз. Якщо всі місця зайняті, водій змушений їхати на іншу автомийку. Середня кількість автомобілів, що прибувають на мийку за годину, становить 10 машин. Середній час миття одного автомобіля – 15 хв. Визначити ефективність роботи автомийки та оцінити, як зміниться продуктивність, якщо на роботу вийде ще один працівник.

9. У сервісному центрі працюють три інженери, які приймають пристрої на ремонт. Якщо всі спеціалісти зайняті, клієнт змушений шукати інший сервіс. Середня кількість заявок на ремонт за годину – 8. Середній час ремонту одного пристрою – 30 хвилин. Визначити ефективність роботи сервісного центру та оцінити, як зміняться характеристики, якщо додати ще одного інженера.

10. У медичному центрі працюють три лікарі, які приймають пацієнтів на консультацію. Якщо всі спеціалісти зайняті, пацієнт змушений звернутися до іншої клініки. Середня кількість записів на прийом за годину – 10 осіб. Середній час консультації – 20 хвилин. Визначити ефективність роботи медичного центру та оцінити, як зміняться характеристики, якщо додати ще одного лікаря.

11. В автосервісі працюють три механіки, які займаються ремонтом двигунів. Якщо всі механіки зайняті, водії змушені шукати інший сервіс. Середня кількість запитів на ремонт за годину – 6 машин. Середній час обслуговування одного автомобіля – 45 хвилин. Визначити ефективність роботи сервісу та оцінити, як зміняться характеристики, якщо на зміну вийде ще один механік.

12. В юридичному центрі працюють три консультанти, які надають правові послуги. Якщо всі зайняті, клієнти змушені звертатися до іншого юриста. Середня кількість запитів на консультацію за годину – 7. Середній час обговорення одного кейсу – 25 хвилин. Визначити ефективність роботи юридичного центру та оцінити, як зміняться характеристики, якщо додати ще одного консультанта.

13. У бюро працюють три фахівці, які перекладають документи в режимі реального часу. Якщо всі спеціалісти зайняті, клієнти змушені звертатися до інших перекладачів. Середня кількість запитів на переклад за годину – 5. Середній час виконання перекладу одного документа – 40 хв. Визначити ефективність роботи бюро та оцінити, як зміняться характеристики, якщо додати ще одного перекладача.

14. В архітектурному бюро працюють три проєктувальники, які створюють креслення будівель. Якщо всі зайняті, клієнти змушені шукати альтернативний офіс. Середня кількість замовлень на розробку проєктів за годину – 4. Середній час створення одного базового креслення – 60 хв. Визначити ефективність роботи студії та оцінити, як зміняться характеристики, якщо додати ще одного проєктувальника.

15. У стоматологічній клініці працюють три лікарі, які приймають пацієнтів на лікування. Якщо всі стоматологи зайняті, пацієнти змушені звертатися до інших клінік. Середня кількість записів на прийом за годину – 9 осіб. Середній час лікування одного пацієнта – 40 хвилин. Визначити ефективність роботи клініки та оцінити, як зміниться продуктивність, якщо додати ще одного лікаря.

16. У поштовому відділенні працюють три оператори, які приймають і видають відправлення. Якщо всі оператори зайняті, клієнти змушені чекати або йти до іншого відділення. Середня кількість відвідувачів за годину – 11 осіб. Середній час обробки одного відправлення – 5 хвилин. Визначити ефективність роботи поштового сервісу та оцінити вплив додаткового оператора на швидкість обслуговування.

17. На станції прокату працюють три адміністратори, які видають і приймають транспорт. Якщо всі зайняті, клієнти змушені шукати інші точки прокату. Середня кількість запитів на прокат за годину – 14. Середній час оформлення одного самоката – 6 хвилин. Визначити показники ефективності роботи станції та оцінити, як зміниться продуктивність, якщо додати ще одного адміністратора.

18. У ресторані фаст-фуду працюють три касири, які приймають замовлення. Якщо всі зайняті, клієнти змушені чекати або йти до іншого ресторану. Середня кількість відвідувачів за годину – 20 осіб. Середній час обслуговування одного клієнта – 3 хвилини. Визначити ефективність роботи ресторану та оцінити, як зміниться пропускна здатність, якщо додати ще одного касира.

19. У спортивному клубі працюють три тренери, які проводять заняття з клієнтами. Якщо всі зайняті, клієнти змушені обирати інший час тренування або йти до іншого клубу. Середня кількість запитів на персональні заняття за годину – 7 осіб. Середній час тренування одного клієнта – 50 хвилин. Визначити показники ефективності роботи клубу та оцінити, як зміниться продуктивність, якщо додати ще одного тренера.

20. На автобусній станції працюють три диспетчери, які видають квитки та консультують пасажирів. Якщо всі зайняті, клієнти змушені чекати або йти до іншої каси. Середня кількість запитів на квитки за годину – 18 осіб. Середній час оформлення одного квитка – 4 хвилини. Визначити ефективність роботи станції та оцінити, як зміниться швидкість обслуговування, якщо додати ще одного диспетчера.

Завдання 2

21. Аналіз роботи сервісного центру з ремонту електроніки.

Сервісний центр має N робочих станцій, де проводиться діагностика та ремонт пристроїв. Зона очікування центру може вмістити не більше M клієнтів одночасно. Якщо всі місця зайняті, нові клієнти змушені звертатися до іншого сервісу. Інтенсивність прибуття клієнтів у центр становить n клієнтів/год, а середня швидкість ремонту – m клієнтів/год.

Завдання:

1. Побудувати граф станів СМО.
2. Визначити основні показники ефективності роботи сервісного центру:
 - коефіцієнт завантаженості робочих станцій;
 - середній час очікування клієнта;
 - ймовірність відмови в обслуговуванні.
3. Проаналізувати, як зміняться характеристики роботи сервісного центру, якщо одна станція припинить працювати.
4. Надати рекомендації власнику сервісного центру щодо покращання ефективності обслуговування клієнтів.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	10	11	8	9	7	7	8	9	6
M	12	13	15	11	11	9	10	12	1	9
n	0,53	0,63	0,53	0,93	0,4	0,8	0,63	0,53	0,6	0,83
m	0,23	0,43	0,33	0,8	0,3	0,75	0,53	0,43	0,43	0,73

22. Робота готелю з прийомом гостей.

Готель має N стійок реєстрації. Лобі може вміщувати не більше M осіб одночасно. Якщо всі місця зайняті, гості змушені чекати або звертатися до іншого готелю. Інтенсивність прибуття гостей – n осіб/год, середній час реєстрації – m осіб/год.

Завдання:

- Побудувати граф станів готелю, враховуючи зайнятість реєстрації та заповненість лобі.
- Визначити коефіцієнт завантаженості адміністративного персоналу.
- Розрахувати середній час очікування гостя перед заселенням.
- Оцінити ймовірність відмови у заселенні, якщо лобі переповнене.
- Дослідити, як зміниться пропускна здатність, якщо одна стійка припинить працювати.
- Надати рекомендації щодо покращання роботи готелю.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	5	6	7	4	6	5	4	7	8	3
M	20	18	22	15	19	16	14	21	24	12
n	0,75	0,80	0,70	0,90	0,65	0,85	0,75	0,65	0,70	0,88
m	0,45	0,50	0,55	0,60	0,40	0,72	0,50	0,45	0,48	0,75

23. Автомийка з обмеженою зоною очікування.

Автомийка має N мийних станцій. Майданчик вміщує не більше M машин одночасно. Якщо він заповнений, водії змушені їхати на іншу мийку. Інтенсивність прибуття авто – n авто/год, інтенсивність обслуговування – m авто/год.

Завдання:

- Побудувати модель черги на обслуговування.
- Визначити ймовірність відмови у митті через заповненість майданчика.
- Оцінити ступінь завантаженості мийних станцій.
- Розрахувати ефективність системи: кількість обслуговуваних авто за годину.
- Проаналізувати наслідки виходу з ладу однієї мийної станції.
- Запропонувати рішення щодо оптимізації роботи автомийки.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N (мийні станції)	5	6	4	7	3	8	5	6	4	7
M (макс. кількість машин)	10	12	8	15	7	18	11	14	9	16
n (прибуття авто/год)	8	9	6	10	5	12	7	9	6	11
m (обслуговування авто/год)	6	7	5	8	4	10	6	7	5	9

24. Кафе з обмеженою кількістю столиків.

У кафе є N офіціантів. Кількість місць обмежена M посадковими зонами. Якщо всі зайняті, клієнти йдуть до іншого кафе. Інтенсивність прибуття клієнтів – n осіб/год, середній час обслуговування – m осіб/год.

Завдання:

- Оцінити коефіцієнт завантаженості офіціантів.
- Визначити ймовірність відмови клієнтам, якщо всі столики зайняті.
- Побудувати граф станів для моделювання змін.
- Дослідити наслідки додавання або виходу зі зміни одного офіціанта.
- Надати рекомендації щодо покращання логістики обслуговування.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N (кількість офіціантів)	4	5	3	6	2	7	4	5	3	6
M (кількість посадкових зон)	12	15	10	18	8	20	13	16	11	17
n (прибуття клієнтів/год)	10	12	8	14	6	16	11	13	9	15
m (обслуговування клієнтів/год)	8	10	7	12	5	14	9	11	7	13

25. Перукарня в торговому центрі.

У перукарні працюють N майстрів. Зона очікування може вміщувати не більше M осіб. Якщо всі місця зайняті, клієнти звертаються до іншого салону. Середня інтенсивність прибуття клієнтів – n осіб/год, інтенсивність обслуговування – m осіб/год.

Завдання:

- Побудувати граф станів, який враховує зайнятість майстрів і клієнтів.
- Визначити коефіцієнт завантаженості персоналу.
- Оцінити ймовірність відмови у записі через переповненість.
- Дослідити зміну ефективності, якщо один майстер не працюватиме.
- Запропонувати стратегії покращання організації роботи перукарні.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	4	5	6	3	5	4	3	6	7	2
M	10	12	15	8	11	9	7	14	16	6
n	0,50	0,65	0,60	0,75	0,55	0,70	0,80	0,50	0,60	0,85
m	0,40	0,45	0,55	0,35	0,50	0,42	0,38	0,48	0,52	0,60

26. Станція технічного обслуговування автомобілів.

СТО має N ремонтних боксів, а зона очікування вміщує не більше M машин. Якщо всі місця зайняті, водії їдуть на іншу станцію. Інтенсивність прибуття авто – n авто/год, інтенсивність обслуговування – m авто/год.

Завдання:

- Визначити коефіцієнт завантаженості ремонтних станцій.
- Оцінити середню пропускну здатність СТО.
- Розрахувати ймовірність втрати клієнтів через перевантаження.
- Дослідити зміну продуктивності в разі виходу одного боксу з ладу.
- Запропонувати стратегічні заходи щодо покращання пропускну здатності.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	6	8	10	5	7	6	5	9	11	4
M	12	15	18	10	13	11	9	17	20	8
n	0,55	0,70	0,65	0,80	0,60	0,75	0,85	0,50	0,68	0,90
m	0,40	0,50	0,55	0,38	0,45	0,42	0,35	0,48	0,52	0,60

27. Офісна служба доставки.

В офісі працюють N операторів, які приймають замовлення. У зоні очікування не більше M осіб, якщо місця зайняті, клієнти йдуть до іншої служби. Інтенсивність запитів – n замовлень/год, швидкість обробки – m замовлень/год.

Завдання:

- Аналіз потоку замовлень та середній час обробки.
- Визначення ймовірності відмови клієнтам.
- Оцінка завантаженості операторів та системи в цілому.
- Аналіз змін у продуктивності, якщо один оператор не працюватиме.
- Запропонувати оптимізацію через автоматизацію або розширення штату.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	6	8	10	5	7	6	5	9	11	4
M	15	18	20	12	14	13	11	19	22	10
n	0,70	0,85	0,90	0,65	0,75	0,80	0,60	0,95	1,00	0,55
m	0,50	0,60	0,70	0,45	0,55	0,65	0,40	0,75	0,80	0,50

28. Медичний центр.

У центрі працюють N лікарів, а зона очікування вміщує до M пацієнтів. Якщо всі місця зайняті, пацієнти йдуть до іншої клініки. Інтенсивність прибуття пацієнтів – n осіб/год, швидкість консультацій – m осіб/год.

Завдання:

- Визначити коефіцієнт завантаженості лікарів.
- Побудувати граф станів медичного центру.
- Оцінити зміни у пропускну́й здатності, якщо один лікар припинить роботу.
- Запропонувати методи зменшення черг: онлайн-запис, збільшення кількості лікарів.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	5	7	9	6	8	5	4	10	11	3
M	15	18	20	14	17	12	10	22	25	8
n	0,80	0,90	1,00	0,75	0,85	0,70	0,60	1,05	1,10	0,65
m	0,55	0,65	0,75	0,50	0,60	0,45	0,40	0,80	0,85	0,50

29. Кінотеатр із касами.

У кінотеатрі працюють N кас, а зона очікування вміщує до M осіб. Якщо всі місця зайняті, люди змушені шукати інший сеанс. Інтенсивність прибуття відвідувачів – n осіб/год, швидкість продажу квитків – m осіб/год.

Завдання:

- Визначити коефіцієнт завантаженості кас.
- Розрахувати середній час очікування купівлі квитка.
- Оцінити зміну продуктивності, якщо одна каса припинить працювати.
- Запропонувати покращання продажу квитків (електронні каси, онлайн-бронювання).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	4	6	8	5	7	4	3	9	10	3
M	20	25	30	18	22	15	12	35	40	10
n	0,85	1,00	1,10	0,75	0,90	0,65	0,55	1,15	1,20	0,70
m	0,60	0,75	0,85	0,50	0,70	0,45	0,40	0,90	1,00	0,50

30. Супермаркет із касами.

У супермаркеті працюють N касирів, а зона очікування вміщує M осіб. Якщо всі місця зайняті, покупці змушені чекати або йти до іншого магазину. Інтенсивність прибуття клієнтів – n осіб/год, швидкість обслуговування – m осіб/год.

Завдання:

- Оцінити завантаженість касирів та середній час обслуговування.
- Побудувати граф станів супермаркету.
- Визначити наслідки виходу одного касира зі зміни.
- Запропонувати рішення (автоматизовані каси, зміни у графіку роботи).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	6	8	10	5	7	6	5	9	11	4
M	25	30	35	20	28	22	18	32	40	15
n	0,90	1,10	1,25	0,85	1,00	0,95	0,80	1,20	1,30	0,75
m	0,65	0,80	0,95	0,60	0,75	0,70	0,55	0,85	1,00	0,50

31. Хімічну лабораторію повідомили про отримання грантів на проведення досліджень за чотирма проектами (I, II, III, IV). Завідувач лабораторії має призначити керівника на кожен проект. Термін виконання кожного проекту залежить від досвіду та здібності хіміка-дослідника, якому буде доручено виконання проекту. Оцінки терміну виконання проекту кожним ученим наведено в таблиці.

Хімік-дослідник	Термін виконання проектів, днів			
	I	II	III	IV
Івахненко А. А.	8	12	6	10
Петриченко П. П.	7	14	4	11
Ковалевська К. К.	9	14	7	12
Назаренко Н. Н.	6	10	5	9

Знайти оптимальний варіант призначення керівників проектів, а також найменший час виконання всіх проектів.

32. Компанія отримала замовлення на чотири види продукції: бокали, чашки, вази, тарілки. У розпорядженні компанії є чотири види обладнання, на кожному з яких можна виготовляти будь-які з названих видів продукції. Обсяг витрат на виробництво кожного виду продукції залежить від виду обладнання. У таблиці наведено витрати на виготовлення одиниці продукції на кожному обладнанні.

Обладнання	Витрати, грн/од.			
	Бокали	Чашки	Вази	Тарілки
A	120	133	119	144
B	132	135	150	166
C	111	109	131	141
D	112	141	125	139

Знайти оптимальний варіант виробництва продукції, щоб загальні витрати були найменшими.

33. Авіалінія зв'язує 2 міста – *Київ* і *Баку*. Екіпаж літака, що формується у Києві та здійснює рейс до Баку, має виконати зворотний рейс до *Києва* того ж дня чи наступного. Екіпаж, який формується в *Києві*, може бути призначений на зворотний рейс до *Києва* за умови, якщо між часом прибуття до *Баку* та часом виліту із *Баку* минуло не менше 2 год. Задача полягає у складанні розкладу польотів екіпажів, який мінімізує загальний час простою екіпажів. Розв'язати задачу про призначення зворотного рейсу, скориставшись таким розкладом польотів.

Рейс	Відправлення з м. <i>Києва</i>	Прибуття до м. <i>Баку</i>	Рейс	Відправлення з м. <i>Баку</i>	Прибуття до м. <i>Києва</i>
A1	5:10	7:10	B1	7:10	9:10
A2	8:05	10:05	B2	9:05	11:05
A3	10:20	12:20	B3	16:20	18:20
A4	16:30	18:30	B4	20:30	22:30

34. Фірма прийняла на роботу п'ять робітників для виконання п'яти видів робіт. Кожен із них має різні здібності та досвід роботи, а тому може виконати будь-який із видів робіт раніше запланованого строку на декілька днів. Дані щодо економії днів наведено в таблиці.

Робітники	Економія днів				
	Робота I	Робота II	Робота III	Робота IV	Робота V
A	15	16	15	14	13
B	15	17	18	23	15
C	30	15	20	19	14
D	27	20	22	25	12
E	29	19	17	12	20

Розподілити таким чином робітників на певні види робіт, щоб усі вони були виконані за найменшу кількість днів.

35. Агрофірма має 5 однакових за площею земельних ділянок для вирощування овочів: огірків, капусти, помідорів, гарбузів та цибулі. Урожайність кожного виду залежить від обраної ділянки. Для полегшення обробки рослин на кожній ділянці слід вирощувати тільки одну культуру. Агрофірма має намір поставляти на ринок усі п'ять видів овочів. Дані про врожайність культур наведено в таблиці.

Овочеві культури	Урожайність культур, ц/га				
	Ділянка I	Ділянка II	Ділянка III	Ділянка IV	Ділянка V
Огірки	22	27	27	16	24
Капуста	51	41	41	57	51
Помідори	24	26	21	31	31
Гарбузи	25	23	22	22	34
Цибуля	32	33	34	24	36

Напрацювати такий план розподілу земельних ділянок, щоб зібрати якнайбільший урожай.

36. Побудувати імітаційну модель роботи перукарні за таких параметрів роботи. Обслуговуючу організацію відвідують клієнти за експонентним законом у середньому 2 людини за годину (математичне очікування – 30 хв). Обслуговування клієнтів здійснює один майстер. Час обслуговування клієнта дискретний і становить від 14 до 19 хв. Клієнт відмовляється від обслуговування, якщо в черзі більше двох осіб.

Побудувати імітаційну модель, час її роботи – 480 хв, визначити статистичні характеристики системи. На основі моделі визначити математичне очікування клієнта в черзі та ймовірність його обслуговування.

37. Навести приклад реальної економічної задачі, яку можна розв'язати за допомогою методів теорії ігор або лінійного програмування. Побудувати її математичну модель, розв'язати цю задачу.

38. Проаналізувати роботу АЗС, яка має n колонок. Майданчик при АЗС, де машини чекають заправлення, може вмістити не більше m машин одночасно, якщо ж він зайнятий, то чергова машина їде на сусідню станцію. Інтенсивність прибуття машин на станцію становить 5 маш./хв. Інтенсивність процесу обслуговування – 3 маш./хв. Скласти граф станів СМО. Визначити основні характеристики ефективності роботи даної СМО. Як зміняться характеристики, якщо одна колонка вийде з ладу? Надати рекомендації власнику АЗС.

39. Автоматична телефонна станція (АТС) селища забезпечує не більше g розмов одночасно. Час розмови у середньому становить близько $k + 1$ хв. Виклики на станцію надходять у середньому через k хв. Визначити основні характеристики ефективності роботи даної АТС. Як зміняться характеристики, якщо станція забезпечуватиме на дві розмови більше? (k – номер за списком у журналі групи, номер варіанта).

Завдання 3

40. Інтенсивність пуасонового вхідного потоку вимог дорівнює X . Час обслуговування вимоги в одноканальному пристрої є випадковою величиною з рівномірним законом розподілу на проміжку T .

За наявності черги першими мають обслуговуватися вимоги з найменшим часом обслуговування. Черга обмежена K позиціями. Вимоги, для яких немає місця в черзі, залишають модель необслуженими.

Завдання:

1. Скласти модель мовою GPSS роботи пристрою.
 - Змодельювати обслуговування 1000 вимог.
 - Визначити середню та максимальну довжину черги, середній час перебування вимоги в черзі.
 - Проаналізувати таблицю часу перебування вимог у моделі.
2. Під час моделювання переглянути зміни інформації у вікнах блоків, пристроїв, таблиці.
3. Створити і проаналізувати графік залежності поточної довжини черги від часу.

Таблиця варіантів задачі

№	Інтенсивність потоку вимог, X	Час обслуговування (проміжок), T	Розмір черги (позицій), K
1	1.2	[0.5; 1.8]	12
2	0.9	[0.4; 1.6]	8
3	1.5	[0.2; 1.2]	15
4	1.0	Нормальний (0.8; 0.3)	10
5	1.3	Експоненційний ($\lambda = 0.6$)	9
6	1.2	[0.3; 2.0]	11
7	0.8	Експоненційний ($\lambda = 0.5$)	13
8	1.4	[0.6; 1.4]	7
9	1.1	Нормальний (0.9; 0.25)	14
10	1.3	[0.4; 1.3]	10
11	1.2	[0.7; 1.5]	12
12	0.95	Нормальний (0.85; 0.2)	8
13	1.1	Експоненційний ($\lambda = 0.7$)	13
14	0.85	[0.3; 1.0]	11
15	1.2	[0.5; 2.0]	9
16	1.0	Нормальний (1.1; 0.35)	15
17	1.5	[0.3; 1.8]	6
18	1.1	Експоненційний ($\lambda = 0.8$)	13
19	0.9	Нормальний (0.95; 0.3)	10
20	1.3	[0.4; 1.7]	11
21	1.2	Експоненційний ($\lambda = 0.9$)	14
22	0.95	[0.3; 1.2]	12
23	1.4	Нормальний (1.0; 0.25)	8
24	1.0	[0.6; 1.9]	7
25	1.3	Нормальний (0.85; 0.3)	9
26	1.1	[0.4; 2.0]	10
27	0.75	Експоненційний ($\lambda = 0.5$)	12
28	1.0	[0.7; 1.4]	8
29	1.3	Нормальний (1.2; 0.3)	9
30	0.85	[0.5; 1.8]	10

Завдання 4

41. Обґрунтування рішення щодо вибору постачальника товарів.

Компанія, що здійснює торгівлю в місті N, має можливість закуповувати товар у місцевого постачальника або в постачальника, розташованого в місті R. Однак закупівлі в місті R супроводжуються додатковими транспортними та іншими витратами, що робить їх доцільними лише за умови значної різниці у закупівельній ціні товару.

Важливо враховувати, що, крім видимих витрат на транспортування, компанія стикається із фінансовими витратами на запаси в дорозі, експедирування та страхування вантажу. Логістична концепція повної вартості передбачає, що вибір віддаленого постачальника буде доцільним лише в разі, якщо зниження ціни перевищує суму всіх додаткових витрат.

Економічні показники

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Тариф за доставку 1 куб. м вантажу з міста R у місто N	грн/куб. м	1800
Річна процентна ставка за кредит для оплати товару	%/рік	10
Запас в дорозі під час закупівлі в місті R (збільшення строку виконання замовлення)	дні	30
Закупівельна вартість 1 куб. м товару в місті N (місцевий постачальник)	грн/куб. м	42 000
Закупівельна вартість 1 куб. м товару в місті R	грн/куб. м	37 000
Додаткові витрати на експедирування вантажу	грн/куб. м	600
Додаткові витрати на страхування вантажу	% від вартості товару	2.0

Розрахунки:

Оцінка ефекту закупівлі у віддаленого постачальника (місто R)

№	Показник	Одиниця вимірювання	Значення
1	Витрати на доставку товару	грн/куб. м	1800
2	Відсотки за кредитування запасу	грн/куб. м	$37\,000 \times 10 \div 100 \times 30 \div 365 = 304,11$
3	Витрати на експедирування	грн/куб. м	600
4	Витрати на страхування вантажу	грн/куб. м	$37\,000 \times 2 \div 100 = 740$
5	Загальні додаткові витрати	грн/куб. м	$1800 + 304,11 + 600 + 740 = 3444,11$
6	Різниця у вартості товару	грн/куб. м	$42\,000 - 37\,000 = 5000$
7	Ефект від закупівлі	грн/куб. м	$5000 - 3444,11 = 1555,89$

Висновок

Оновлені розрахунки підтверджують, що закупівля товару в місті R є економічно вигідною, оскільки різниця в ціні перевищує всі додаткові витрати, що дозволяє компанії знизити закупівельну вартість на 1555,89 грн за куб. м товару.

Варіанти завдань для аналізу ефективності закупівлі товарів

№	Тариф за доставку (грн/куб.м)	Ставка кредиту (%/рік)	Запас у дорозі (дні)	Ціна в місті N (грн/куб.м)	Ціна в місті R (грн/куб.м)	Витрати на експедирування (грн/куб.м)	Витрати на страхування (%)
1	1800	10	30	42 000	37 000	600	2.0
2	1900	9	28	43 000	37 500	650	1.8
3	1750	11	32	41 500	36 500	550	2.2
4	1850	12	35	44 000	38 000	700	2.0
5	1700	10	25	40 000	36 000	500	1.5
6	1950	8	27	44 500	38 500	750	1.7
7	2000	7	29	45 000	39 000	800	1.6
8	1650	13	33	41 000	35 500	480	2.3
9	1850	9	31	43 000	37 500	700	2.1
10	1750	11	30	42 000	37 000	590	1.9
11	1900	10	28	44 000	38 000	670	2.0
12	1800	12	35	45 000	39 000	720	2.5
13	1700	9	26	41 000	36 500	510	1.7
14	1950	8	30	44 500	38 500	760	1.9
15	1850	11	32	42 000	37 000	600	2.4
16	2000	10	29	43 000	37 500	800	1.8
17	1650	12	33	40 000	36 000	490	2.2
18	1900	9	27	44 500	38 500	680	1.6
19	1750	11	30	41 000	36 500	580	2.0
20	1850	10	28	42 000	37 000	630	1.7

42. Підприємству у зв'язку зі зростанням попиту знадобилося збільшити щоденне споживання ресурсу в k разів. У зв'язку зі змінами в економічній ситуації вартість транспортування зросла в n разів, а вартість зберігання одиниці ресурсу на одиницю часу – в m разів. Як зміниться оптимальний розмір замовлення та період часу між замовленнями? Покажіть відносну динаміку руху ресурсу.

Варіанти завдань

Варіант	К (збільшення попиту)	m (збільшення вартості зберігання)	n (збільшення вартості транспортування)
1	1,3	2,5	2,1
2	1,4	2,2	1,8
3	1,5	2,7	1,6
4	1,6	2,4	1,5
5	1,7	2,3	1,4
6	1,8	2,1	1,3
7	1,9	1,9	1,2
8	2,0	1,8	1,1
9	2,1	1,7	1,3
10	2,2	1,6	1,2
11	2,3	1,5	1,1
12	2,4	1,4	1,5
13	2,5	1,3	1,6
14	2,6	1,2	1,7
15	2,7	1,1	1,8
16	2,8	2,0	1,9
17	2,9	1,9	1,4
18	3,0	1,8	1,5
19	3,1	1,7	1,6
20	3,2	1,6	1,7

Якщо вам потрібні ще інші варіанти чисел або додаткові розрахунки, просто скажіть! 😊

4.2. Запитання та завдання для поточного контролю знань і самостійної роботи

1. У чому полягає сутність імітаційного моделювання?
2. З'ясуйте механізм імітації функціонування складних систем на ЕОМ.
3. Назвіть відомі поняття моделі.
4. Сформулюйте загальні властивості імітаційних моделей.
5. Назвіть відомі класифікації моделей.
6. У чому полягають особливості класифікацій імітаційних моделей?
7. Яке особливе значення імітаційного моделювання в дослідженні складних систем?
8. Які чинники уможливають застосування імітаційного моделювання на етапах проектування складних систем?
9. З'ясуйте технологічні етапи створення та застосування імітаційних моделей.
10. Сформулюйте загальні аспекти імітаційного моделювання економічних процесів.
11. Назвіть загальні аспекти імітаційного моделювання екологічних процесів.
12. Охарактеризуйте загальні аспекти імітаційного моделювання соціальних процесів.
13. Які переваги імітаційного моделювання порівняно з аналітичними методами?
14. Назвіть основні етапи розробки імітаційної моделі.
15. У чому відмінність між статичними та динамічними моделями?
16. Які типи процесів можна моделювати за допомогою імітаційного підходу?
17. Що таке стохастичне імітаційне моделювання?
18. Які методи застосовуються для перевірки коректності імітаційної моделі?

19. Як оцінюється ефективність імітаційної моделі?
20. Назвіть ключові характеристики дискретно-подієвих моделей.
21. Які математичні методи використовуються в розробці імітаційних моделей?
22. Яке значення мають методи Монте-Карло в імітаційному моделюванні?
23. Які програмні засоби використовуються для імітаційного моделювання?
24. Як проводиться валідація імітаційної моделі?
25. Чим відрізняється модель системної динаміки від дискретно-подієвої моделі?
26. У чому полягає методологія агентного моделювання?
27. Як можна застосовувати імітаційне моделювання в логістиці та транспортних системах?
28. Чим відрізняється емпірична модель від концептуальної?
29. Як побудова сценаріїв допомагає у проведенні імітаційного моделювання?
30. Які етичні аспекти слід урахувати під час використання імітаційних моделей?
31. Що таке GPSS і для яких задач він використовується?
32. Які ключові компоненти імітаційної моделі в GPSS?
33. Опишіть принцип роботи транзактів у GPSS.
34. Які основні типи блоків використовуються у GPSS?
35. Які основні оператори управління використовуються в GPSS?
36. Як у GPSS визначається логіка роботи черги?
37. Які обмеження існують у GPSS під час моделювання складних систем?
38. Як працює команда GENERATE в GPSS?
39. Опишіть призначення команди QUEUE в GPSS.
40. Як у GPSS реалізується процес обслуговування?

41. Які засоби збирання статистики доступні в GPSS?
42. Як використовується команда TERMINATE у GPSS?
43. Як налаштувати початкові параметри моделі в GPSS?
44. У чому полягає логіка блоків SEIZE та RELEASE?
45. Як використовується команда ADVANCE в GPSS?
46. Які особливості програмування стохастичних моделей у GPSS?
47. Як у GPSS реалізується паралельна обробка процесів?
48. Як провести оптимізацію моделі у GPSS?
49. Які способи візуалізації результатів доступні в GPSS?
50. Чим GPSS відрізняється від інших систем моделювання (наприклад, Simulink або AnyLogic)?
51. У чому полягає сутність теорії масового обслуговування?
52. Що таке система масового обслуговування (СМО) і які її характеристики?
53. Охарактеризуйте загальну класифікацію систем масового обслуговування.
54. Які параметри моделей черг можливі у системах масового обслуговування?
55. Назвіть ключові компоненти пакета імітаційного моделювання GPSS.
56. Які особливості структуризації моделей у GPSS?
57. Які основні оператори мови GPSS?
58. Як у GPSS реалізується процес моделювання черг?
59. Опишіть принцип роботи транзактів у GPSS.
60. Які показники ефективності аналізуються в GPSS?
61. Які механізми збирання статистики доступні в GPSS?
62. Чим GPSS відрізняється від інших систем імітаційного моделювання?
63. Як оцінюється ефективність моделі у GPSS?
64. Які підходи до аналізу вихідних даних реалізовані в GPSS?

Питання для самостійної роботи

Теорія ігор

1. Які чинники сприяли виникненню теорії ігор?
2. Сформулюйте основні задачі теорії ігор.
3. У чому полягає сутність теорії ігор?
4. Які з ігор належать до скінченних, а які – до нескінченних?
5. Які з ігор належать до матричних та біматричних?
6. У чому полягає сутність принципу мінімаксу?
7. Як у теорії ігор називають дії, виконувані гравцями?
8. Які стратегії є складниками оптимальної стратегії гравця з ненульовими частотами?
9. Як називають гру, в якій виграш одного гравця дорівнює програшу іншого?
10. Сформулюйте постулат основної теореми теорії ігор.
11. Які стратегії в теорії ігор називають корисними?
12. Які прикладні галузі використовують теорію ігор у прийнятті рішень?

Програмний комплекс ANSYS

13. У чому полягає сутність програмного комплексу ANSYS?
14. Які програмні модулі включає ANSYS?
15. Назвіть ключові функції ANSYS у моделюванні фізичних процесів.
16. Які типи скінченних елементів застосовуються в ANSYS?
17. Як у ANSYS реалізовано процедуру міцнісного аналізу?
18. Які основні етапи розрахунку в ANSYS?
19. Які особливості розрахунку теплових процесів у ANSYS?
20. Як у ANSYS відбувається робота з базами даних?
21. Чим GUI у ANSYS відрізняється від інших систем?
22. Які типи фізичних процесів можна моделювати в ANSYS?
23. Як в ANSYS реалізовано моделювання теплових потоків?

24. Які методи числового інтегрування використовуються в ANSYS?
25. Як можна змінювати параметри матеріалів у ANSYS?
26. Які алгоритми використовуються для розрахунку деформацій у ANSYS?
27. Як у ANSYS здійснюється аналіз коливань конструкцій?
28. Які критерії міцності враховуються в ANSYS?
29. Як реалізується нелінійний аналіз у ANSYS?
30. Які особливості роботи із сіткою елементів у ANSYS?
31. Як у ANSYS реалізовано багатофізичне моделювання?
32. Як можна автоматизувати обчислення в ANSYS?
33. Які інструменти візуалізації результатів аналізу доступні в ANSYS?
34. Як налаштовується процес оптимізації параметрів у ANSYS?
35. Які формати файлів використовує ANSYS для збереження розрахунків?
36. Які типи нелінійності враховуються в моделюванні в ANSYS?

Імітаційне моделювання в AnyLogic

37. Які методи моделювання підтримує AnyLogic?
38. Як у AnyLogic реалізовано дискретно-подієве моделювання?
39. Що таке агентне моделювання в AnyLogic?
40. Які механізми роботи черг використовуються в AnyLogic?
41. Як налаштовується експериментальна платформа в AnyLogic?
42. Які програмні засоби аналізу вихідних даних включає AnyLogic?
43. Як працює інтеграція AnyLogic з іншими програмними продуктами?
44. Які галузі найбільше застосовують AnyLogic?
45. Як у AnyLogic працюють статистичні механізми збирання даних?

Логістика

46. Що таке логістика, які її основні функції?
47. Які основні види логістики існують?

48. У чому полягає сутність транспортної логістики?
49. Як працює складська логістика, які її ключові аспекти?
50. Які основні завдання закупівельної логістики?
51. Що таке виробнича логістика, як вона впливає на ефективність підприємства?
52. Як функціонує розподільча логістика?
53. Які ключові показники ефективності логістичних процесів?
54. Як цифрові технології впливають на розвиток логістики?
55. Які методи оптимізації логістичних систем використовуються у сучасному бізнесі?
56. Як працює логістика «останньої милі», чому вона важлива?
57. Які особливості міжнародної логістики та які виклики вона має?
58. Як працює система Just-In-Time (JIT) у логістиці?
59. Які підходи використовують компанії для мінімізації логістичних витрат?
60. Як імітаційне моделювання допомагає аналізувати логістичні процеси?

Логістика в AnyLogic

61. Які аналітичні методи реалізовані в AnyLogic?
62. Як в AnyLogic моделюються логістичні ланцюги постачання?
63. Які типи логістичних процесів можна аналізувати за допомогою AnyLogic?
64. Як працює агентне моделювання у логістичних системах AnyLogic?
65. Як у AnyLogic реалізовано управління запасами?
66. Які методи оптимізації маршрутів доставки можна застосувати в AnyLogic?
67. Як у AnyLogic моделюються транспортні потоки?
68. Які алгоритми управління чергами підтримуються в AnyLogic?
69. Як можна використовувати AnyLogic для прогнозування попиту на товари?

70. Як в AnyLogic налаштовуються параметри складів і зон зберігання?
71. Які механізми імітаційного моделювання логістичних центрів є в AnyLogic?
72. Як працює моделювання динамічного розподілу ресурсів у логістиці?
73. Як в AnyLogic інтегрувати реальні дані з GPS-трекінгу в моделі транспорту?
74. Які методи оцінки ефективності логістичних рішень можна використовувати в AnyLogic?
75. Як в AnyLogic моделювати роботу автоматизованих логістичних систем?
76. Які особливості моделювання мультимодальних перевезень у AnyLogic?
77. Як в AnyLogic реалізується симуляція складів і логістичних хабів?
78. Як використовується моделювання бізнес-процесів для оптимізації логістики?
79. Які можливості AnyLogic для аналізу ризиків у логістичних системах?
80. Як в AnyLogic моделювати коливання попиту та їх вплив на логістичні процеси?

Стратегічна ділова гра «Ніксдорф Дельта»

81. У чому полягає сутність стратегічної ділової гри «Ніксдорф Дельта»?
82. Назвіть максимальну кількість гравців у діловій грі «Ніксдорф Дельта».
83. З'ясуйте структуру комп'ютерної імітаційної моделі у системі «Ніксдорф Дельта»?
84. Назвіть максимально можливу кількість підприємств у системі «Ніксдорф Дельта» та максимальну кількість найменувань продукції, вироблюваної цими підприємствами.

85. Які зовнішні зв'язки підприємства існують в імітаційній моделі системи «Ніксдорф Дельта»?

4.3. Теми рефератів

1. Людино-машинні моделі як важливий тип змішаних моделей, застосовний в економіці.
2. Економіко-математичні моделі.
3. Змінні моделі в економіці.
4. Кореляційно-спектральні характеристики випадкових процесів.
5. Метод канонічних спектральних розкладів випадкових часових рядів.
6. Сучасні методи цифрового спектрального оцінювання.
7. Оцінки ризиків в економіці із застосуванням імітаційних моделей.
8. Марковські випадкові процеси.
9. Модель броунівського руху.
10. Логарифмічна норма прибутку фінансових тимчасових рядів.
11. Основні поняття фрактальної геометрії.
12. Прикладні методи оцінювання фрактального розміру за експериментальними даними.
13. Хаотична динаміка і комп'ютерна імітація.
14. Нелінійні прогнозовані моделі хаотичних часових рядів.
15. Імітація процесів фінансування та грошових потоків.
16. Розробка імітаційної моделі фірми.
17. Імітаційне моделювання в проєктуванні.
18. Модель аналізу технологічних процесів.
19. Апроксимація функцій поліномами.
20. Імітаційне моделювання складних адаптивних систем у реальному часі.
21. Агентне моделювання як інструмент прогнозування в соціальних та економічних процесах.
22. Стохастичні методи в імітаційному моделюванні та їх практичне застосування.

23. Методи валідації імітаційних моделей складних технічних систем.
24. Імітація динаміки поширення інформації в соціальних мережах.
25. Використання нейронних мереж для оптимізації імітаційного моделювання.
26. Багатофізичне моделювання складних систем: проблеми інтеграції та точності.
27. Імітаційне моделювання управління автономними транспортними системами.
28. Системне моделювання кризових ситуацій у глобальній економіці.
29. Роль хмарних технологій у розвитку імітаційного моделювання.
30. Імітація логістичних процесів: порівняння GPSS, AnyLogic та Arena.
31. Моделювання ефективності медичних систем та алгоритмів прийняття рішень.
32. Імітаційні моделі фінансових ринків: передбачуваність та ризики.
33. Застосування методів Монте-Карло для оцінки складних систем.
34. Оптимізація імітаційних моделей: методи зменшення обчислювальних витрат.
35. Дискретно-подієве моделювання в аналізі кібербезпеки.
36. Імітаційне моделювання біологічних систем: нейронні мережі та стохастичні алгоритми.
37. Вплив великих даних (Big Data) на точність імітаційного моделювання.
38. Застосування імітаційного моделювання у військових стратегіях та оборонних системах.
39. Використання квантових алгоритмів в імітаційному моделюванні складних процесів.
40. Система імітаційного моделювання Arena компанії Rockwell Software.

4.4. Питання для самоконтролю

1. Визначення системи масового обслуговування.
2. Основні завдання теорії масового обслуговування.
3. Математичні моделі СМО.
4. СМО з відмовами і чергами.
5. Системи з обмеженими та необмеженими чергами.
6. Порядок обслуговування та основні характеристики ефективності роботи СМО.
7. Пропускна спроможність СМО – абсолютна і відносна.
8. Генератори випадкових величин.
9. Моделювання дискретних випадкових величин.
10. Імітаційне моделювання СМО.
11. Детерміновані та випадкові вхідні потоки.
12. Пуассонові потоки.
13. Обмеження за довжиною черги та за часом перебування в ній.
14. Порядок обслуговування. Безпріоритетні, пріоритетні та циклічні черги.
15. Терміни обслуговування: детерміновані та випадкові.
16. Одно- та багатоканальні системи обслуговування.
17. Вихідні потоки в мережах СМО.
18. Стан рівноваги СМО і закон Літгла.
19. Методи моделювання неперервних випадкових величин.
20. Моделювання пуассонового потоку вимог.
21. Моделювання нормального закону розподілу випадкової величини.
22. Аналітичні розв'язки для детермінованих і змішаних систем.
23. Метод Монте-Карло для моделювання стохастичних систем.
24. Основні формули для розрахунку ймовірностей станів перебування СМО.
25. Стан звільнення всіх пристроїв обслуговування.
26. Імовірність стану, коли обслуговування здійснює задана кількість пристроїв.

27. Імовірність стану, коли в системі перебуває задана кількість вимог.
28. Імовірність стану, коли всі пристрої зайняті.
29. Імовірність стану, коли всі пристрої зайняті обслуговуванням і к вимог перебувають у черзі.
30. Імовірність стану, коли час перебування вимог у черзі перевищує заданий.
31. Середня довжина черги.
32. Середня кількість вільних від обслуговування пристроїв.
33. Середня кількість зайнятих обслуговуванням пристроїв.
34. Середній час очікування вимоги до початку обслуговування в системі.
35. Стохастичні мережі СМО.
36. Замкнені та розімкнені мережі.
37. Стохастичні марковські процеси.
38. Операційний аналіз стохастичних мереж.
39. Оцінювання середнього часу перебування вимоги в окремих вузлах мережі.
40. Оцінювання завантаженості пристроїв СМО.
41. Оцінювання середньої довжини черги.
42. Замкнені мережі.
43. Коефіцієнт використання вузла.
44. Середній час перебування у вузлі та інтенсивність вихідного потоку вимог з вузла.
45. Баланс потоків у мережі (рівність кількості вимог, що надійшли до деякого вузла за тривалий період, та кількості вимог, що залишили цей вузол).
46. Визначення залежності між операційними змінними для кожного вузла мережі.
47. Закон Літтла для мережі.
48. Визначення часу перебування в замкненій мережі.

49. Пошук «вузьких» місць у мережі (вузли, в яких коефіцієнт завантаження наближається до одиниці).

50. Методи підвищення надійності систем резервуванням із відновленням.

51. Граф-операторні моделі СМО.

52. Узагальнені граф-операторні СМО.

53. Визначення кількості реалізацій у разі моделювання випадкових величин.

54. Визначення кількості реалізацій для оцінки ймовірності настання події.

55. Визначення кількості реалізацій для оцінки середнього значення випадкової величини.

56. Оцінювання параметрів граф-операторної моделі за даними спостережень.

57. Керування в системах масового обслуговування.

58. Методи оптимізації СМО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Книги та навчальні посібники

1. Зайцева Т. А. Імітаційне моделювання : навч. посіб. / Т. А. Зайцева, О. Д. Фридман. Дніпро : РВВ ДНУ, 2019. 92 с.
2. Пономаренко О. І. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі / О. І. Пономаренко, В. О. Пономаренко. Київ : Либідь, 1995. 214 с.
3. Ситник В. Ф. Імітаційне моделювання : навч. посіб. / В. Ф. Ситник, Н. С. Орленко. Київ : КНЕУ, 1998. 232 с.
4. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : практикум / Ю. В. Жерновий ; ред. О. С. Кузик. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 312 с.
5. Кадієвський В. А. Імітаційне моделювання економічних процесів / Кадієвський В. А., Жадлун З. О., Жадлун А. О. Київ : НАУ, 2002. 230 с.
6. Томашевський В. М. Моделювання систем : підручник / Томашевський В. М. Київ : Видавнича група ВНУ, 2015. 352 с.
7. Уривський Л. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях : навч. посіб. / Л. О. Уривський, А. В. Мошинська, С. О. Осипчук. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 202 с.
8. Виклюк Я. І. Моделювання складних систем : посіб. / Я. І. Виклюк, Р. М. Камінський, В. В. Пасічник. Львів : Новий Світ- 2000, 2020. 404 с.

Наукові статті та матеріали конференцій

9. Прус А. В. Підходи, перспективи та траєкторії математичного моделювання в освіті / А. В. Прус. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2024. Вип. 71. С. 216–225. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/39591>

10. Сердюк М. Є. Особливості організації теоретичних онлайн-занять / М. Є. Сердюк, І. А. Сафронова, Т. А. Зайцева. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій: збірник наукових праць*. 2022. Т. 26. С. 87–95. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432211>

11. Собчук В. В., Любченко В. О. Особливості викладання математичного моделювання в курсі вищої математики закладу вищої освіти для студентів технічних спеціальностей / В. В. Собчук, В. О. Любченко. *Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Тараса Шевченка*. 2023. № 16. DOI: <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2023-16.15>

12. Собчук В. В. Методологічні аспекти інтегрованості математичного моделювання в системі математичних дисциплін вищої школи / В. В. Собчук та ін. *Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів та комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці* : матеріали III Всеукр. конф. Київ, 2021. С. 164–167.

13. Собчук В. В. Методологічні аспекти навчання математичного моделювання в системі університетської освіти / В. В. Собчук та ін. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*. 2022. № 21. С. 59–87. DOI: <https://doi.org/10.31392/iscs.2022.21.059>

14. Імітаційне моделювання технологічного процесу виготовлення виробів у середовищі FlexSim / О. Т. Велика, С. Є. Лясковська, О. О. Смотров, М. В. Бойко. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31. № 2. С. 108–113.

Монографії та збірники наукових праць

15. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті і науці : монографія / за заг. ред. О. Литвин. Київ : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. 332 с.

16. Шарапов О. Д. Системний аналіз / Шарапов О. Д., Терехов Л. Л., Сіднев С. П. Київ : Вища школа, 1993. 304 с.

Інтернет-ресурси

17. Стандарт вищої освіти України, бакалаврський рівень, 11 Математика і статистика, 113 Прикладна математика. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/113-prikladna-matematika.bakalavr-1.pdf>

Іноземні джерела

18. Yang T. Depth Sequential Information Entropy Maps and Multi-Label Subspace Learning for Human Action Recognition / T. Yang, Z. Hou, J. Liang, Y. Gu & X. Chao. *IEEE Access*. 2020. № 8. P. 135118–135130. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3006067>

19. Improving configuration of complex production lines via simulation-based optimization / Mustafa Fatih Yegul, Fatih Safa Erenay, Soeren Striepea & Mustafa Yavuza. *Computers & Industrial Engineering*. 2017. № 109 (4). P. 295–312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.019>

20. Sena Daş, G. New Multi-objective models for the gate assignment problem / Sena Daş, G. *Computers & Industrial Engineering*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.042>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Т. А. ЗАЙЦЕВА, С. І. ЖИР, Г. А. ШИШКАНОВА

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ:
ТЕОРІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОСВІТНІ ПРАКТИКИ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Редактори: Т. П. Дерев'янка, О. О. Смирнова

Комп'ютерна верстка: О. О. Смирнова

**Підписано до друку: 12.02.2026. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 8,75. Облік.-вид. арк. 7,78. Тираж 100 прим.
Замовлення № 6.**

**Дніпро : Університет митної справи та фінансів
(свідоцтво про видавничу діяльність ДК № 6198 від 24.05.2018 р.)
49000, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського 2/4**