

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розроблення підсистеми оптимізації страхових заділів для системи керування приладобудівельним виробництвом
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи КІТПВм-21-1

Філонич Д. В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Невлюдов І. Ш.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Філоничу Дмитру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення підсистеми оптимізації страхових заділів для системи керування приладобудівельним виробництвом»

затверджена наказом університету від «07» грудня 2022 р. №1464 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «07» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження – процес оптимізації страхових заділів системи керування приладобудівельним виробництвом. Предмет дослідження – моделі та методи оптимізації страхових заділів. Предмет розробки – компоненти системи керування страховими заділами. Функція – підвищення ефективності технологічних процесів приладобудівельного виробництва. Технічне забезпечення: IBM-сумісний персональний комп'ютер. Перелік використовуваних програмних засобів: ОС Mac OS середовище розробки IntelliJ IDEA, JDK 1.8.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. Огляд і аналіз проблеми керування страховими заділами. Особливості приладобудівельного виробництва як об'єкта керування. Аналіз існуючих моделей та методів оптимізації страхових заділів. Математичне забезпечення підсистеми. Постановка задачі оптимізації страхових заділів. Вибір методу нормування страхових заділів. Алгоритми розрахунку й оптимізації страхових заділів. Розробка Q-схеми процесу. Розробка програмного забезпечення задачі. Вибір мови та середовища програмування. UML-діаграма підсистеми. Опис програмного забезпечення. Проведення та аналіз експериментів. Охорона праці в лабораторії моделювання ТП. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) на аркушах формату А4 (12-16 сторінок).

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання, аналіз завдання, уточнення плану роботи	01.09.22	Виконано
2	Аналіз сучасного стану проблеми керування виробничими страховими заділами	08.09.22	Виконано
3	Огляд сучасних математичних моделей і методів оптимізації страхових заділів	15.09.22	Виконано
4	Розробка математичного забезпечення задачі	29.09.22	Виконано
5	Розробка програмного забезпечення задачі	13.10.22	Виконано
6	Проведення експериментальних досліджень	27.10.22	Виконано
7	Підготовка публікацій за результатами дослідження	10.11.22	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	24.11.22	Виконано
9	Подання закінченої роботи науковому керівникові	26.11.22	Виконано
10	Усунення зауважень наукового керівника	01.12.22	Виконано
11	Подання роботи на рецензування	02.12.22	Виконано
12	Підготовка презентації	03.12.22	Виконано
13	Попередній захист	05.12.22	Виконано
14	Подання роботи до екзаменаційної комісії	07.12.22	Виконано

Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ *Філонич Д. В.*

_____ *зав. каф. Невлюдов І. Ш.*
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 с., 3 табл., 18 рис., 1 дод., 30 джерел.

ВИРОБНИЦТВО, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МОДЕЛЮВАННЯ,
ОПТИМІЗАЦІЯ, ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ,
СТРАХОВИЙ ЗАДІЛ.

Об'єкт дослідження – процес оптимізації виробничих страхових заділів.

Предмет дослідження – моделі та методи оптимізації страхових заділів.

Мета кваліфікаційної роботи – розроблення засобу оптимізації страхових заділів в системі керування приладобудівельним виробництвом для забезпечення безперебійної роботи технологічних ліній.

Методи дослідження – методи системного і логічного аналізу, математична статистика, імітаційне моделювання, планування експериментів, інтервальний аналіз.

Запропоновано рішення актуальної науково-прикладної задачі розроблення засобу оптимізації страхових заділів в умовах неповної визначеності даних у системі керування приладобудівельним виробництвом. Запропоновано удосконалення методу на основі мінімізації наведених витрат шляхом використання інтервальних оцінок. Для остаточного вибору розміру страхових заділів запропоновано використати метод на основі імітаційного моделювання технологічного процесу. Програмна реалізація розробки здійснена з використанням мови програмування Java та пакету програм імітаційного моделювання GPSS WORLD.

Результати кваліфікаційної роботи апробовані на 3-х міжнародних конференціях.

ABSTRACT

Explanatory note: 87 p., 3 tables, 18 fig., 1 add., 30 sources.

PRODUCTION, MATHEMATICAL MODEL, SIMULATION, OPTIMIZATION, INSTRUMENTATION, CONTROL SYSTEM, INSURANCE RESERVE.

The object of the study is the process of optimization of production insurance units.

The subject of the research is models and methods of optimization of insurance divisions.

The purpose of the qualification work is to develop a means of optimizing the insurance sections in the control system of the instrument-making production to ensure the smooth operation of the technological lines.

Research methods – methods of systematic and logical analysis, mathematical statistics, simulation modeling, planning of experiments, interval analysis.

A solution to the current scientific and applied problem of developing a means of optimizing insurance divisions in conditions of incomplete data certainty in the control system of instrument manufacturing production is proposed. It is proposed to improve the method based on the minimization of the given costs by using interval estimates. For the final selection of the size of insurance units, it is proposed to use a method based on simulation modeling of the technological process. The software implementation of the development was carried out using the Java programming language and the GPSS WORLD simulation software package.

The results of the qualification work were tested at 3 international conferences.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Огляд і аналіз сучасного стану проблеми керування страховими заділами	11
1.1 Особливості приладобудівельного виробництва як об'єкта керування... 11	
1.1.1 Загальна характеристика сучасних систем керування технологічних процесів	13
1.1.2 Опис та класифікація систем керування виробництвом.....	17
1.2 Задача планування страхових заділів	21
1.2.1 Суть страхових заділів на виробництві	21
1.2.2 Актуальність оптимізації страхових заділів	24
1.3 Аналіз існуючих методів оптимізації страхових заділів на виробництві	28
1.4 Постановка мети та задач досліджень	37
1.5 Висновки до першого розділу	38
2 Математичне забезпечення підсистеми оптимізації страхових заділів	40
2.1 Постановка задачі оптимізації страхових заділів	40
2.2 Вибір методу визначення страхових заділів	42
2.2.1 Статистичний метод	42
2.2.2 Модифікований метод.....	45
2.3 Опис та розробка алгоритму оптимізації страхових заділів	47
2.4 Q-схема підсистеми та її опис	50
2.5 Висновки до другого розділу.....	53
3 Розробка програмного забезпечення підсистеми оптимізації страхових заділів	54
3.1 Вибір мови та середовища розробки програмного забезпечення	54
3.1.1 Мова імітаційного моделювання	54
3.1.2 Мова програмування	56

3.1.1 Середовище розробки	59
3.2 Обґрунтування вибору мови та середовища розробки програмного забезпечення.....	64
3.3 UML-діаграма підсистеми	65
3.4 Опис програмного забезпечення	66
3.5 Аналіз результатів експерименту.....	71
3.5.1 Аналіз результатів експерименту роботи веб-додатку	71
3.5.2 Аналіз результатів експерименту роботи GPSS програми.....	73
3.6 Висновки до третього розділу	74
4 Охорона праці	76
4.1 Загальні положення	76
4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	77
4.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи	78
4.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	79
4.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	79
4.6 Висновки до четвертого розділу	80
Висновки.....	82
Перелік джерел посилання.....	84
Додаток А Презентація.....	88

ВСТУП

Сучасні приладобудівельні виробництва зіштовхуються з низкою викликів на вітчизняному та світовому ринках. Для успішної конкуренції та досягнення успіху підприємства ставлять перед собою мету, яка полягає у постійному підвищенні ефективності своєї діяльності. Цей процес являється можливим завдяки розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій та засобів автоматизації виробничих процесів. Адже їх впровадження дає змогу скорочувати витрати як фінансові, так і часові, а також збільшувати рівень якості продукції, що виробляється.

В останні десятиліття в світовому приладобудівельному виробництві спостерігаються тенденції до всебічної автоматизації технологічних процесів і систем керування ними. Це сприяє підвищенню якості продукції, скороченню витрат матеріальних, енергетичних і фінансових ресурсів. Серед найважливіших задач керування виробництвом виділяють задачі керування поточними і страховими запасами (заділами), зокрема, оптимізації їх розмірів на періоді постачання відносно дати замовлення.

Велику роль у ефективності приладобудівельного виробництва грає ефективне керування запасами підприємства. Адже далеко не завжди слід бути впевненим, що ті чи інші постачальники, з якими було укладено угоду, будуть виконувати свої зобов'язання чітко та вчасно. Тому що існують ситуації, коли це неможливо. В такому випадку виробничому комплексу на допомогу приходять його страхові заділи зі складів. Сфера застосування подібного роду запасів на виробництві охоплює не тільки приладобудівельні підприємства. Їх актуальність розповсюджується на будь-які виробничі комплекси, які ставлять собі на меті сформувати стабільне та безперебійне виробництво тієї чи іншої продукції, не залежно від попиту, який постійно коливається та інших факторів, що впливають

на обсяг вироблення продукції. На етапі накопичення та використання страхових заділів постає питання в ефективності їх керування. Адже грамотна оптимізація страхових запасів представляє собою один із методів підвищення ефективності виробництва та підприємства в цілому. Інтеграція подібних процесів з системами автоматизованого керування значно розширює можливості щодо раціонального керування запасами виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи являється розроблення засобу оптимізації страхових заділів в системі керування приладобудівельним виробництвом для забезпечення безперебійної роботи технологічних ліній.

Об'єкт дослідження – процес оптимізації виробничих страхових заділів.

Предмет дослідження – моделі та методи оптимізації страхових заділів.

Методи дослідження – методи системного і логічного аналізу, математична статистика, імітаційне моделювання, планування експериментів, інтервальний аналіз.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати огляд і аналіз сучасного стану проблеми керування виробничими страховими заділами;
- сформулювати постановку задачі оптимізації страхового заділу приладобудівельного виробництва;
- обрати та удосконалити метод оптимізації страхових заділів;
- розробити алгоритми методів оптимізації страхових заділів;
- обрати мову програмування та середовище розробки програми;
- розробити програмне забезпечення задачі;
- провести перевірку працездатності програм;
- провести модельні експерименти та оцінити точність отриманих результатів;
- сформулювати правила безпеки життєдіяльності фахівців у відділі моделювання технологічних процесів;

– оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [2].

За темою кваліфікаційної роботи було підготовлено доповіді з публікацією тез на трьох міжнародних та Всеукраїнській конференціях [20-21, 30].

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ КЕРУВАННЯ СТРАХОВИМИ ЗАДІЛАМИ

1.1 Особливості приладобудівельного виробництва як об'єкта керування

На сучасному виробництві об'єктом керування прийнято вважати саме виробництво та системи, що функціонують на ньому для підвищення його ефективності. Ефективність кожного виробництва, як правило, полягає у тому, щоб об'єм затрачених ресурсів (фінансових, фізичних, часових) на виході передбачав собою максимальний результат задоволення як кінечних користувачів, що передбачає собою ріст попиту, так і самого підприємства у контексті прибутку, що являється основним принципом діяльності будь-якого бізнесу. Схема виробничої структури приладобудівельного підприємства приведена на рис. 1.1.

Виробничий процес полягає у конвертуванні набору елементів у продукцію, яка повинна зацікавити ринок. Для досягнення даних цілей існує необхідність у проведенні аналізу структури виробництва, принципів, за якими можливо досягти певного розвитку, матеріального забезпечення та кінечних фінансових очікувань.

Керування приладобудівельного виробництва, а також інших типів виробництва, представляє собою певну систему взаємопов'язаних елементів, які характеризують саме виробництво, а також його організацію. Не малу вагу має також технічне обслуговування. Дуже важливим аспектом розумного керування виробництвом являється своєчасне керування у режимі онлайн, адже сучасний ринок є величезним, все змінюється дуже швидко, тому одним із принципів ефективності виробництва являється максимально швидке реагування на різні події, а також їх завчасне передбачення. Також до керування виробництвом

відноситься динамічне управління матеріальними потоками, суть якого полягає у матеріальному забезпеченні виробництва, формування ціни та інших витрат. Одним із найважливіших аспектів є контроль за якістю створюваної продукції ще на етапі виробництва.



Рисунок 1.1 – Схема виробничої структури приладобудівельних підприємств [3]

Керування інтегрованим виробничим комплексом передбачає собою те, що кожен із його суб'єктів бере участь у процесі прийняття управлінських рішень та планування подальшої стратегії. Основна суть полягає у тому, що кожен з них у комплексі з іншими задля досягнення однієї мети.

Керування приладобудівельним виробництвом передбачає розв'язання таких основних задач [4]:

- організація (створення структури для кращого розподілу обов'язків та

розробка цілей);

- планування (аналіз поточної ситуації на виробництві та стратегічне планування розвитку задля досягнення певного набору цілей);
- координація (управління співробітниками та їх спільною діяльністю);
- мотивація (забезпечення стабільного виконання обов'язків персоналом);
- контроль (ведення обліку затрачених ресурсів, контроль за реалізацією виконання плану та його корегування у випадку виникнення проблем).

1.1.1 Загальна характеристика сучасних систем керування технологічних процесів

Швидко та активне в один момент поширення сучасних обчислювальних механізмів дало змогу розробляти різновиди автоматизованих систем управління у режимі онлайн, а також здійснювати виробничі математичні розрахунки, завдяки яким можна було отримати певні виробничо-економічні показники та аналізувати наслідки прийнятих управлінських рішень, корегувати їх у реальному часі, а також здійснювати планування на майбутнє з урахуванням коливань ринку.

Системи керування виробництвом, як правило, складаються з набору підсистем, які представляють собою певну ієрархію. Разом із технологічним розвитком, розширювались і функціональні можливості таких підсистем. Були створені нові методи побудови алгоритмів управління, методи обробки ф передачі інформації, засоби взаємодії та зв'язку з апаратною частиною виробництва. І весь цей технологічний розвиток напряду пов'язаний також із різким ростом масштабів виробництва у світі, що призвело до серйозного ускладнення в області управління такими виробництвами. Такі процеси на ринку призвели до широкої інтеграції автоматизованих систем керування на сучасні підприємства.

Автоматизована система управління представляє собою набір методів та технічних засобів, які призначені для того, щоб забезпечувати максимальну ефективність підприємства завдяки теорії управління, математичних розрахунків та використанню сучасних засобів обробки даних.

Використання автоматизованих систем управління підприємствами дало змогу значно збільшити обсяги та масштаби виробництва. Такі системи надають безпеку функціонування технологічного процесу.

Сучасні засоби автоматизації керування виробництвом представляє собою набір підсистем інформаційного забезпечення, а саме для обробки та збереження даних, а також підсистеми управління, яка дає змогу оптимізувати технологічний процес у режимі онлайн. Види технологічних процесів представлені на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Види технологічних процесів [5]

Сучасним виробничим технологічним процесам притаманно розширення автоматизованих інформаційно-керувальних систем. Адже завдяки таким

системам покращується відстеження технологічного процесу виробництва самого продукту, його якість та попит, що являється основою для прийняття певного набору управлінських рішень.

Система управління виробництвом представляє собою набір пов'язаних між собою елементів, а саме: технології, матеріальні потоки, виробничі процеси, робоча сила тощо. Структурна схема виробничих процесів представлена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Структурна схема виробничих процесів [5]

Сучасні системи керування забезпечують контроль над координацією, плануванням та регулювання виробництва. Це досягається завдяки налагодженню взаємозв'язку між окремими елементами виробничого процесу та в той же час їх автономність між собою. Також такі системи мають особливий

набір алгоритмів дії у випадку порушення стабільності ситуації на ринку або порушення ритму виробництва через проблеми з комплектуванням необхідних ресурсів або інших видів затримки.

Основна мета автоматизованої системи керування виробництвом – забезпечити наявність потрібних ресурсів для виробництва. Тобто дуже важливим являється наявність запасів та їх вчасне надання на конкретній стадії технологічного процесу. Складові виробничого процесу наведені на рисунку 1.4.

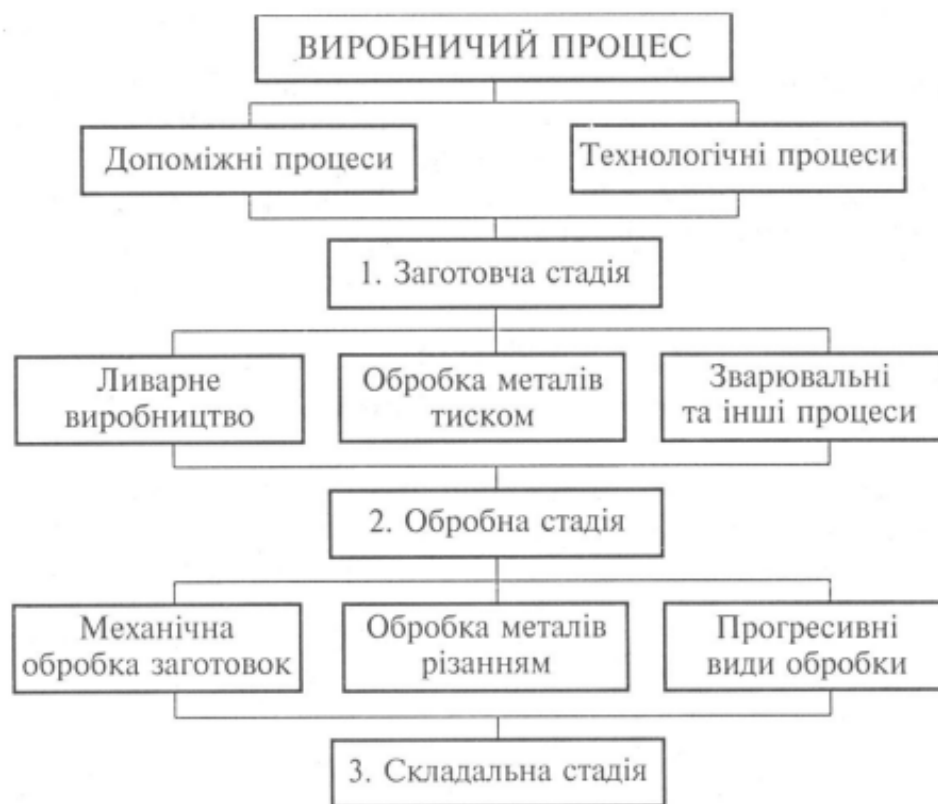


Рисунок 1.4 – Складові виробничого процесу [6]

Автоматизована система керування виробництвом також має на меті оптимізацію створюваних запасів, що повинно забезпечувати безперервне виготовлення продукту, а також його поставки у стабільному обсязі. І все це повинно бути збережене, незалежно від зміни попиту на ринку на відповідний продукт.

Сучасні автоматизовані системи керування характеризуються досягненням планово-економічних розрахунків завдяки математичним методам, на основі яких здійснюється створення математичної моделі, яка передбачає собою утворення набору управлінських рішень в залежності від поточної ситуації.

Набір функцій, що представляють собою збір даних, їх подальша обробка на основі іншої інформації, генерація оптимальних технологічних рішень на основі математичних методів та розрахунків являється основою сучасних систем управління. Таким системам притаманно керування, що передбачає собою розширене використання планування, обліку, технічно-економічного аналізу, а також постійне керування економічно-математичними моделями та сучасними засобами обробки та передачі даних. Саме такі аспекти забезпечують підвищення ефективності технологічного процесу.

1.1.2 Опис та класифікація систем керування виробництвом

Система керування представляє собою підсистему, в якій компонентами представлені групи людей, які взаємодіють між собою задля досягнення основної мети, виконуючи певний алгоритм. Такі системи, через велику кількість різних технічних можливостей, цілей та методів досягнення певної мети, мають досить об'ємну класифікацію.

За глобальністю сфери управлінських рішень, які приймаються, системи управління діляться на:

- розподілені;
- централізовані.

Розподілені представляють собою наявність певної ієрархії пов'язаних між собою об'єктів прийняття рішень. Такий вид систем керування являється найбільш поширеним. Вони, як правило, використовуються для розподілу ресурсів, функцій та ін. Але дані системи мають значний недолік, адже їм

притаманні порушення цілісності та конфлікти проміжних елементів системи.

Централізовані системи керування мають один єдиний об'єкт прийняття рішень. Основна функціональна особливість таких систем – це контроль та координація процесів на високому рівні. Також їм притаманно планування подальшого розвитку подій. Але і тут присутні недоліки, а саме: значні масштаби об'єкта керування значно загальмовують процес прийняття рішень та координацію, у випадку нестандартної ситуації, яка може потребувати миттєвого реагування.

За необхідністю участі людини під час прийняття рішень системи керування розподіляються на:

- автоматичні;
- автоматизовані.

Автоматичні системи керування на перший погляд здаються спрощеним варіантом подібних систем, але за цим криється великий недолік, який полягає у тому, що такі системи мають дуже обмежену функціональність. Адже вони обмежені об'єктами та процесами, відносно яких може бути розроблена математична модель. Алгоритми таких систем не являються динамічними, тому область використання дуже невелика.

Що стосується автоматизованих систем керування, то тут ситуація дещо краще. Адже такі системи мають непогану функціональність, але, на відміну від автоматичних, автоматизовані системи мають підтримку з боку людини, що дозволяє значно покращити динамічність можливостей роботи, адже неможливо автоматично передбачити всі можливі варіанти, а за допомогою людини в цій системі, позаштатні ситуації не будуть фатальною подією. Такі системи забезпечують автоматизований збір, обробку та збереження даних, які потрібні для процесу оптимізації управління елементами виробництва.

За функціональним обов'язком системи керування можуть займатися:

- плановими розрахунками;

- матеріально-технічним забезпеченням;
- ділянкою на виробництві.

За характером об'єкта керування, дані системи класифікуються на:

- системи керування технологічним процесом;
- системи керування операційним процесом;
- системи керування організаційним управлінням;
- системи керування живою силою;
- інтегровані системи керування, які можуть об'єднувати вище наведені

характеристики в одну систему.

За характером виробничих процесів системи керування можуть розподілятися на:

- системи керування безперервним типом виробництва;
- системи керування дискретним типом виробництва;
- системи керування безперервно-дискретним типом виробництва.

У якості технічних засобів таких систем виступають:

- засоби збору інформації;
- засоби-перетворювачі інформації;
- засоби спеціалізованого зв'язку;
- засоби безпеки даних;
- засоби аналізу інформації.

Всі ці дані необхідні задля досягнення основної мети – прийняття оптимальних управлінських рішень та розподілу функцій між людьми та технічними засобами.

За принципом управління системи керування поділяються на системи:

- програмного керування;
- адаптивного керування;
- ситуаційного керування.

Для системи програмного керування характерний набір алгоритмів

управлінських рішень, які не залежать від поточної ситуації. Дуже часто в таких системах проявляється недолік, який може бути пов'язаний, наприклад, з незмінним обсягом виробництва, незалежно від поточного попиту на цей виріб на ринку.

В системах адаптивного керування такий суттєвий недолік відсутній. Тобто, якщо зменшується попит, то система передбачає адаптивність в залежності від нього шляхом зменшення ціни, та навпаки. Така функціональна можливість являється дуже значимою та суттєво збільшує ефективність виробництва.

Що стосується систем з ситуаційним керуванням, то їм характерна ще більш пропрацьована динамічність прийняття управлінських рішень. Суттєво збільшена кількість факторів, реагуючи на які система адаптує технологічний процес. Наприклад, у доповнення попередніх функціональних особливостей, до списку можливостей можна додати також прогноз наслідків певних дій, аналіз конкурентоздатності на ринку, аналіз існуючих запасів виробів у залежності від поточного попиту, а також покращене ціноутворення.

За видом охоплення набору схожих сфер діяльності системи керування бувають:

- об'єктні (спрощені);
- інтегровані.

Інтегровані системи керування можуть об'єднувати декілька сфер діяльності, які являються схожими між собою. Прикладом таким системам можуть послужити інтегровані системи технічної підготовки і безпосереднього проектування об'єктів машинобудування.

Структура систем керування також має певну класифікацію, яка полягає в описі взаємодії елементів системи. Структура може класифікуватися за:

- розміром ієрархічного дерева;
- принципом керування;

- функціональними можливостями та призначенням;
- принципом розмежування системи на підсистеми.

Розмір ієрархічного дерева може бути однорівневим або багаторівневим.

Принцип керування може бути централізованим, децентралізованим, або змішаним. Найпопулярнішою системою являється система з ієрархічною структурою. Тому що таким типам структур притаманна самостійність окремих підсистем між собою та персоналізований список цілей та задач для конкретної підсистеми, а також однієї глобальної цілі всіх підсистем, що дає змогу краще сфокусуватися на робочому процесі.

Функціональні можливості та цільове призначення систем характеризується наявністю структури планування, керування у режимі онлайн та інформаційної.

Розмежування систем на окремі підсистеми представляє собою об'єднання елементів системи за функціональним призначенням, а також елементів, які пов'язані між собою спільним об'єктом керування.

1.2 Задача планування страхових заділів

1.2.1 Суть страхових заділів на виробництві

Планування та керування страховими заділами підприємства, як правило, являється ключовим механізмом покращення ефективності виробництва. Тому що страхові заділи представляють собою елемент виробничого процесу, який забезпечує життєдіяльність підприємства, а також його потенціальну виробничу можливість у відповідності до оперативно-календарного планування. Накопичення таких запасів являється також певним фінансовим тягарем, адже необхідно витратити великі гроші на завчасну закупівлю ресурсів та комплектуючих великою кількістю. Але створення страхових заділів може

знизити збитки, обумовлених ризиками фінансових потоків, які існують через логістичний фактор [7].

Страхові запаси представляють собою аварійне джерело постачання виробництва необхідними ресурсами у випадку підвищення очікуваних показників попиту споживачів. Його розрахунок, як правило, здійснюється відносно трьох параметрів, а саме:

- коливання термінів відновлення виробничих запасів;
- коливання попиту на продукцію під час терміну здійснення поточного замовлення;
- розроблені стратегії щодо задоволення потреб клієнтів.

Для того, аби ефективно та правильно розраховувати оптимальні об'єми резервів, прийнято використовувати імітаційне моделювання та комп'ютерні технології.

Страховий заділ, його резерви, представляє собою елемент, що здатний застрахувати підприємство від великих фінансових та логістичних збитків, обумовлених раптовими, незапланованими коливаннями попиту продукції на ринку та подальшими порушеннями ритму виробничого циклу.

Формування страхових заділів підприємства представляє собою необхідним процесом задля забезпечення безперервного функціонування робочих ліній, тобто випуску продукції, але існує друга сторона медалі, яка полягає у тому, що надто великий обсяг відповідних заділів легко може призвести до збільшення необґрунтованих витрат та їх непотрібну «конвертацію» в зайві запаси [8].

Ресурсні запаси являються дуже важливою складовою кожного виробничого комплексу, адже вони повинні бути задіяні майже на кожному етапі технологічного процесу. Не мало важливим являється аналіз, планування та розробка плану ефективного нормування таких запасів на складах того чи іншого підприємства. Управління запасами представляє собою два його різновиди [9]:

- керування товарно-матеріальними елементами виробництва;
- керування запасами готової продукції.

Для першого притаманні наступні фактори:

- об'єм виробництва;
- швидкість здійснення виробництва для замовника;
- пропускна спроможність;
- сезонність логістичних транспортувань;
- поточний попит, а також поточна кількість кінцевих споживачів, які генерують перший;
- умови та обсяг розвантаженої продукції.

Що стосовно резервів готової продукції, як правило, його обсяги формуються в вартісних та відносних показниках. Збільшення обсягу готового продукту на складах підприємства також представляє собою залежність від інтервалу часу, відведеного на відвантаження, тому цей аспект кількості також необхідно враховувати під час планування.

Проблеми з страховим запасом на виробництві можуть з легкістю призвести до погіршення та подальшого збою виробничих тактів та загального ритму виробництва, що призводить до затримки, погіршення якості або навіть деформації товару.

Обсяг страхових заділів, як правило, становить приблизно біля двадцяти п'яти відсотків від максимального відхилення від розміру резервів перед поставкою відносно середньої його величини та визначається завдяки обчисленню стандартного відхилення фактичного інтервалу доставки від середнього. Але, звичайно ж, для кожного виробництва дані показники можуть змінюватись. Для планування резервів збуту можна здійснити розрахунки за допомогою статистичних методів розподілу резервів готового товару, а саме може бути використаний середній фактичний запас [9].

1.2.2 Актуальність оптимізації страхових заділів

Проблема оптимізації страхових заділів являється досить гострою для сучасних підприємств. Адже обсяги виробництва в сучасному світі досягли великих обсягів. Тому дуже важливим являється ефективно керування ресурсами, необхідними для виробництва продукції.

Сучасні виробничі комплекси витрачають великі кошти на формування страхових резервів, тому формування залишкових запасів представляє собою блокування грошових ресурсів в цих запасах. Така ситуація досить розповсюджена на теперішній час і виникає у наслідок помилкового прогнозування попиту на ринку та переоцінка якості постачальників, з якими працює те чи інше підприємство. Також наслідком невірної керування запасами може бути некоректна взаємодія між виробничим та збутовим комплексами. Досить важливою проблемою надлишкового обсягу страхових заділів являється збільшення фінансування місць на складах.

Формування надто малого обсягу страхових заділів на виробництві також не призводить до приємних наслідків, адже це напряду сприяє на стабільність та безперебійність функціонування робочих ліній, що у наслідку призводить до втрати продуктивності відносно календарного планування. Адже у будь-який момент, через недостачу комплектуючих на приладобудівельному виробництві, та різних інших, сам процес виробництва може просто зупинитись, порушивши робочий ритм та у результаті – отримуємо недостачу обсягу виробленої продукції та порушений весь процес календарного планування. Такий результат викликає відтік потенціальних замовників через відсутність замовленого на конкретну дату обсягу продукції на складах і цим користуються конкуренти, у яких немає таких проблем і які можуть гарантувати стабільність виробництва та поставок необхідної продукції. Також, як правило, у результаті невиконання зобов'язань по виробництву перед замовником, підприємство повинно сплатити штрафні

санкції, а також, при спробах наздогнати темпи, це представляє собою збільшення фінансування виробництва через наднормативний режим функціонування. В кінці-кінців, підприємство втрачає потенціальний прибуток, який могло б отримати, при правильно проведеній оптимізації страхових заділів. Адже існує певний оптимальний обсяг запасів, наявність якого представляє собою скорочення витрат та збільшення прибутку.

Страхові заділи, як правило, потребують певних затрат:

- оренда складських місць;
- страхування запасів;
- обробка певних матеріалів (якщо потребується);
- втрата собівартості впродовж часу, якого ці резерви були куплені та зберігаються на складі;
- втрата грошових резервів, які були витрачені на ці запаси, а не в інші напрями підприємства.

Виходячи із вищенаведеної інформації, можна зробити висновок, що основною функцією керування страховими заділами підприємства являється їх оптимізація та нормування, що представляє собою розрахунок та визначення певного розміру резервів, сенс якого полягає у тому, що він повинен бути мінімально достатнім для стабільної та безперебійної підтримки виробничих ліній підприємства. Страхові заділи можуть бути економічно ефективними та вигідними тоді, коли витрати на їх зберігання на складах не будуть перевищувати витрат через нестачу цих запасів.

Основним фактором, який впливає на керування та формування страхових заділів на приладобудівельному виробництві являється процес прогнозування клієнтського попиту на продукцію, який постійно змінюється у залежності від коливань інтересів на ринку та економічної ситуації в країні.

Існують певні моделі оптимізації страхових заділів, в яких основна мета – зменшення грошових затрат на наявний страховий резерв та недопускання

економічних збитків, які можуть з'явитися через нестачу запасів. За умови дотримання цього принципу, можна досягти оптимальної форми резервів.

Оптимізація страхових заділів та грошових ресурсів, задіяних на її реалізацію, представляю собою деякі етапи [10]:

- формування початкових даних, за допомогою яких будуть здійснені подальші розрахунки нормування резервів;
- початковий розрахунок;
- аналіз та перевірка розрахунків, здійснення виправлень за рахунок взяття до уваги факторів, що не були враховані при першій ітерації розрахунків;
- аналіз та виправлення початкової інформації з урахуванням нових факторів;
- здійснення повторного розрахунку після всіх виправлень;
- формування фінансування для забезпечення резервів в обсязі, відповідному отриманим розрахункам;
- фінальне затвердження керівництвом виробничого комплексу розробленого плану керування страховими заділами підприємства.

Оптимізація запасів значно скорочує витрати на їх зберігання та підвищує ефективність керування фінансовими ресурсами, і все це неодмінно призводить до росту прибутку підприємства та актуальність і доцільність, безпосередньо, виробництва. Саме тому оптимізація страхових заділів являється дуже важливим процесом в житті кожного виробничого комплексу.

Для цього можна зробити наступні кроки:

- зменшення фінансування на зберігання страхових запасів;
- якнайбільше зменшити час поставок ресурсів на виробництво;
- здійснити переформатування виробничого процесу з регулярним урахуванням коливань на ринку, тобто попиту на продукцію;
- збільшення показників якості продукції;
- активізація росту продуктивності виробничих цехів;

– регулярно визначати оптимально-ефективний обсяг матеріальних резервів.

Керування резервними запасами підприємства представляють собою наступний набір дій:

– створення на базі попередніх розрахунків нормованого обсягу запасів на складських приміщеннях виробничого комплексу;

– грамотне планування розташування кожного з видів запасів задля підвищення ефективності взаємодії з ними;

– створення об'єкта контролю за поточним рівнем страхових ресурсів, а також регулярне вжиття заходів для підтримки їх стану в належній формі;

– створення фізичних можливостей для накопичення потрібних обсягів страхових заділів.

Оптимізація запасів підприємства формується також на основі деякої інформації, а саме:

– необхідний час для перевезень та доставки ресурсів;

– затрати часу на розвантаження, перевірку та подальше розташування на території складського приміщення;

– витрата часу на попередню підготовку матеріалу до виробничого процесу (якщо вона потребується).

Страховий заділ розраховується за формулою [11]:

$$Z_{\text{страх}} = P_{\text{доб}} \cdot t_{\text{пост}}^{\text{терм}}, \quad (1.1)$$

де $P_{\text{доб}}$ – добова потреба необхідних ресурсів;

$t_{\text{пост}}^{\text{терм}}$ – часовий інтервал, за який буде здійснена термінова поставка потрібних ресурсів.

Керування резервами на виробництві, як правило, здійснюється згідно з графіком, приведеним на рис. 1.5.

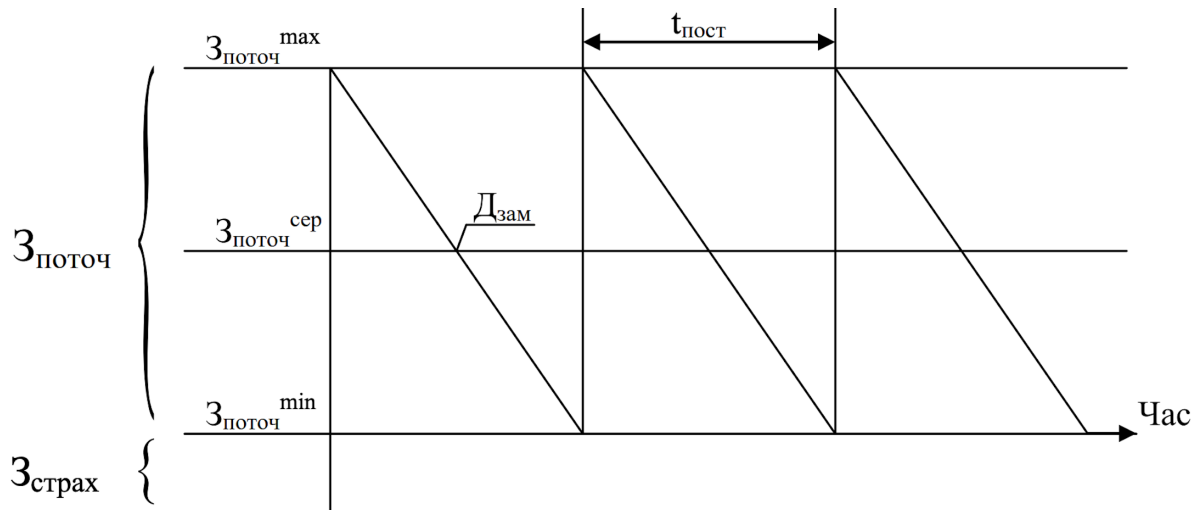


Рисунок 1.5 – Графік керування резервами

1.3 Аналіз існуючих методів оптимізації страхових заділів на виробництві

Страхові заділи представляють собою резерви, які створюються задля покриття непередбачуваних збоїв в одному з етапів технологічного процесу та не допустити того, щоб цей збій розповсюдився на інші етапи. Тому в системах оперативного керування виробництвом являється досить високою актуальність детермінування оптимального розміру відповідних запасів, що забезпечить стабільне та безперебійне функціонування робочого комплексу.

Визначення оптимального розміру страхового заділу являється дуже важливою задачею на кожному підприємстві. Вона може бути розв'язана різними способами, які ґрунтуються на вартісному підході та підході надійності. Вартісний підхід враховує витрати на формування та зберігання резервних страхових ресурсів, а підхід надійності формується на основі забезпечення надійності логістичного процесу. Розглянемо найбільш розповсюджені методи знаходження оптимальної кількості страхових запасів.

Статистичний метод оптимізації страхових заділів [12]. В даному методі оптимальний й розмір замовлення являється верхньою межею, яка обмежує

переміщення поточної частини складських резервів. Для того, щоб обмежити потік поточного заділу знизу, потрібно визначити найбільш оптимальний об'єм страхового заділу. Для оптимізації страхового заділу, як правило, використовується два підходи:

- за інтервалом відставання поставок;
- за аналізом фактичної інформації про попередні поставки.

Важливою особливістю являється те, що не допускається недостача ресурсів, тому що витрати, пов'язані з відповідним дефіцитом являються набагато більшими, ніж витрати на формування та зберігання, безпосередньо, страхових заділів. Другий підхід представляє собою локалізацію відхилень фактичних поставок від їх середньостатистичного (нормального) значення. Тоді алгоритм знаходження оптимального розміру страхового заділу представляє собою наступні етапи [12].

Етап 1 – визначення середньостатистичного інтервалу між фактичними поставками [12]:

$$\bar{T}_{\text{факт}} = \frac{\sum_i T_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i}. \quad (1.2)$$

Етап 2 – локалізація запізнених поставок, фактичний інтервал який перевищив очікуваний середньостатистичний $T_i^{3\Pi} \geq \bar{T}_{\text{факт}}$.

Етап 3 – аналіз запізнення за фактичними розмірами поставок та на основі цих даних здійснення подальшого розрахунку норми страхового заділу [12]:

$$S_{\text{страх}} = b \cdot \frac{\sum_i (T_i^{3\Pi} - \bar{T}_{\text{факт}}) \cdot Q_i^{3\Pi}}{\sum_i Q_i^{3\Pi}}. \quad (1.3)$$

Даний метод визначення страхового заділу не забезпечує гарантію того, що отриманий під час розрахунків розмір страхового резерву буде достатнім для

того, щоб перекрити нестачу поточного запасу.

Оптимізація страхового заділу представляє собою альтернативу між витратами на дані резерви та витратами, які можуть з'явитись через дефіцит ресурсів для виробництва. Тобто, чим менше страховий заділ, тим більшими можуть бути наслідки збитків у випадку виникнення дефіциту. Розглянемо ситуацію, коли функція $f(S_{\text{страх}})$ – функція, яка представляє собою величину часу простою, яка залежить від розміру страхового заділу. В такому випадку, за ідеальних умов поставок та збуту ресурсів, можна представити залежність простою від розміру страхового заділу в обернено пропорційному вигляді [12]:

$$f(S_{\text{страх}}) = \frac{k}{S_{\text{страх}}}, \quad (1.4)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, який представляє собою збільшення часу простою певної ділянки виробництва в залежності від зниження розміру страхового заділу.

Втрати від простою виробничих ділянок через дефіцит запасів в залежності від розміру страхового заділу, як правило, можна представити в наступному вигляді [12]:

$$L_{\text{пр}} = g \cdot f(S_{\text{страх}}) = g \cdot \frac{k}{S_{\text{страх}}}, \quad (1.5)$$

де g – втрати від дефіциту ресурсів, через що відбувається простій окремих ділянок виробничого комплексу за один день.

На основі попередньої інформації, річні загальні витрати приладобудівельного підприємства на забезпечення страховими заділами, а також на можливі втрати через дефіцит відповідних запасів, представляють

собою наступне:

$$L_{ЗАГ} = L_{ОК} + L_{ЗБ} + L_{ПР} = i \cdot c \cdot S_{страх} + H \cdot S_{страх} + g \cdot \frac{k}{S_{страх}}, \quad (1.6)$$

де $L_{ОК}$ – втрати через відтік оборотного капіталу;

i – відсоток банку;

c – ціна одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат.

І, безпосередньо, оптимальний розмір страхового заділу в даних умовах визначається шляхом знаходження мінімуму функції загальних витрат [12]:

$$S_{страх} = \sqrt{\frac{k \cdot g}{i \cdot c + H}}. \quad (1.7)$$

Дана формула являється загальною, і вона визначає собою умови оптимізації страхового заділу в ідеальних умовах. Вона може бути модифікована в залежності від додаткових умов, а саме як статистична, динамічна, детермінована або імовірнісна модель оптимального страхового заділу.

Режим роботи у процесі приладобудівельного виробництва повинен мати форму (рис. 1.6), в якій комплектуючі з певного цеху передаються в оборотний заділ, а після нього потрапляють до цеху. А в аварійних ситуаціях передбачається така ситуація, коли комплектуючі не надходять з цеху, а оборотний заділ вже використано, тоді складальний цех функціонує за допомогою резервів із страхових заділів.

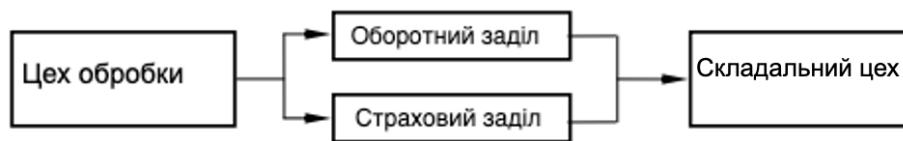


Рисунок 1.6 – Структурна схема взаємодії цехів обробки та складання

В сучасному світі існує певний набір основних математичних моделей керування резервами підприємства. Ці моделі можуть бути модифіковані та покращені в залежності від обраної стратегії на конкретному виробництві.

Модель з фіксованим розміром замовлення [13]. Така модель (рис. 1.7), як правило, використовується для того, щоб розрахувати витрати, пов'язані зі зберіганням та накопиченням резервів, які складаються з таких елементів:

- вартість зберігання заділів;
- об'єм фінансових ресурсів, закладених в закупівлю відповідних заділів;
- звичайні збутові витрати.

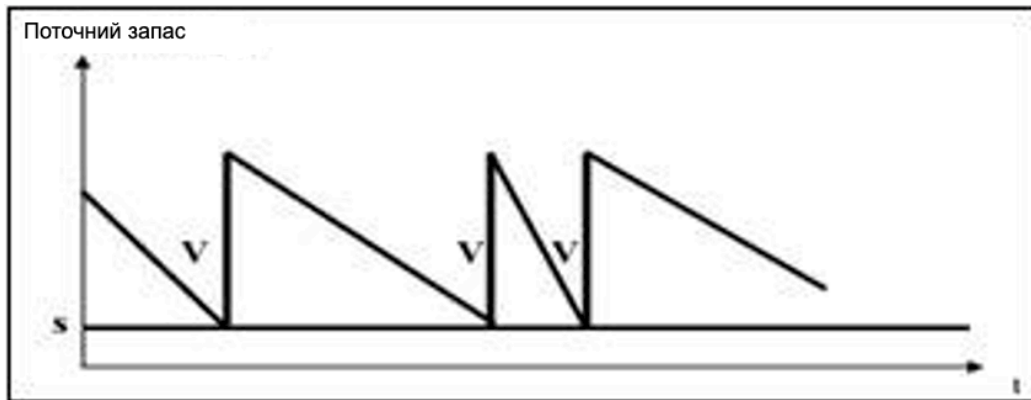


Рисунок 1.7 – Модель з фіксованим розміром замовлення [13]

Сам по собі розрахунок розміру оптимального замовлення здійснюється за формулою Уілсона [13]:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot Z_D \cdot Y}{Z_{ЗБ}}}, \quad (1.8)$$

де Q_{opt} – оптимальний розмір партії;

Z_D – витрати на доставку та обробку продукції однієї партії;

Y – необхідність в виробничій продукції за відведений період;

$Z_{ЗБ}$ – витрати на зберігання.

Модель оптимального розміру замовлення представляє собою наступне [13]:

$$Z_{заг} = \sqrt{2 \cdot Z_{Д} \cdot Z_{ЗБ} \cdot Y} \rightarrow \min, \quad (1.9)$$

де $Z_{заг}$ – загальні витрати на зберігання та створення резервів відповідного підприємства.

Обмеженням цієї моделі є мінімальний розмір партії та обмежені коливання ринкового попиту. Обсяг виробничої продукції являється параметром керування.

Недоліком даної моделі являється той факт, що вона може використовуватися лише тоді, коли витрати, пов'язані з керуванням заділів, досить великі та їх можливо розрахувати.

Перевагою моделі з фіксованим розміром замовлення являється відносна легкість застосування через мінімальний розмір виробничої партії. Тобто набагато легше один раз здійснити зміни до фіксованого розміру партії, аніж постійно корегувати динамічний розмір замовлення.

Модель з фіксованим рівнем заділів [13]. В даній моделі розраховується максимальний рівень заділів підприємства. Як правило, дана модель використовується для розрахунку без взяття до уваги витрат на зберігання відповідних заділів та не базується на моделі оптимального розміру замовлення. В цій моделі розмір замовлення розраховується шляхом різниці між максимальним рівнем заділів та фактичним рівнем заділів під час трекінгу ситуації на складі. Максимальний розмір замовлення розраховується за наступною формулою [13]:

$$M = S_d \cdot (L + R) + D, \quad (1.10)$$

де S_d – середній добовий збут;

L – час доставки товару;

R – проміжок часу між трекінгом наявності ресурсів на складі;

D – страхові заділи.

В даній моделі (рис. 1.8) критерієм ефективності являється забезпечення оптимального рівня запасів на виробництві за рахунок страхового заділу. Обсяг виробничої продукції являє собою об'єкт керування в рамках моделі з фіксованим розміром замовлення. Але обмеженням для неї являється добовий збут та вантажність перевізників транспортних засобів.

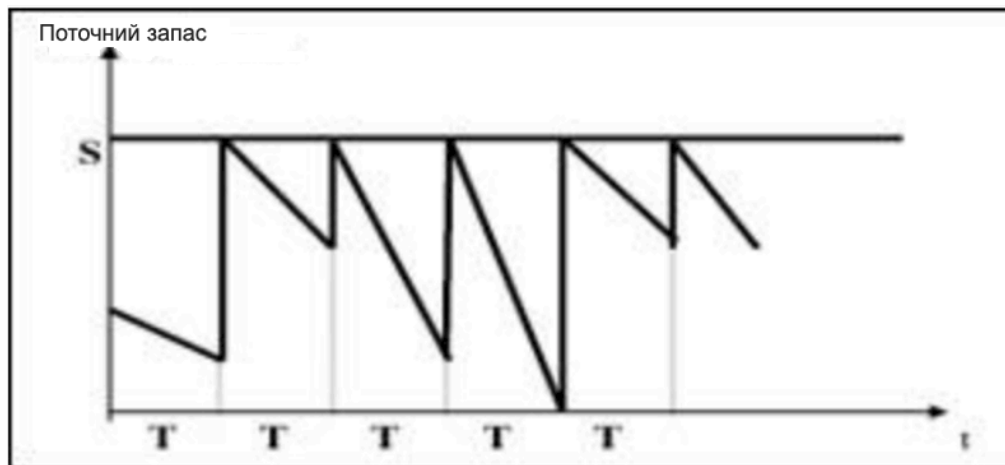


Рисунок 1.8 – Модель з фіксованим рівнем заділів [13]

Серед недоліків можна зазначити те, що дана модель може функціонувати лише тоді, коли керування заділами не являється проблемою, тобто попит являється прогнозованим, немає перепадів, затримок з боку постачальників та відсутній фактор непередбачуваних ситуацій.

Щодо переваг, то можна сказати, що не треба розраховувати кожен раз залишок резервів на складі, адже це потрібно робити тільки тоді, коли виробництво приступає до наступного замовлення. Тобто дана модель має таку

логіку, яка полягає у тому, що рівень заділів стає критичним, коли справа доходить до фіналізації виконання поточного замовлення. Це дуже зручно, тому що контроль залишку заділів на складах робиться силами співробітників, які можуть зайнятися більш доцільними обов'язками.

Дворівнева модель керування заділами [13]. В такій моделі (рис. 1.9) розраховується постійний рівень резервів, для якого існує мінімальне значення розміру замовлення.

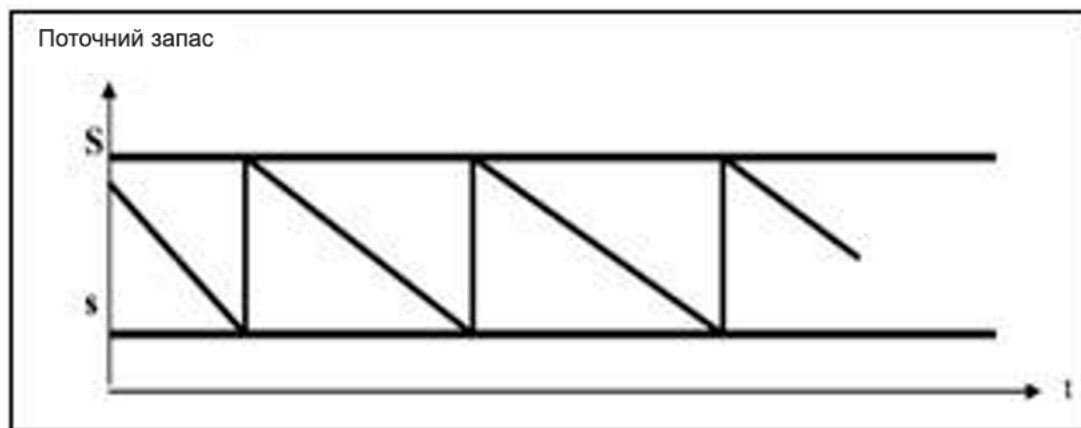


Рисунок 1.9 – Дворівнева модель керування запасами [13]

Також ця модель представляє собою розглядання максимального рівня резервів M та використовується точка замовлення. Відповідні параметри розраховуються за наступними формулами [13]:

$$M = S_d \cdot (L + R) + D, \quad (1.11)$$

$$P = S_d \cdot (L + R - 2) + D, \quad (1.12)$$

де P – точка замовлення.

Модель має таку послідовність застосування: якщо під час періодичної перевірки $J_\Phi + g_0 < P$, то подається замовлення $g = M - J_\Phi - g_0$. А якщо $J_\Phi + g_0 > P$, то замовлення не подається. При цьому J_Φ – фактичний рівень резерву в

момент здійснення контролю; g_0 – оптимальний розмір замовлення.

Параметром керування в даній моделі є об'єм виробленої продукції.

Недоліком дворівневої моделі керування заділами підприємства являється те, що вона враховує тільки товарні резерви, але не враховує запаси матеріалів на складах.

Перевагою є те, що дану модель можна використовувати навіть тоді, коли використання запасів являється досить нестабільне та нерівномірне у часі та періодично має значні коливання, які неможливо спрогнозувати.

Модель керування резервами з урахуванням прогнозу продажів на місяць [13]. В цій моделі здійснюється розрахунок розміру замовлення з урахуванням страхового заділу. Безпосередньо розмір замовлення розраховується за формулою [13]:

$$Q = F_{M+1} + SS - I_{M-1} + F_M, \quad (1.13)$$

де F_{M+1} – прогноз продажу за місяць $M + 1$;

SS – страховий заділ;

I_{M-1} – резерв, який переходить на початок місяця;

F_M – прогноз продажу за місяць M .

Для визначення страхового заділу, треба брати до уваги відхилення реальних продажів від прогнозованих. Адже, якщо прогноз стабільний, зникає необхідність збільшувати або зменшувати страховий заділ при прогнозованих змінах попиту, спровокованих, наприклад, запланованими акціями, розпродажами тощо. Параметром керування в даній моделі є прогнозний розмір продажів.

Обмеженням для цієї моделі є місія складу та запас продукції на місяць.

Недоліком моделі керування резервами з урахуванням прогнозу продажів

на місяць являється те, що вона не припускає розглядання усіх етапів виробництва, що може погано вплинути на процес планування та організації виробництва в цілому.

Перевагою моделі являється те, що її використання надає стабільності попиту та зменшення кількості запасів, а також, покращення гнучкості планування необхідних ресурсів.

1.4 Постановка мети та задач досліджень

Проведений огляд й аналіз сучасного стану проблеми керування страховими заділами виробництва показав, що існуючі моделі та методи мають низку недоліків та не дозволяють отримати оптимальний обсяг запасів, при якому не буде простоїв робочих чехів та одночасно не буде залишкових запасів на складі. Страхові заділи знаходять своє застосування при стабілізації циклу виробничого процесу та забезпеченні безперебійного функціонування виробничих ліній. В приладобудівельному виробництві, як правило, відомий час обробки деталей в оброблювальному цеху, та відомий час робіт, виконуваних в межах складального цеху, тому на етапах планування часових інтервалів технологічного процесу здійснюється планування необхідного обсягу страхового заділу, який забезпечить ефективне виробництво за відведений проміжок часу. Це дасть змогу уникнути простою цеху складання оброблених деталей, що прямою мірою сприятиме збільшенню кількості вироблених приладів за той самий час. Також оптимальний обсяг страхового заділу дозволить уникнути залишкових деталей на складах, що дає змогу зменшити собівартість зберігання та закупки даного виду запасів.

За результатами огляду і аналізу сучасного стану проблеми було виявлено, що для досягнення сформульованої мети необхідно використовувати засоби програмування та імітаційного моделювання. Це обумовлено тим, що засобами

програмування необхідно розробити підсистему, яка буде розраховувати та оптимізувати обсяг страхових заділів з урахуванням недоліків існуючих методів з урахуванням інтервального характеру, а імітаційне моделювання забезпечить можливість урахування функціонально-часових характеристик приладобудівельного виробничого процесу в умовах стохастичного характеру.

Метою кваліфікаційної роботи являється розроблення засобу оптимізації страхових заділів в системі керування приладобудівельним виробництвом для забезпечення безперебійної роботи технологічних ліній.

Для досягнення відповідної мети потрібно розв'язати наступні задачі:

- сформулювати постановку задачі оптимізації страхового заділу приладобудівельного виробництва;
- обрати та удосконалити метод оптимізації страхових заділів;
- розробити алгоритми методів оптимізації страхових заділів;
- обрати мову програмування та середовище розробки програми;
- розробити програмне забезпечення задачі;
- провести перевірку працездатності програм;
- провести модельні експерименти та оцінити точність отриманих результатів;
- сформулювати правила безпеки життєдіяльності фахівців у відділі моделювання технологічних процесів;
- оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [2].

1.5 Висновки до першого розділу

Страхові заділи приладобудівельного виробництва – це одна із актуальних складових ефективного виробничого процесу. Оптимізація страхових заділів являється не менш актуальною. Наслідки, до яких призводить неефективне

формування страхових запасів підприємства передбачають собою підвищені ризики зіштовхнутись з меншим прибутком виробничого комплексу. Надмірне накопичення страхових заділів передбачає собою збільшення витрат на їх закупівлю та зберігання. З іншого боку, недостатні обсяги призводять до простою виробничих цехів. Це сприяє зменшенню виробленої продукції за відведений час, а отже – зменшенню прибутку підприємства за рахунок зниження ефективності виробництва.

За результатами огляду і аналізу сучасного стану проблеми було встановлено, що для розв'язання задачі оптимізації страхового заділу краще всього використовувати імітаційне моделювання. Це дозволить розв'язати поставлену задачу в умовах стохастичного та інтервального характеру, а також неповної визначеності вхідних даних, наприклад виникнення браку чи інтенсивність надходження деталей на обробку чи складання тощо.

2 МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРАХОВИХ ЗАДІЛІВ ДЛЯ ПРИЛАДОБУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Постановка задачі оптимізації страхових заділів

Для постановки задачі оптимізації страхових заділів приладобудівельного виробництва необхідно сформулювати математичну модель процесу керування резервними запасами підприємства.

У рамках кваліфікаційної роботи магістранта необхідно розробити підсистему з покращеною ефективністю керування страховими заділами приладобудівельного виробничого комплексу. Для цього потрібно проаналізувати моделі та методи нормування страхових запасів та виділити з них найбільш оптимальний для досягнення поставленої мети.

Для того, щоб здійснити вибір найбільш оптимальної моделі оптимізації страхових заділів, необхідно визначити яка модель має кращу гнучкість щодо врахування параметрів впливу на систему, що передбачає собою розширення можливості оптимізації відповідного процесу.

У результаті роботи підсистеми користувач програми отримає найбільш оптимальний обсяг страхових заділів для його виробничого процесу.

Вирішення проблеми оптимізації страхових заділів приладобудівельного виробництва передбачає собою підвищення ефективності підприємства у контексті покращення певних показників, таких як відсутність витрат на закупівлю занадто великої кількості матеріалів, витрат на їх зберігання, транспортування та навпаки – стабільна наявність мінімально-необхідного та достатнього обсягу страхових заділів у випадку підвищеного попиту на продукцію.

Результатом методу оптимізації страхових заділів являється покращення

коефіцієнту ефективності. Для цього необхідно порівняти моделі та визначити їх переваги і недоліки відносно один одного. Це потрібно здійснити шляхом імітаційного моделювання цих моделей та порівняння результату їх виконання. Також потрібно побудувати структурну схему та діаграми керування страховими заділами на виробництві для більш точної ілюстрації результатів оптимізації.

У якості вхідних даних виступають:

- обсяг продукції, яку потрібно виготовити;
- час, який надається на виготовлення заданої кількості продукції;
- час доставки ресурсів на склад підприємства;
- критерій ефективності, за яким буде здійснюватися оптимізація.

У якості вихідних даних користувач підсистеми отримає згенерований документ з інформацією про рекомендований обсяг деталей та комплектуючих страхового заділу, в залежності від критерію ефективності, необхідний і достатній для підтримки стабільного і безперебійного виробництва продукції.

Для створення підсистеми оптимізації страхових заділів, необхідно виконати наступні дії:

- обрати мову програмування та середовище розробки;
- підключити необхідні бібліотеки для подальшої розробки;
- розробити алгоритм методу оптимізації страхових заділів;
- розробити алгоритм методу оптимізації, з яким буде здійснюватись порівняння ефективності використання;
- імплементувати методи оптимізації на обраній мові програмування та середовищі розробки;
- отримати результат виконання програми у зрозумілому та структурованому вигляді;
- провести огляд і аналіз отриманих результатів та зробити висновки.

2.2 Вибір методу визначення страхових заділів

2.2.1 Статистичний метод

Для того, щоб визначити страховий заділ приладобудівельного виробництва, необхідно використати для цього один з методів. Розглянемо статистичний метод нормування страхового заділу, в якому використовується два підходи: за інтервалом відставання поставок та за аналізом фактичної інформації про попередні поставки.

Спочатку необхідно здійснити розрахунок середньостатистичного інтервалу між фактичними поставками:

$$\bar{T}_{\text{факт}} = \frac{\sum_i T_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i}. \quad (2.1)$$

Після цього здійснюється локалізація запізнених поставок, фактичний інтервал яких перевищив очікуваний середньостатистичний $T_i^{3П} \geq \bar{T}_{\text{факт}}$.

Наступним кроком являється проведення аналізу запізнення за фактичними розмірами поставок та на основі цих даних здійснення подальшого розрахунку норми страхового заділу [12]:

$$S_{\text{страх}} = b \cdot \frac{\sum_i (T_i^{3П} - \bar{T}_{\text{факт}}) \cdot Q_i^{3П}}{\sum_i Q_i^{3П}}. \quad (2.2)$$

Але розрахування таким чином страхового заділу забезпечує того, що отриманий обсяг страхових запасів буде завжди достатнім для повноцінної стабілізації ситуації, пов'язаної з нестачею запасів в оборотному заділі. Тому необхідно провести оптимізацію страхового заділу наступним чином.

Функція часу простою вважається обернено пропорційною розміру

страхового заділу $S_{\text{страх}}$ [21]:

$$t(S_{\text{страх}}) = \frac{k}{S_{\text{страх}}}, \quad (2.3)$$

де k – коефіцієнт пропорційності збільшення часу простою певної ділянки.

Втрати від простою виробничих ділянок через дефіцит запасів в залежності від розміру страхового заділу, можна подати в такому вигляді [21]:

$$L_{\text{ПР}} = g \cdot f(S_{\text{страх}}) = g \cdot \frac{k}{S_{\text{страх}}}, \quad (2.4)$$

де g – втрати від дефіциту ресурсів, через що відбувається простій окремих ділянок виробничого комплексу за один день.

На основі попередньої інформації, річні загальні витрати $L_{\text{ЗАГ}}$ на забезпечення страховими заділами, а також на можливі втрати через дефіцит відповідних запасів, представляють собою наступне [21]:

$$L_{\text{ЗАГ}} = L_{\text{ОК}} + L_{\text{ЗБ}} + L_{\text{ПР}} = i \cdot c \cdot S_{\text{страх}} + H \cdot S_{\text{страх}} + g \cdot \frac{k}{S_{\text{страх}}}, \quad (2.5)$$

де $L_{\text{ОК}}$ – втрати через відтік оборотного капіталу;

i – відсоток банку;

c – ціна одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат.

Оптимальний розмір страхового заділу в даних умовах визначається шляхом знаходження мінімуму функції загальних витрат [21]:

$$S_{\text{страх}} = \sqrt{\frac{k \cdot g}{i \cdot c + H}}. \quad (2.6)$$

Алгоритм розв'язання задачі визначення та оптимізації страхового заділу статистичним методом наведена на рисунку 2.1.

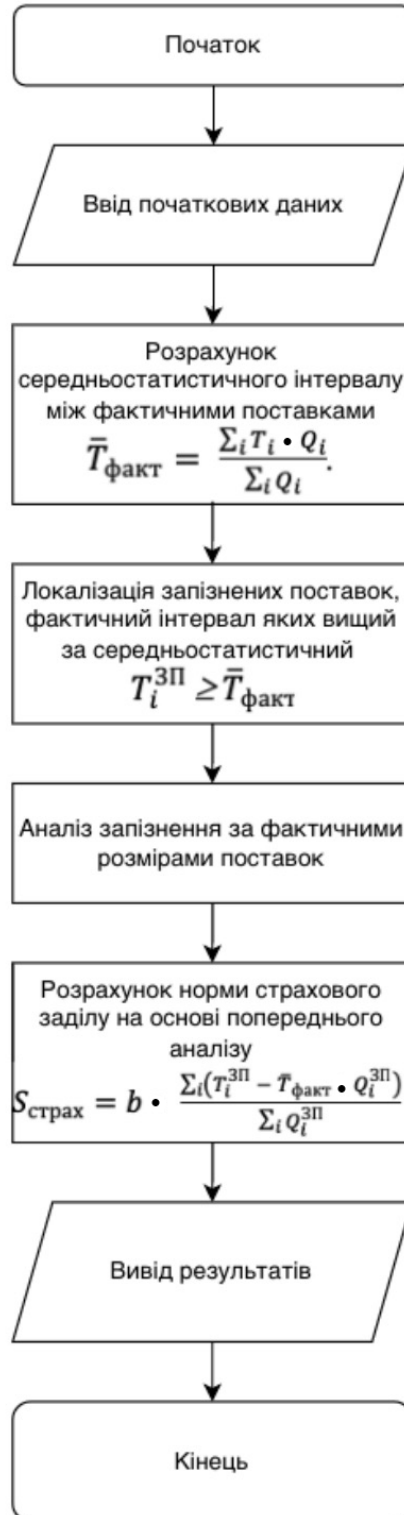


Рисунок 2.1 – Схема алгоритму розв'язання задачі оптимізації страхового заділу

2.2.2 Модифікований метод

На основі попередньо описаного методу визначення та оптимізації страхового заділу приладобудівельного виробництва після його аналізу було прийнято рішення здійснити певні покращення. Для виробничих процесів, які мають стохастичний характер, має місце модернізація існуючого методу розрахунку та оптимізації страхового заділу виробництва, яка полягає в модифікації співвідношень (2.3) – (2.6) та поданні всіх необхідних змінних параметрів розглянутих моделей в інтервальному вигляді [22]. Якщо $[c^-; c^+] = [a^-; a^+] \circ [b^-; b^+]$, $a \in [a^-; a^+]$, $b \in [b^-; b^+]$, то $a \circ b = [c^-; c^+]$, де \circ – символ арифметичної операції з набору $\{+, -, *, /\}$. При цьому результати операцій додавання, віднімання, ділення та множення над інтервалами задаються співвідношеннями:

$$\begin{aligned}
 [a] + [b] &= [a^- + b^-; a^+ + b^+], \\
 [a] - [b] &= [a^- - b^+; a^+ - b^-], \\
 [a] \cdot [b] &= [\min\{a^- \cdot b^-, a^- \cdot b^+, a^+ \cdot b^-, a^+ \cdot b^+\}; \max\{a^- \cdot b^-, a^- \cdot b^+, a^+ \cdot b^-, a^+ \cdot b^+\}], \\
 [a] / [b] &= [a] \cdot [1/b^+; 1/b^-].
 \end{aligned} \tag{2.7}$$

Тоді в інтервальному вигляді отримаємо наступну функцію часу простою:

$$t(S_{\text{страх}}) = [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]. \tag{2.8}$$

Втрати від простою виробничих ділянок через дефіцит запасів в залежності від розміру страхового заділу, буде представляти собою наступне:

$$\begin{aligned}
L_{\text{ПР}} &= [\min \{g^- \cdot f(S_{\text{страх}})^-, g^- \cdot f(S_{\text{страх}})^+, g^+ \cdot f(S_{\text{страх}})^-, g^+ \cdot f(S_{\text{страх}})^+\}; \\
&\max \{g^- \cdot f(S_{\text{страх}})^-, g^- \cdot f(S_{\text{страх}})^+, g^+ \cdot f(S_{\text{страх}})^-, g^+ \cdot f(S_{\text{страх}})^+\}] = \\
&= [\min \left\{ g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+, \right. \\
&\quad \left. g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+ \right\}; \\
&\max \left\{ g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+, \right. \\
&\quad \left. g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+ \right\}], \quad (2.9)
\end{aligned}$$

Тоді річні загальні витрати $L_{\text{ЗАГ}}$ представляють собою наступне [22]:

$$\begin{aligned}
L_{\text{ЗАГ}} &= [\min \{i^- \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, \\
&\quad i^- \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^-, i^- \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^- \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^+, \\
&\quad i^- \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+\}; \\
&\max \{i^- \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^-, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^- \cdot \\
&\quad \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^-, i^- \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, \\
&\quad i^- \cdot c^- \cdot S_{\text{страх}}^+, i^- \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+, i^+ \cdot c^+ \cdot S_{\text{страх}}^+\} + \\
&+ \min \left\{ g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+, \right. \\
&\quad \left. g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+ \right\}; \\
&\max \left\{ g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^-, g^- \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}}^+}; \frac{1}{S_{\text{страх}}^-} \right]^+, \right.
\end{aligned}$$

$$g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}^+};} ; \frac{1}{S_{\text{страх}^-}} \right]^- , g^+ \cdot [k] \cdot \left[\frac{1}{S_{\text{страх}^+};} ; \frac{1}{S_{\text{страх}^-}} \right]^+ \}. \quad (2.10)$$

Тоді оптимальний розмір страхового заділу в даних умовах визначається шляхом знаходження мінімуму функції загальних витрат і в інтервальному вигляді буде представляти собою наступне:

$$S_{\text{страх}} = \sqrt{\frac{[\min\{k^- \cdot g^-, k^- \cdot g^+, k^+ \cdot g^-, k^+ \cdot g^+\}; \max\{k^- \cdot g^-, k^- \cdot g^+, k^+ \cdot g^-, k^+ \cdot g^+\}]}{[\min\{i^- \cdot c^-, i^- \cdot c^+, i^+ \cdot c^-, i^+ \cdot c^+\}; \max\{i^- \cdot c^-, i^- \cdot c^+, i^+ \cdot c^-, i^+ \cdot c^+\}]^- + H^-}} \cdot \sqrt{\frac{1}{[\min\{i^- \cdot c^-, i^- \cdot c^+, i^+ \cdot c^-, i^+ \cdot c^+\}; \max\{i^- \cdot c^-, i^- \cdot c^+, i^+ \cdot c^-, i^+ \cdot c^+\}]^+ + H^+}}. \quad (2.11)$$

Для перевірки точності визначення оптимального розміру страхового заділу (2.6) з урахуванням його інтервального характеру (2.7) пропонується здійснити імітаційне моделювання процесу взаємодії відповідних фрагментів технологічного процесу. З цією метою пропонується використати мову імітаційного моделювання типу GPSS W. Для скорочення кількості експериментів пропонується здійснювати моделювання з надлишково великим страховим заділом і за його залишком встановлювати його оптимальний розмір.

Запропонована технологія визначення оптимального розміру страхового заділу дозволить отримувати більш стійкі та надійні рішення задачі, які дозволять підвищувати ефективність виробничих технологічних процесів за рахунок оптимізації розмірів страхових заділів.

2.3 Розробка та опис алгоритму оптимізації страхових заділів

З метою оптимізації обсягу страхового запасу, пропонується здійснити імітаційне моделювання технологічного процесу (ТП). До складального цеху

надходять партіями деталі з дільниць попередньої обробки. Вони формують оборотний заділ та за необхідності поповнюють страхового заділу. З деталей оборотного заділу здійснюється складання виробу. Якщо для складання не достатньо деталей в оборотному заділі, то відбувається постачання зі страхового заділу. Якщо не має достатньої кількості і в ньому, то складальний цех простоює.

Мета імітаційного моделювання у тому, щоб визначити оптимальний розмір страхового заділу, що дозволить забезпечити роботу складального цеху з максимальною ефективністю. Параметр, що буде змінюватись під час моделювання – обсяг страхового заділу. Критерієм ефективності моделі виступає безперервна робота складального цеху при мінімально можливому обсязі страхового заділу.

На початку алгоритму відбувається введення вихідних даних, які ініціалізують розмір обсягу страхового заділу. Деталі з цеху обробки можуть потрапити до цеху складання за умови, що в оборотному, або страховому заділі є необхідна їх кількість, якщо ні – цех складання простоює. Після створення партій деталей відбувається перехід до моменту надходження наступного комплекту деталей для складання.

Моделювання відбувається для певного часового інтервалу, після чого здійснюється статистична обробка та виведення результатів моделювання. За результатами моделювання робиться висновок, чи вдалося досягти 100% завантаженості цеху складання. Це відповідає відсутності простоїв цеху та максимальному темпу виробництва. Якщо ні, то здійснюється зміна початкових даних страхового заділу та моделювання технологічного процесу починається спочатку. Якщо так, це буде відповідати виготовленню найбільш можливої кількості виробів з використанням найменш можливого обсягу страхового заділу. Такий розмір страхового запасу будемо вважати оптимальним.

Схему алгоритму розв'язання задачі оптимізації страхового заділу за допомогою імітаційного моделювання наведено на рисунку 2.2.

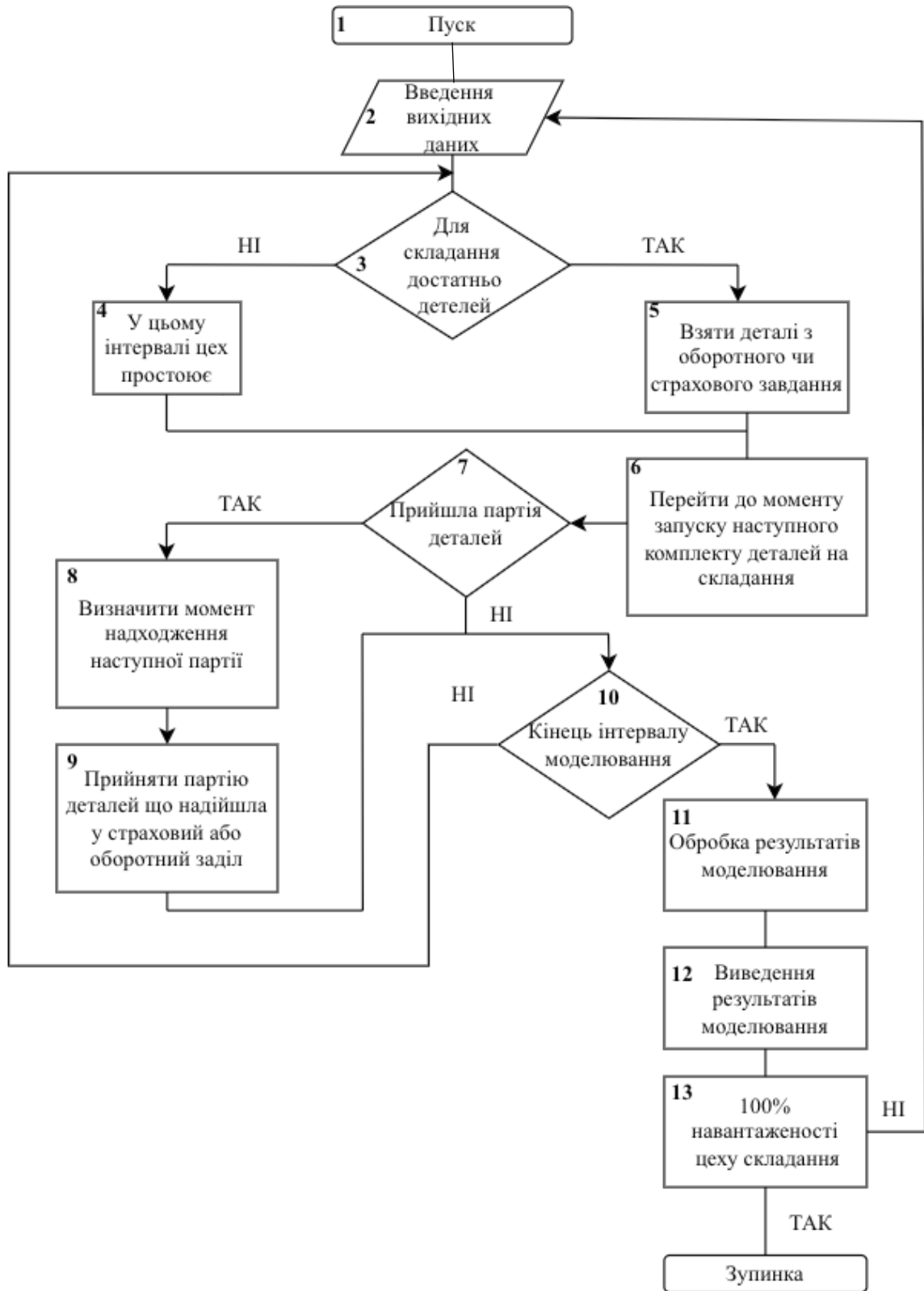


Рисунок 2.2 – Схема алгоритму розв’язання задачі оптимізації страхового заділу за допомогою імітаційного моделювання

2.4 Q-схема підсистеми та її опис

Функціонування підсистеми може бути представлено у вигляді Q-схеми (рис. 2.2). Вона складається з джерела (D), п'яти каналів (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5) та восьми накопичувачів ($H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8$).

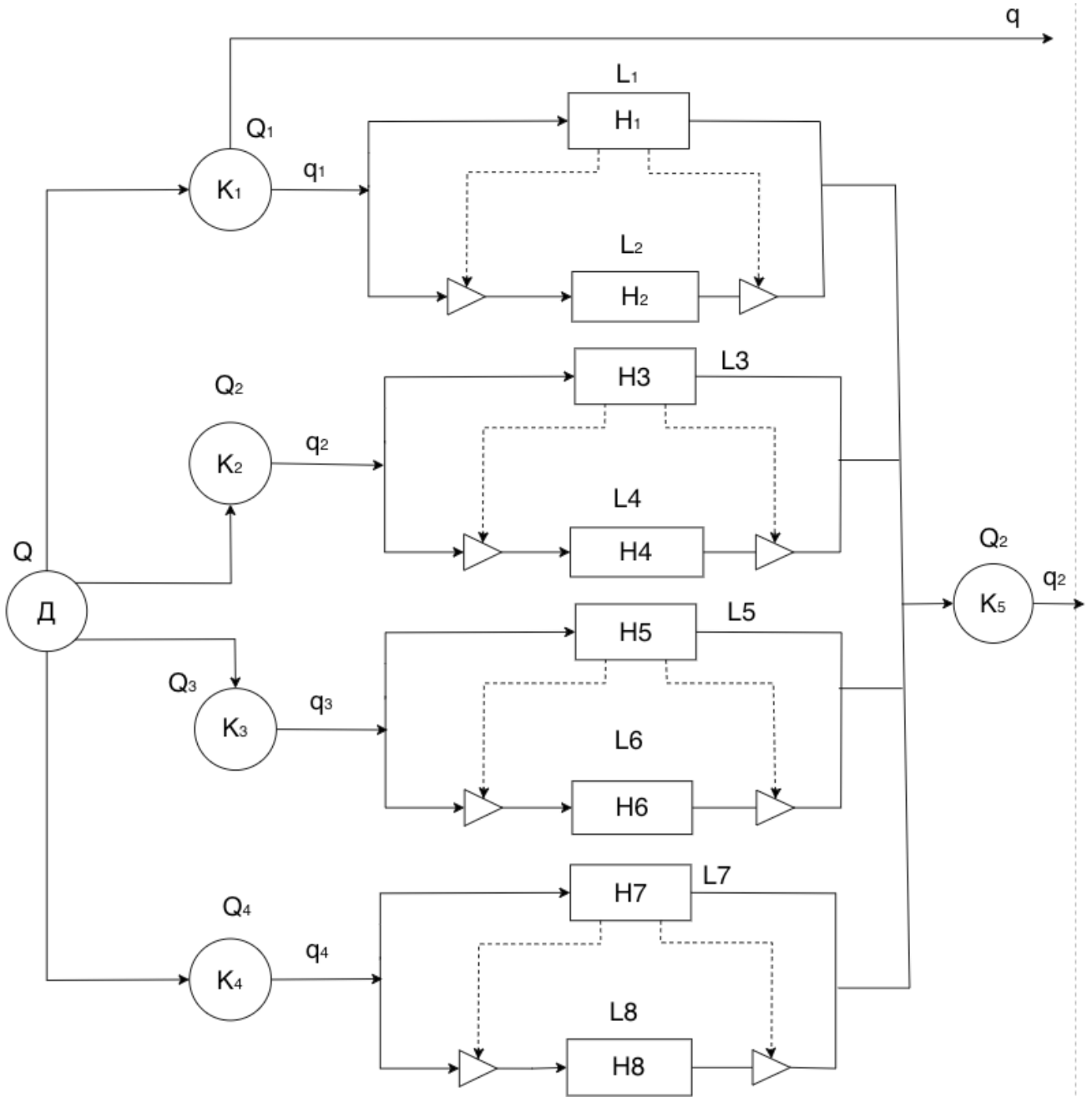


Рисунок 2.2 – Q-схема процесу взаємодії цехів

У якості джерела D представляється детермінований потік закуплених комплектуючих виробів і стохастичний потік деталей для подальшого складання. На виході джерела D є потік деталей для обробки, який представляє собою певну кількість деталей q у партії, кожна з яких надходить через Q годин.

Процес обробки деталей чотирьох видів представлено у вигляді каналів K_1, K_2, K_3, K_4 з певним часом обробки $Q_0 = const$ та часом варіації $Q_p = var$. Таким чином час обслуговування каналом K_1 : $Q_0 = Q_0 + Q_p$.

Кожен канал обробки деталей має по два накопичувачі деталей: $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8$. В процесі обробки деталей можуть мати місце втрати деталей від браку q_b . Тоді, кількість кондиційних деталей складає $q_{(1-4)}$. Значення $q_{(1-4)}$ являється випадковим числом, що визначається кількістю деталей цього виду, що надійшли в оброблювальний цех, та відсотком браку q_b .

Після своєї обробки деталі потрапляють до накопичувача H_1 , який має свою певну ємність, позначену на схемі як L_1 . Дане значення ємності відповідає номінальному значенню деталей в оборотному заділі $L_1 = Z_{ob}$. За умови досягнення цього номінального значення L_1 деталі поступають до накопичувача H_2 та поповнюють його за необхідністю. Накопичувач H_2 представляє собою страховий заділ. На відрізок часу, коли відбувається заповнення накопичувача H_2 до певного значення L_2 відбувається перекриття клапану на його входу.

Початкове значення L_1 для накопичувача H_1 для певного планового проміжку часу дорівнює величині однієї партії комплектуючих, які надходять з каналу K_1 . Необхідне значення страхового заділу $L_2 = Z_{st}$ представляє собою результат розв'язання задачі.

Робочий процес у складальному цеху представлено у вигляді каналу K_5 , який потребує $q_5 = const$ деталей через деякі інтервали часу $Q_5 = const$. Існують випадки, коли в оборотному заділі (накопичувач H_1) не достатньо деталей. Тому, для їх компенсації, береться необхідний обсяг деталей зі

страхового заділу (накопичувач H_2), для цього відбувається відкриття клапану на виході H_2 . Через відсутність необхідного обсягу деталей в оборотному та страховому заділах цех складання простоює до тих пір, поки не відбудеться нове надходження необхідного обсягу деталей з каналу K_1 . На схемі представлено два вихідних потоки, а саме: оброблені вироби q_2 та браковані деталі q_b .

На рисунку 2.3 представлено структурну схему процесу постачання деталей та складання із них готової продукції.

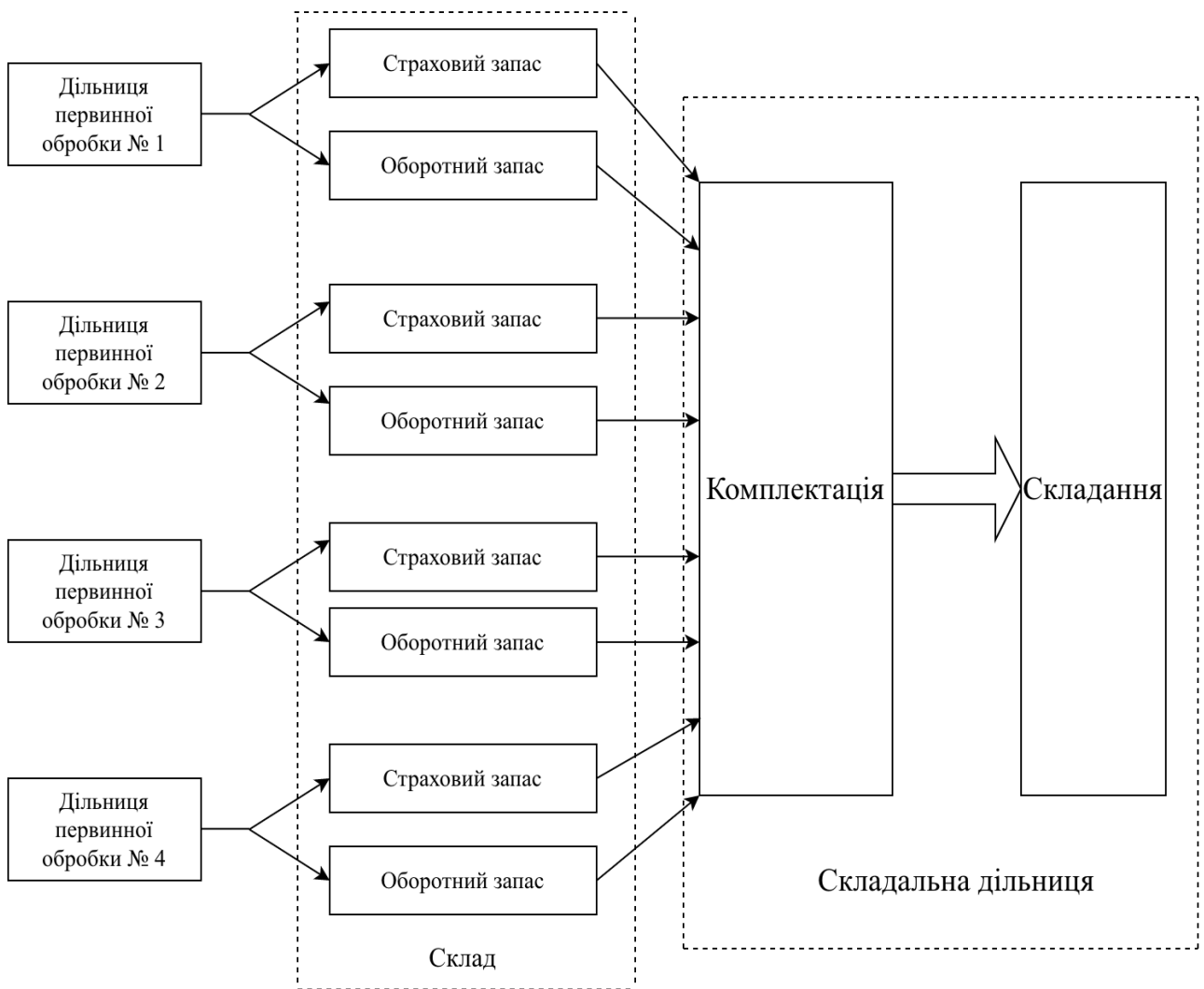


Рисунок 2.3 – Структурна схема процесу надходження деталей і складання продукції

2.5 Висновки до другого розділу

Враховуючи дискретно-стохастичний та характер досліджуваного процесу, запропоновано модернізацію існуючого методу розрахунку та оптимізації страхового заділу виробництва, яка полягає в поданні необхідних змінних параметрів розглянутих моделей в інтервальному вигляді та подальшого моделювання, в рамках якого приведено формалізацію технологічного процесу складання деталей у вигляді Q-схеми.

Моделювання за вищеназваною схемою запропоновано здійснювати за приведеним алгоритмом, який передбачає собою виконання послідовних технологічних дій, метою яких являється знаходження оптимального значення страхового заділу.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРАХОВИХ ЗАДІЛІВ

3.1 Вибір мови та середовища розробки програмного забезпечення

3.1.1 Мова імітаційного моделювання

Для вдалого та результативного моделювання математичних моделей першим чином дуже важливо здійснити правильний вибір найбільш придатної мови імітаційного моделювання. Для цього процесу можна виділити певні параметри, а саме: зручність опису процесу, який моделюється; зручність введення вхідних даних для цього, зручність під час безпосередньої роботи зі структурою та параметрами досліджуваної моделі; ефективність та функціональність засобів аналізу і демонстрації отриманих результатів моделювання.

Мови імітаційного моделювання, як правило, можуть розподілятися на неперервні (основною цільовою функцією яких являється моделювання неперервних у часі процесів, а саме таких, які описуються диференціальними, різницеvими або алгебраїчними рівняннями, наприклад MIMIC, Dynamo), неперервно-дискретні (основною цільовою функцією яких являється безпосередній опис об'єктів, у яких присутні як неперервні, так і дискретні процеси, наприклад такі мови як GASP, ForSim) і дискретні (основною цільовою функцією яких являється опис різноманітних дискретних процесів, характерною рисою яких є наявність засобів формування змінюваних у часі списків подій, наприклад SIMSCRIPT, Simula GPSS).

Мова імітаційного моделювання GPSS (General Purpose System Simulation) представляє собою мову, основною функціональною метою якої являється проведення опису процесів життєдіяльності дискретних об'єктів типу систем

масового обслуговування (СМО, Q-схем). Моделювання досліджуваного процесу мовою GPSS, як правило, повинно представляти собою певний опис поведінки тієї чи іншої системи, а також можливі стохастичні зміни її характеристик під час безпосереднього моделювання.

Грамматика операторів мови GPSS може бути подана у вигляді:

[<Номер рядка>] [<Мітка>] [Оператор] [<Операнд>, ..., <Операнд>].

Створення та додання до моделі нового потоку транзактів здійснюється за допомогою оператора:

$$\textit{Generate } A, B, C, D, E, \quad (3.1)$$

де A, B, C, D, E – операнди блока, які записуються у відповідних полях.

Початкове значення лічильника, як правило, задається операндом A керуючої команди:

$$\textit{Start } A, B, C, D. \quad (3.2)$$

У досліджуваній моделі зазвичай може бути декілька блоків *Terminate*, які тим чи іншим чином впливають на один і той самий лічильник.

Функції в моделювання мовою GPSS необхідні для певного опису існуючих залежностей між елементами, які мають місце в системах. Вони зазвичай задаються за допомогою відповідного рядка визначення функції і одного або інколи навіть більше рядків. Рядок визначення функції в загальному вигляді представляє собою наступне:

$$\langle \text{ім'я} \rangle \textit{ FUNCTION } A, B, \quad (3.3)$$

де A – аргумент функції,

B – тип функції.

3.1.2 Мова програмування

Застосування різноманітних мов програмування в сучасному світі відіграє ключову роль у розвитку комп'ютерних технологій. Постійно відбувається розвиток мов програмування, їх функціональних можливостей. Кожна мова програмування має свої плюси та мінуси і відповідний рівень актуальності для використання у конкретних цілях, тому для досягнення мети, необхідно провести аналіз існуючих мов та виділити найбільш підходящу під цілі того чи іншого дослідження.

Java. Мова програмування, яка являється об'єктно-орієнтованою. Цей підхід розрахований на вирішення задач гнучких та масштабних продуктів. Має підтримку наслідування, поліморфізму та статичної типізації об'єктів. Являється однією з найбільш популярних мов програмування, перша версія якої бере свій початок з 1996 року, розроблена компанією Sun Microsystems, яку невдовзі викупила компанія Oracle. Ця мова програмування представляється як універсальна з широким набором бібліотек для розв'язання широкого спектру задач. На сьогодні Java являється не просто мовою програмування, а платформою, що вміщає в себе різноманітні технології розробки програмного забезпечення для великої кількості пристроїв.

З технічної точки зору, особливістю Java являється те, що її код, написаний програмістом, переводиться в байт-код, який не залежить від поточної платформи і вже готовий байт-код потрапляє та виконується віртуальною машиною JVM. Ця особливість являється відмінною наприклад в порівнянні з PHP, Perl тощо. Технологія компіляції коду через трансформацію його в байт-код дозволяє забезпечити мові програмування Java кросплатформність, що

представляє собою функціонування продуктів, створених мовою Java, на багатьох платформах: Windows, Linux, MacOS тощо.

Також важливою функціональною особливістю Java є те, що вона має реалізацію автоматичної очистки непотрібних раніше використаних об'єктів з пам'яті пристрою, як наприклад це необхідно робити с C++.

Що стосується синтаксису мови Java, то він має велику схожість з мовами C/C++ та C#. Тобто, знаючи якусь із цих мов, буде дуже легко пройти ознайомлення і з Java.

Переваги Java [23]:

- легко вивчати і зрозуміти. Синтаксис Java простий, його легко писати, вивчати, підтримувати та розуміти, код легко налагоджувати. Java менш складна, ніж такі мови, як C і C++, оскільки багато складних функцій цих мов видаляються з Java, наприклад концепція явних покажчиків, класи зберігання, перевантаження операторів і багато іншого;

- об'єктно-орієнтована мова, яка допомагає нам підвищити гнучкість і можливість повторного використання коду. Використовуючи концепцію ООП, можна легко повторно використовувати об'єкт в інших програмах. це також допомагає нам підвищити безпеку, об'єднавши дані та функції в єдиний блок і не дозволяючи доступу до нього зовнішньому світу. Це також допомагає розділити великі модулі на менші, щоб їх було легше зрозуміти;

- зменшує загрози безпеці та ризики, уникаючи використання явних покажчиків. Покажчик зберігає адресу пам'яті іншого значення, яке може спричинити несанкціонований доступ до пам'яті. Цю проблему вирішено видаленням концепції покажчиків. Крім того, у Java є менеджер безпеки для кожної програми, який дозволяє нам визначати правила доступу для класів;

- програми Java дешеві у розробці та підтримці, оскільки ці програми залежать від конкретної апаратної інфраструктури для запуску. Ми можемо легко виконати їх на будь-якій машині, що зменшує додаткові витрати на

обслуговування;

– зкомпільований код, а саме байт-код Java, не залежить від платформи та може працювати на будь-якій машині, незалежно від операційної системи. Можна запустити цей код на будь-якій машині, яка підтримує віртуальну машину Java (JVM), як показано на рисунку 3.1;

– мова програмування високого рівня;

– автоматичне керування пам'яттю, яким керує віртуальна машина Java;

– багатопотокова мова, у якій одночасно може працювати більше одного потоку, це допомагає досягти максимально ефективного використання процесору;

– програми на Java більш стабільні в порівнянні з програмами інших мов. Крім того, миттєво виходить нова версія Java з розширеними функціями, що робить її стабільнішою.

– забезпечує механізм для обміну даними та програмами між декількома комп'ютерами, що покращує продуктивність і ефективність системи;

– забезпечує ефективну стратегію розподілу пам'яті. Java має ефективну стратегію розподілу пам'яті, оскільки вона ділить пам'ять переважно на дві частини – область купи та область стека.

Platform Independent in Java

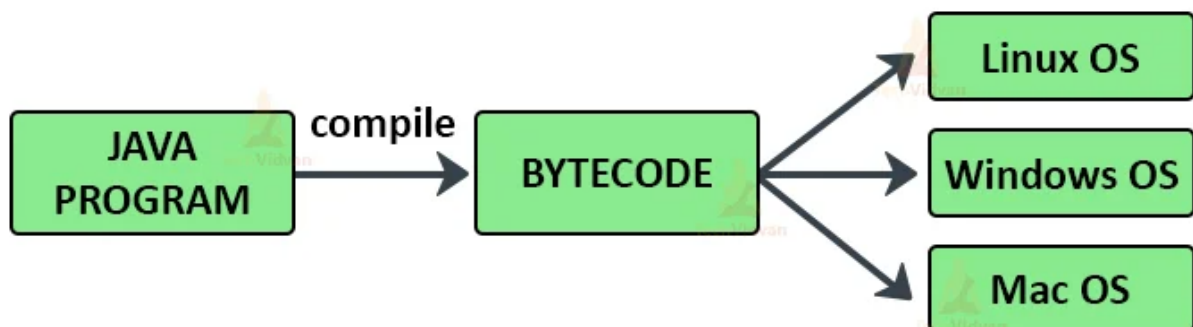


Рисунок 3.1 – Структурна схема принципу кросплатформленості Java [23]

Недоліки Java [23]:

- працює повільно та має низьку продуктивність. Java споживає пам'ять і значно повільніше, ніж низькорівневі мови, такі як C або C++. Причиною тому служить додатковий рівень компіляції та абстракції JVM, адже код має бути інтерпретований у код машинного формату;
- не надає можливості резервного копіювання. Java зазвичай працює з локальним диском і не фокусується на резервному копіюванні даних. Це головний недолік, через який він втрачає інтерес і рейтинг серед користувачів;
- вимагає значного чи більшого обсягу пам'яті порівняно з іншими мовами, такими як C і C++. Під час виконання автоматизованих операцій з очистки пам'яті від застарілих об'єктів ефективність самої пам'яті та продуктивність системи можуть зменшитись.

3.1.1 Середовище розробки

IntelliJ IDEA [24]. Це найбільш популярне інтегроване середовище розробки на мові Java, яке широко використовується програмістами по всьому світу. Воно має досить непоганий набір високоефективних інструментів та функцій, які допомагають розробнику в роботі. Перша версія IntelliJ IDEA була випущена в січні 2001 року. Це була одна з перших Java IDE з розширеною навігацією по коду та вбудованими функціями рефакторингу. Окрім підтримки Java та багатьох фреймворків Java, IntelliJ IDEA забезпечує підтримку інших мов програмування на основі JVM, таких як Kotlin.

Основними перевагами цього середовища є набагато краща оптимізація та стабільність порівняно з іншими конкурентами, а також наявність багатьох додаткових плагінів і синхронізація налаштувань.

Наявні функції:

- багатофункціональний debug-режим;

- декомпілятор;
- ін'єкція мови;
- виявлення дубліката;
- швидкий пошук;
- завершення ланцюга;
- швидке завершення;
- рефакторинг (процес автоматичного вдосконалення внутрішньої структури коду).

Переваги:

- безліч додаткових функцій і плагінів;
- стабільність та регулярні оновлення;
- дуже хороша технічна підтримка;
- автоматична генерація базового коду;
- простий і функціональний інтерфейс.

Недоліки:

- відносно дорога підписка на користування в Ultimate версії;
- використовує відносно велику кількість ресурсів комп'ютера.

Eclipse [24]. Також одне з найбільш популярних інтегрованих середовищ розробки Java у 2022 році. Дана IDE включає в себе базовий робочий простір, який можна розширити відповідно до потреб завдяки існуючій системі плагінів. Eclipse Development Kit (SDK) призначений в основному для розробників Java. Однак з легкістю можна розширити його можливості, встановивши плагіни, написані для платформи Eclipse, наприклад пакети інструментів розробки для інших мов програмування. Також можна писати та встановлювати власні модулі плагінів. Інтегроване середовище розробки Eclipse доступне як у настільній, так і в хмарній версії. Хмарна версія Eclipse під назвою Eclipse Che дозволяє розробникам створювати програми через веб-браузер. Eclipse часто порівнюють з IntelliJ, і багато розробників Java вибирають між цими двома середовищами.

Наявні функції:

- ядро виконання;
- PDE (Інструмент для створення власних плагінів);
- мова моделювання та керування;
- автоматична перевірка синтаксису;
- інтерфейси, розроблені для спеціальних розв’язувачів;
- спеціальний компілятор;
- прості у використанні функції для редагування, перегляду та рефакторингу.

Переваги:

- безкоштовне для завантаження та користування;
- наявність багатьох плагінів, що розширюють можливості середовища;
- готові шаблони коду;
- можливість дистанційного управління проектами;

Недоліки:

- низька швидкість роботи;
- відносно велике навантаження на процесор;
- інколи середа розробки може аварійно закритись сама по собі;
- ускладнене встановлення та використання доступних плагінів.

BlueJ [24]. Дане середовище розробки створене в більшій мірі для освітніх цілей, є безкоштовним та має інтерактивний і зручний інтерфейс. BlueJ також знайшов своє застосування в багатьох невеликих комерційних проектах програмування. Оскільки BlueJ було розроблено для підтримки навчання об’єктно-орієнтованого програмування, його дизайн відрізняється від інших середовищ розробки. На головному екрані графічно показано структуру класів програми, що створюється (на UML-подібній діаграмі). Розробники можуть запускати команди для об’єктів, перевіряти значення об’єктів і передавати їх як параметри за допомогою середовища BlueJ. Можливість легко взаємодіяти з

різними елементами коду в поєднанні з чистим і простим інтерфейсом робить BlueJ чудовим вибором для програмістів-початківців.

Наявні функції:

- user-friendly інтерфейс;
- панель коду;
- вікно об'єктів;
- відображення взаємодії між об'єктами;
- додаткові рекомендації та інструкції.

Переваги:

- простий графічний інтерфейс,
- можливість безпосереднього виклику виразів Java, завдяки чому можна запускати об'єкти Java під час запуску програми;
- ілюстрація UML-схеми проектів;
- можливість користуватися, не встановлюючи його на свій комп'ютер;
- безкоштовно;
- добре підходить для початківців.

Недоліки:

- обмежена кількість функцій порівняно з іншими рішеннями;
- нерідко трапляються системні збої;
- не підходить для великих і складних проектів.

NetBeans [24]. Також безкоштовне інтегроване середовище розробки з відкритим кодом. Працює на різних операційних системах, таких як Windows, Mac, Linux і Solaris. NetBeans IDE пропонує широкі інструменти для створення веб-, корпоративних, настільних і мобільних програм на Java. Дозволяє створювати програми з набору модульних програмних компонентів, які називаються модулями.

Наявні функції:

- кросплатформленість;

- інструменти статичного аналізу;
- візуальні налаштування;
- аналізатори пакетного коду;
- конвертер коду;
- функціональність, призначена для управління проектами.

Переваги:

- доступний широкий спектр плагінів для розширення можливостей середовища;
- 28 мови інтерфейсу;
- повністю безкоштовне середовище розробки;
- має ряд корисних функцій, таких як доповнення відсутніх елементів коду або виділення змінних і ключових слів;
- дозволяє розгортати код із власного середовища.

Недоліки:

- через великий розмір середовища можуть виникати проблеми з його безперебійною роботою;
- вбудований відладчик працює відносно повільно;
- плагіни для версій iOS можна покращити.

JDeveloper [24]. Безкоштовна IDE із відкритим кодом, розроблена корпорацією Oracle. Пропонує функції для програмування на Java, XML, SQL і PL / SQL, HTML, JavaScript, BPEL і PHP. Середовище JDeveloper охоплює весь життєвий цикл проекту розробки, від початкового проектування, через написання коду та налагодження, до оптимізації та розгортання. Використовуючи JDeveloper, Oracle прагне спростити розробку програм, зосередившись на забезпеченні візуального та інтуїтивно зрозумілого підходу до розробки програм. Oracle JDeveloper також інтегрується з Oracle Application Development Framework (Oracle ADF) – комплексною платформою на основі Java EE, яка ще більше полегшує роботу розробника.

Наявні функції:

- пропонує візуальний і декларативний редактор;
- редактор перетягування;
- повне управління циклом розробки програми;
- візуальний редактор HTML 5;
- можливість виконання SQL запитів

Переваги:

- значно спрощує розробку програмного забезпечення Java на кожному етапі життєвого циклу програми;
- дозволяє легко встановити зв'язок між програмою, написаною на Java, і базою даних;
- може інтегруватися з екосистемою Oracle Application Development Framework (Oracle ADF), щоб ще більше спростити розробку програм завдяки спеціальним плагінам і інструментам;
- пропонує інструменти для створення Java, веб- і мобільних додатків, інтернет-сервісів і додатків баз даних;
- середовище JDeveloper являється безкоштовним.

Недоліки:

- споживає багато оперативної пам'яті;
- необхідно багато часу, щоб ознайомитися з даним середовищем;
- робота середовища досить повільна та потребує чимало ресурсів комп'ютера.

3.2 Обґрунтування вибору мови та середовища розробки програмного забезпечення

В рамках кваліфікаційної роботи було прийнято рішення як мову програмування використовувати Java. Беручи до уваги все переваги та недоліки

середовищ розробки, в рамках кваліфікаційної роботи було обрано IntelliJ IDE. Адже функціональні можливості, які надає дане середовище розробки, перевищують ті, що пропонують конкуренти. Також важливу роль грає інтерфейс користувача. В IntelliJ IDE інтерфейс пропрацьований на високому рівні та пройшов вже величезну кількість доопрацювань на основі відгуків користувачів. Також IntelliJ IDE надає можливість здійснювати інтеграцію з дуже важливими сервісами, що працюють з репозиторіями коду, розгортанням локальних серверів та взаємодіють з багатофункціональними фреймворками Java. IntelliJ IDE має безкоштовну Community версію, функціональних можливостей якої більш ніж достатньо для вирішення поставлених задач в рамках даної кваліфікаційної роботи.

Для імітаційного моделювання було прийнято рішення використовувати GPSS WORLD через простоту та зрозумілість процесу розробки імітаційної моделі. Звіт з моделювання, який генерується даним середовищем розробки, представляє собою згрупований набір вихідних даних, завдяки чому здійснювати оцінку точності експериментів та аналіз результатів являється досить легко та зрозуміло, тобто відсутня будь-яка плутанина. Важливим фактором є також те, що GPSS WORLD має безкоштовну версію для студентів.

3.3 UML-діаграма підсистеми

На рисунку 3.2 наведена UML-діаграма підсистеми, яка демонструє графічний опис об'єктного моделювання для розробки веб-додатку. Користувач здійснює введення початкових даних та відправляє з веб-сторінки до Spring контролеру, який, у свою чергу, відправляє дані до імплементації сервісу Java для обробки та подальшої компіляції коду, який відповідає за підрахунки. Після цього результати передаються до контролера у вигляді моделі та розбиваються

на атрибути, які, у свою чергу, відправляються для відображення на інтерфейсі користувача.

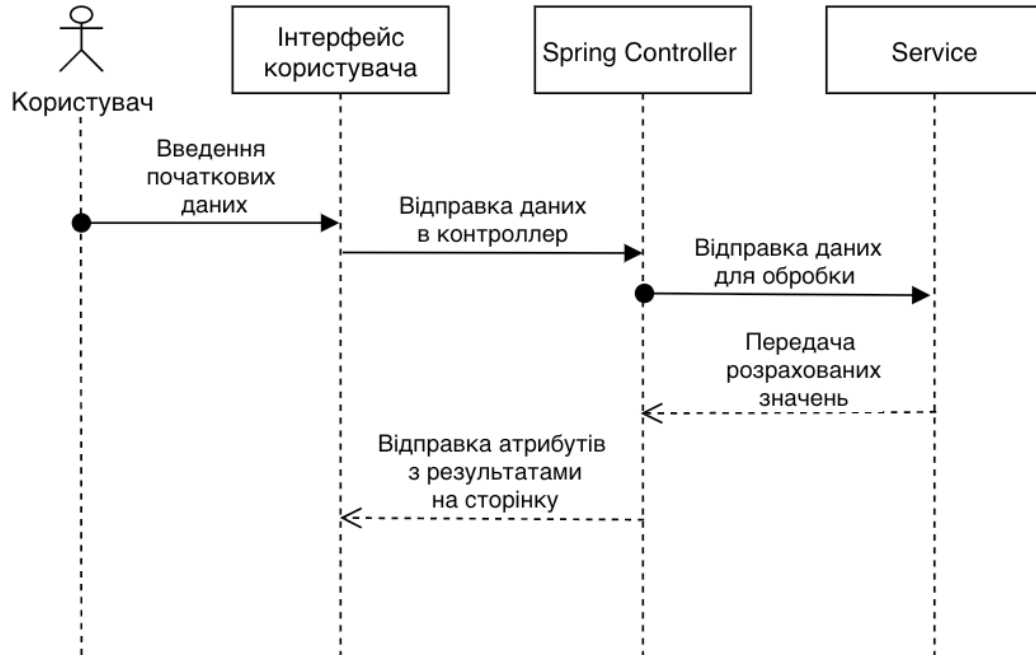


Рисунок 3.2 – UML діаграма підсистеми

3.4 Опис програмного забезпечення

Розроблена програма представляє собою веб-додаток, розроблений з використанням фреймворку Spring Boot, в основі якої лежить реалізація методів розрахунку оптимального значення страхового заділу на основі необхідних для цього параметрів, а також з використанням змінних параметрів в інтервальному вигляді. Також було розроблено програму імітаційного моделювання, в рамках якої було проведено моделювання технологічного процесу збірки приладу на основі набору деталей, а саме проімітовано процес надходження деталей з діляниць попередньої обробки, процес створення страхових та оборотних заділів та процес комплектації та збірки готового продукту.

На рисунку 3.3 представлено стартовий екран веб-додатку.

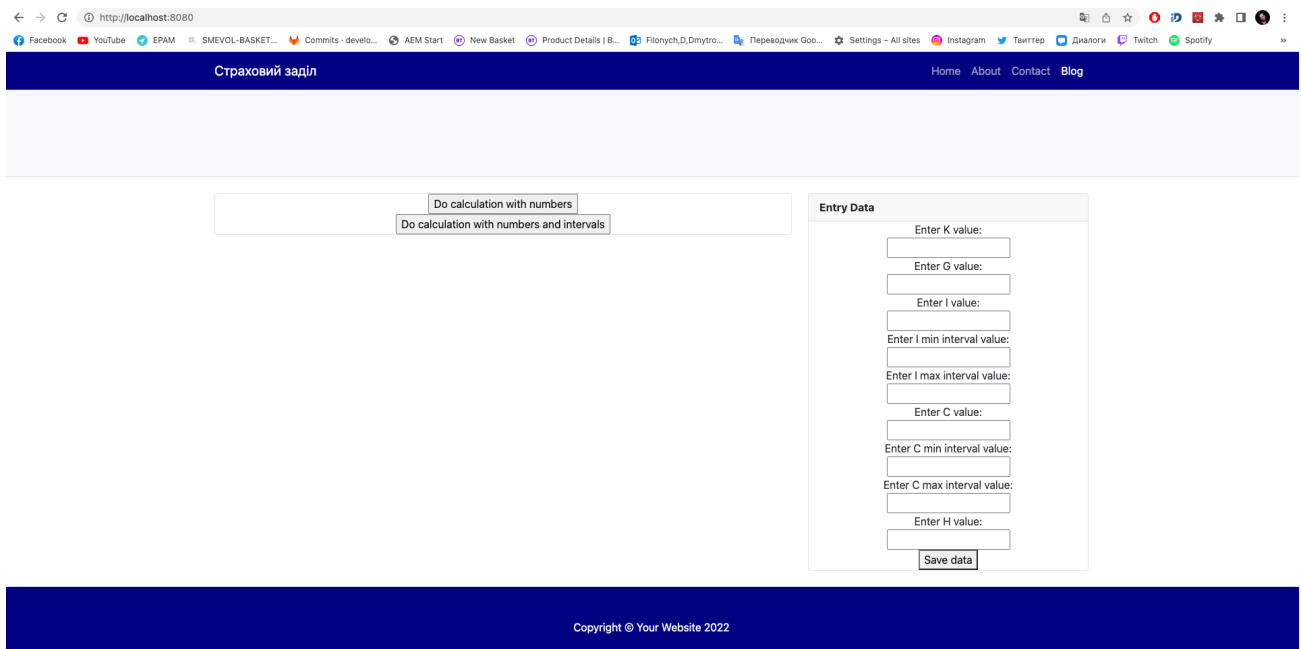


Рисунок 3.3 – Стартовий екран програми

Після запуску програми, перейшовши за посиланням <http://localhost:8080/> відкривається сторінка, на якій користувач може побачити вікно для введення початкових даних, а саме параметрів, на основі яких у подальшому буде відбуватися формування розміру необхідного страхового заділу. Також користувач має кнопку для збереження даних та кнопки вибору методу розрахунку.

Розроблений веб-додаток спрямований на розрахунок оптимального страхового заділу в рамках приладобудівельного виробництва шляхом надання необхідних параметрів для формування та відображення вихідних даних щодо відповідного типу деталі. Страховий заділ окремого типу деталі може бути розрахований шляхом занесення нових вхідних даних, що стосуються наступного виду деталі.

Користувач вводить всі необхідні для обох методів значення змінних, а саме:

- коефіцієнт пропорційності, який являє собою збільшення часу простою певної ділянки виробництва в залежності від розміру страхового заділу k ;
- втрати від дефіциту ресурсів, через що відбувається простій окремих ділянок виробничого комплексу за один день g ;
- відсоток банку i ;
- ціна одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат c ;
- коефіцієнтне значення витрат на зберігання одиниці заділу за відповідний період H .

Після введення вхідних даних користувачу необхідно натиснути кнопку «Save data» для зберігання інформації у системі.

Для розрахунку першим методом, який передбачає собою знаходження оптимального значення страхових заділів та іншої додаткової корисної інформації розрахунок без взяття до уваги інтервального характеру потребуючих цього величин, значення яких задіяні в запрограмованому алгоритмі. За необхідністю отримати вихідні дані описаним способом, після зберігання вхідних даних, користувачу необхідно натиснути кнопку «Do calculation with numbers». Після натискання даної кнопки користувачу буде виведено розраховану за поданими ним вхідними значеннями параметрів інформацію, а саме:

- середнє значення інтервалу поставок;
- інтервали запізнених поставок;
- значення страхового заділу;
- втрати від простою за один день;
- річні витрати L_{zag} на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит;
- оптимальний розмір страхового заділу.

Робота програми, а саме розрахунок оптимального значення страхового заділу за першим методом представлено на рисунку 3.4.

Страховий заділ

Number calculation

Середнє значення інтервалу поставок : 9.633
 Інтервали запізнених поставок : {1=10.0, 3=13.0, 4=11.5}
 Значення страхового заділу : 7
 Втрати від простою виробничих ділянок через дефіцит запасів : 6.757
 Річні витрати L_{zag} на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит : 7.890
 Оптимальний розмір страхового заділу : 16

Do calculation with numbers
 Do calculation with numbers and intervals

Entry Data

Enter K value:
3

Enter G value:
15

Enter I value:
0.03

Enter I min interval value:
0.02

Enter I max interval value:
0.06

Enter C value:
4

Enter C min interval value:
3

Enter C max interval value:
5

Enter H value:
0.05

Save data

Copyright © Your Website 2022

Рисунок 3.4 – Результати розрахунку страхового заділу за першим методом

Для розрахунку страхового заділу за другим методом, а саме з використанням інтервальних відношень, користувачу необхідно задати нижні та верхні межі інтервалів для відповідних параметрів та натиснути на кнопку «Do calculation with numbers and intervals».

Як інтервальними величинами було прийнято рішення використовувати саме відсоток банку i та ціну одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат c , адже в сучасному світі дані параметри найбільш схильні до коливань, тому буде досить доречно для інтервального розрахунку оптимального страхового заділу, як інтервальними величинами брати саме наведені вище параметри.

Для розрахунку страхового заділу методом інтервальних величин необхідно додати до попередніх вхідних даних відповідні інтервальні значення, а саме:

- нижня межа інтервалу значення відсотку банку i_{min} ;
- верхня межа інтервалу значення відсотку банку i_{max} ;
- нижня межа інтервалу значення ціни одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат c_{min} ;
- верхня межа інтервалу значення ціни одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат c_{max} .

Після натискання кнопки «Do calculation with numbers and intervals» користувач в головному блоці сторінки отримує набір розрахованих значень за методом інтервальних значень, а саме:

- середнє значення інтервалу поставок;
- інтервали запізнених поставок;
- значення страхового заділу;
- втрати від простою за один день;
- нижній інтервал значень добутку ціни деталі та проценту банка;
- верхній інтервал значень добутку ціни деталі та проценту банка;
- нижній інтервал річних витрат L_{zag} на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит;
- верхній інтервал річних витрат L_{zag} на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит;
- оптимальний інтервальний розмір страхового заділу з кроком інтервалу 0,1.

Під кроком інтервалу мається на увазі константне значення, з яким здійснюється фінальний розрахунок значення оптимального страхового заділу у межах розрахованого попередньо інтервалу на основі заданого нижнього та

верхнього обмеження інтервальних значень для таких параметрів як відсоток банку та ціна одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат.

Отримані значення вищенаведених вихідних даних за методом інтервального розрахунку оптимального розміру страхового заділу приладобудівельного виробництва виводяться користувачу та представлені на рисунку 3.5.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost:8080/doCalculateWithIntervals?`. The page title is "Страховий заділ" and it has a navigation menu with "Home", "About", "Contact", and "Blog". The main heading is "Interval calculation".

The results section displays the following data:

- Середнє значення інтервалу поставок : 9.633
- Інтервали запізнених поставок : {1=10.0, 3=13.0, 4=11.5}
- Значення страхового заділу : 7
- Втрати від простою виробничих ділянок через дефіцит запасів : 6.757
- Нижній інтервал значень добутку ціни деталі та проценту банка : 0.06
- Верхній інтервал значень добутку ціни деталі та проценту банка : 0.30
- Нижній інтервал річних витрат Lzag на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит : 7.490
- Верхній інтервал річних витрат Lzag на забезпечення страхового заділу та втрати через його дефіцит : 9.088
- Оптимальний інтервальний розмір страхового заділу з кроком інтервалу 0.1 : [20, 20, 15, 12]

Below the results are two buttons: "Do calculation with numbers" and "Do calculation with numbers and intervals".

The "Entry Data" section contains the following input fields and values:

- Enter K value: 3
- Enter G value: 15
- Enter I value: 0.03
- Enter I min interval value: 0.02
- Enter I max interval value: 0.06
- Enter C value: 4
- Enter C min interval value: 3
- Enter C max interval value: 5
- Enter H value: 0.05

A "Save data" button is located at the bottom of the entry data section.

The footer of the page contains the text "Copyright © Your Website 2022".

Рисунок 3.5 – Вихідні дані за методом інтервального розрахунку страхового заділу

3.5 Аналіз результатів експерименту

3.5.1 Аналіз результатів експерименту роботи веб-додатку

Було проведено чотири експерименти для різних значень, а саме змінювались такі параметри: коефіцієнт пропорційності, який являє собою

збільшення часу простою певної ділянки виробництва в залежності від розміру страхового заділу, коефіцієнт втрати від дефіциту ресурсів, через що відбувається простій окремих ділянок виробничого комплексу за один день, відсоток банку, ціна одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат, коефіцієнтне значення витрат на зберігання одиниці заділу за відповідний період, нижня межа інтервалу значення відсотку банку, верхня межа інтервалу значення відсотку банку, нижня межа інтервалу значення ціни одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат та верхня межа інтервалу значення ціни одиниці ресурсу з урахуванням транспортних витрат. Результати експериментів наведені в таблицях 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 – Дослідження за першим методом

Номер експерименту	$\bar{T}_{\text{факт}}$	$T_i^{3П} \geq \bar{T}_{\text{факт}}$	$S_{\text{ст}}$	$L_{\text{ПР}}$	$L_{\text{ЗАГ}}$	$S_{\text{страх}}$
1	9.63	10; 13; 11.5	7	6757	7890	16
2	9.63	10; 13; 11.5	7	4205	4871	17
3	9.63	10; 13; 11.5	7	9611	10942	18
4	9.63	10; 13; 11.5	7	13515	14647	23

Таблиця 3.2 – Дослідження за другим (інтервальним) методом

№	$\bar{T}_{\text{факт}}$	$T_i^{3П} \geq \bar{T}_{\text{факт}}$	$S_{\text{ст}}$	$L_{\text{ПР}}$	$i \cdot c$ (-)	$i \cdot c$ (+)	$L_{\text{ЗАГ}}$ (-)	$L_{\text{ЗАГ}}$ (+)	$S_{\text{страх}}$ (min)
1	9.63	10; 13; 11.5	7	6757	0,06	0.3	7490	9088	12
2	9.63	10; 13; 11.5	7	4205	0.02	0.09	4604	5070	22
3	9.63	10; 13; 11.5	7	9611	0.04	0.36	10210	12341	13
4	9.63	10; 13; 11.5	7	13515	0.06	0.24	14247	15446	21

3.5.2 Аналіз результатів експерименту роботи GPSS програми

Змоделюємо процес, яких полягає у тому, що до складального цеху надходять деталі з дільниць попередньої обробки певними партіями з рівномірним інтервалом. Дані деталі надходять до складу, формуючи оборотний заділ, а також поповнюють страховий. Відбувається складання виробу з набору різних деталей. Якщо не достатньо деталей для складання, то складальний цех простоює. Проведемо експерименти, щоб визначити оптимальний страховий заділ, що дозволить забезпечити роботу складального цеху без застою, тобто з максимальною ефективністю. Параметр, що буде змінюватись під час експериментів – обсяг страхового заділу. Критерієм ефективності моделі виступає безперервна робота складального цеху при мінімально можливому обсязі страхового заділу. Моделювання здійснюється протягом однієї робочої зміни на підприємстві, а саме – 12 годин.

Таблиця 3.3 – Результати експериментів імітаційного моделювання

№ експерименту	S_{1-4}	Коефіцієнт завантаженості лінії складання, %	Кількість зібраних виробів
1	0	97,5	709
2	1	97,9	710
3	2	98,6	711
4	3	99,3	715
5	4	99,7	719
6	5	99,8	719
7	6	100	721
8	7	100	721

За результатами, наведеними в таблиці 3.3 можна зробити висновок, що зі збільшенням обсягу страхових заділів збільшується завантаженість цеху складання та кількість виготовлених виробів. Знадобилося 8 експериментів, щоб знайти найбільш оптимальне значення страхового запасу кожної з деталей. Дане значення представляє собою максимальну завантаженість складального цеху використовуючи мінімальний обсяг страхового заділу, тобто іншими словами виготовлення якнайбільше виробів з використанням якомога меншої кількості страхових запасів. У результаті імітаційного моделювання було з'ясовано, що для безперебійної роботи цеху збірки з його навантаженням 100% необхідно і достатньо 6 деталей кожного з видів, у результаті чого буде виготовлена найбільш можлива кількість виробів, а саме 721. 8-й експеримент показав, що 7 одиниць страхових заділів вже являється забагато, що несе за собою підвищені витрати на формування сьомої деталі у запасі.

3.6 Висновки до третього розділу

За результатом аналізу особливостей мови програмування Java та існуючих середовищ розробки обрано найбільш функціональне та зручне з точки зору інтерфейсу користувача середовище розробки – IntelliJ IDEA.

За результатом огляду та аналізу сучасних мов імітаційного моделювання, враховуючи поставлені цілі дослідження, а саме відтворення технологічного процесу складання деталей з урахуванням його стохастичного характеру, обрано мову GPSS. В якості середовища розробки для імітаційного моделювання обрано середовище GPSS WORLD. Його використання спрощує цей процес та надає згрупований звіт вихідних даних, огляд та аналіз якого не представляю складнощів через відносно високу консистентність вихідної інформації, отриманої після виконання моделювального процесу.

Користуючись описаним програмним забезпеченням реалізовано веб-додаток для розрахунку страхового заділу. Також розроблено імітаційну модель технологічного процесу для оптимізації страхового заділу приладобудівельного виробництва. Робота яких була перевірена під час проведення експериментів, які показали ефективність підходу імітаційного моделювання для вирішення задачі стохастичного та інтервального характеру технологічного процесу складання деталей.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ В ВІДДІЛІ МОДЕЛЮВАННЯ ТП

4.1 Загальні положення

Для роботи із створеним додатком та імітаційною моделлю в відділі моделювання ТП, актуальним питанням являються необхідні умови для праці людини-співробітника. Адже такий співробітник має працювати у такому приміщенні, яке задовольняє певні вимоги.

Спеціалістом з інформаційних технологій може працювати особа, яка досягла 18-річного віку, отримала вищу освіту відповідного фаху, володіє комп'ютерними навичками на рівні стандартного прикладного програмного забезпечення, основами мережевих технологій, пройшла первинний інструктаж на робочому місці, інструктаж з пожежної безпеки, а також пройшла медичний огляд та не має протипоказань до виконання обов'язків за станом здоров'я.

Фахівець повинен [25]:

- брати до уваги та дотримуватися вимогам правил внутрішнього трудового розпорядку, інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки;
- дотримуватися правил особистої гігієни та інших санітарних правил;
- не надавати доступ до свого робочого місця стороннім особам;
- не перебувати у алкогольному, наркотичному або медикаментозному сп'яніннях на робочому місці та в робочий час;
- не перебувати на робочому місці у хворому стані;
- мати інформацію з місцерозташування аптечних засобів та засобів пожежогасіння;
- здійснювати провітрювання кожні дві години;
- не перебувати за робочим місцем з їжею.

Під час роботи на фахівця можуть впливати такі шкідливі виробничі фактори, як: неякісне освітлення робочого місця, ураження електричним струмом, випромінювання від екранного пристрою, нервово-психологічні та емоційні навантаження, перенапруження зорових аналізаторів, а також інші негативні фактори [25].

Робочий стіл для роботи фахівця з розробленим додатком та імітаційної моделлю повинен бути достатнього розміру, з поверхнею, що має низьку відбивну здатність та передбачає зручне розміщення екрана, клавіатури, документів і відповідного устаткування. Крісло має бути стійким, легко рухатися. Сидіння повинно регулюватися по висоті, а спинка сидіння — як по висоті, так і по нахилу. Екран комп'ютера повинен вільно повертатися і нахилитися відповідно до потреб працівника, для досягнення максимальної звучності, а також зображення на ньому має бути чітким, яскравість та контрастність символів повинні легко регулюватися.

4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи фахівець повинен [25]:

- отримати інструктаж від безпосереднього керівника;
- переконатися візуально у відсутності механічних ушкоджень корпусів екранного пристрою та засобів оргтехніки, у наявності інженерно-технічних засобів безпеки, аптечки і засобів пожежогасіння;
- впевнитись у якості освітлення, наявності рекомендованого контрасту між екраном і навколишнім середовищем. Робоче місце має бути розташованим таким чином, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва;
- перевірити справність шнурів живлення, вимикачів, розеток, штепсельних з'єднань, надійність роботи вентиляційної системи;
- очистити екранний пристрій від пилу та інших забруднень;

– повідомити безпосереднього керівника про несправність екранного та периферійних пристроїв, засобів оргтехніки, меблів, приладів, електропроводки, іншого обладнання та не приступати до роботи до повного усунення недоліків.

4.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Під час роботи фахівець повинен [25]:

– тримати в порядку і чистоті робоче місце. Не захаращувати проходи до робочого місця сторонніми предметами і речами, які зменшують тепловіддачу засобів оргтехніки та іншого обладнання;

– стежити за справністю екранного пристрою, засобів оргтехніки та іншого устаткування, дотримуватися правил їх експлуатації;

– при тривалій відсутності на робочому місці відключати від електромережі засоби оргтехніки та інше устаткування, крім обладнання, яке використовується цілодобово;

– забезпечувати щоденне вологе прибирання та щогодинне провітрювання робочого приміщення;

– контролювати виконання деяких рекомендацій, а саме : проведення регламентованих законодавством і правилами внутрішнього розпорядку короткочасних перерв в роботі, а також проведення комплексу вправ для очей, для рук, для хребта (вироблення правильної постави), для поліпшення мозкового кровообігу, а також сеансів психофізіологічного розвантаження;

– не допускати виконання технічного обслуговування і ремонту екранного пристрою безпосередньо на робочому місці працівника;

– не допускати відключення захисних пристроїв, самочинне проведення зміни у конструкції екранного пристрою;

- не допускати роботу з екранними пристроями, у яких під час роботи виникають нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані та інші несправності;
- не допускати роботу при знятих і пошкоджених кожухах захисту засобів оргтехніки та іншого обладнання;
- не доторкатись руками до рухомих частин засобів оргтехніки та іншого обладнання.

4.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи фахівець зобов'язаний [25]:

- відключити від електромережі екранний пристрій, засоби оргтехніки та інше устаткування, крім обладнання, яке використовується цілодобово (апарати факсимільного зв'язку, мережеві сервери тощо);
- впорядкувати робоче місце, провітрити приміщення;
- привести себе у порядок, вимити руки і обличчя та перевдягнутись;
- про особливості в роботі та виявлені недоліки повідомити безпосереднє керівництво.

4.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При аварійних випадках фахівець повинен [25]:

- при виникненні аварії або ситуації, яка може призвести до неї, потрібно вжити всіх можливих заходів з її усунення, попередити тих, хто поруч, про небезпеку, повідомити про подію керівництво підприємства та діяти згідно з планом ліквідації аварії;
- у разі несправності електрообладнання, яке перебувало в експлуатації, перериванні подачі електроенергії чи появі незвичного шуму, диму слід негайно

зупинити його роботу.

У випадку пожежі фахівець повинен [25]:

- вжити заходів щодо евакуації працівників із приміщення відповідно до плану евакуації та негайно повідомити пожежну службу;
- сповістити про подію керівництво підприємства;
- приступити до ліквідації загоряння відповідно до інструкції з пожежної безпеки наявними засобами пожежогасіння.

Якщо стався нещасний випадок і є потерпілі, а також при раптовому захворюванні працівника фахівець повинен [25]:

- усунути дію на організм небезпечних та шкідливих факторів, які загрожують здоров'ю і життю потерпілого (звільнити його від дії електричного струму, винести із зараженої території, загасити одяг, що горить тощо);
- надати потерпілому домедичну допомогу (залежно від ураження – відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, іммобілізувати місце перелому, наклавши пов'язку, тощо) та викликати швидку медичну допомогу або ж невідкладно здійснити заходи щодо транспортування постраждалого у найближчий лікарський заклад;
- виконувати вказівки керівництва підприємства.

4.6 Висновки до четвертого розділу

Для надання безпечних умов праці фахівцям, працюючим з розробленим додатком та імітаційною моделлю розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності. З урахуванням різноманітних ситуацій приведено основні аспекти безпечного робочого процесу в залежності від етапів робочого циклу, які щоденно проходить фахівець.

З урахуванням специфіки роботи особи з програмним забезпеченням, основним ризиком життєдіяльності може стати пожежа, викликана несправністю електричного обладнання, у тому числі і робочого комп'ютера. Приведено інструкцію та обов'язки фахівця, яких він повинен дотримуватися в аварійних ситуаціях.

Основну увагу присвячено підтримці рівня здоров'я фахівця, працюючого в офісному приміщенні за робочим столом в сидячому режимі. Описано необхідність в якісному обладнанні, в тому числі якісному моніторі та ортопедичному кріслі задля запобігання порушення осанки фахівця.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі було розв'язано актуальну науково-прикладну задачу розроблення засобу оптимізації страхових заділів у системі керування приладобудівельним виробництвом для забезпечення безперебійної роботи технологічних ліній.

Проведений огляд сучасного стану проблеми керування страховими заділами дозволив встановити особливості приладобудівельного виробництва як об'єкта керування та актуальність задач планування страхових заділів на сучасних приладобудівельних підприємствах. Це дозволило обрати для розв'язання задачі як базовий популярний метод оптимізації заділів за показником наведених витрат. Враховуючи неточність вхідних даних подібних задач, запропоновано удосконалення методу шляхом використання інтервальних оцінок. Для остаточного вибору розміру страхових заділів запропоновано використати метод на основі імітаційного моделювання технологічного процесу.

За результатом аналізу особливостей мови програмування Java та існуючих середовищ розробки обрано найбільш функціональне та зручне з точки зору інтерфейсу користувача середовище розробки – IntelliJ IDEA. Для імітаційного моделювання, враховуючи поставлені цілі дослідження, а саме відтворення технологічного процесу складання деталей з урахуванням його стохастичного характеру, обрано мову GPSS. В якості середовища розробки для імітаційного моделювання обрано середовище GPSS WORLD.

На цій основі у практичній частині роботи було реалізовано вед-додаток для розрахунку страхового заділу двома методами: з використанням числових значень параметрів, та з використанням інтервальних значень для найбільш нестабільних параметрів. Також було розроблено імітаційну модель технологічного процесу роботи цехів з складання виробу з декількох видів

деталей з використанням оборотних та страхових заділів для кожного виду деталей, завдяки якій було проведено оптимізацію страхового заділу приладобудівельного виробництва шляхом імітації безперебійної роботи виробництва з найменш можливим обсягом страхових запасів.

Практичне використання розробки за рахунок можливості врахування неповної визначеності даних задачі підвищити якість управлінських рішень з визначення виробничих страхових заділів.

За темою кваліфікаційної роботи було підготовлено доповіді з публікацією тез на трьох міжнародних та Всеукраїнській конференціях [20-21, 30].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Невлюдов І.Ш. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ. 2019. 396 с. 35.
2. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП “УкрНДНЦ”. 2016. 30 с.
3. Організація виробництва. Виробнича структура та її види. URL: <https://library.if.ua/book/106/7139.html> (дата звернення 23.09.2022).
4. Управління суспільним виробництвом: необхідність та сутність. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/management/13850/> (дата звернення 24.09.2022).
5. Організація виробництва. Технологія і виробничий процес. URL: <https://library.if.ua/book/106/7125.html> (дата звернення 23.09.2022).
6. Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. Технологія приладобудування : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2019. 135 с.
7. Peculiaridades de construir un modelo del sistema de pronóstico de gestión de reservas empresariales ajustado por factores de riesgo / I. Parshutina, I. Shaporova, [and others] // Peculiarities of building a model of the management forecast system of enterprise reserves adjusted for risk factors : електрон. версія журн. 2018. С. 23–34. URL: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n36/a18v39n36p23.pdf> (дата звернення: 20.09.2022).
8. Юнич М. В., Загурський О.Б. Роль управління запасами у забезпеченні економічної безпеки підприємства // Пріоритети економічної науки XXI століття : матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Івано-Франківськ, 17 червня. 2022 р.). Івано-Франківськ : НАІР, 2022. С. 144–146.
9. Кушнір О. С. Нормування збутових запасів на підприємстві // Економіка і менеджмент 2021: перспективи інтеграції та інноваційного розвитку: матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (Дніпро, 8–9 квітня 2021 р.). Дніпро, 2021. С.

63-65.

10. Теоретичні основи управління запасами підприємств. URL: https://www.researchgate.net/publication/321984774_TEORETICNI_OSNOVI_UPR_AVLINNA_MATERIALNIMI_ZAPASAMI_PIDPRIEMSTV (дата звернення: 20.09.2022).

11. Прохорова В. В., Давидова О. Ю. Організація виробництва : навч. посібник. Харків : Вид-во Іванченка І.С., 2019. 275 с.

12. Жарська І. О. Логістика : Підручник. Одеса : ОНЕУ, 2019. 209 с.

13. Моделювання управління запасами. URL: https://pidru4niki.com/71679/logistika/modeli_upravlinnya_zapasami (дата звернення: 22.09.2022).

14. Theoretical and methodical approaches to the definition of marketing risks management concept at industrial enterprises / V. Tkachenko, A. Kwilinski, I. Tkachenko, P. Puzyrova // Marketing and Management of Innovations : матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Суми, 2019 р.). Суми, 2019. С. 228-238.

15. Xabibullayev I., Zhovnovach R., Petrova M. Model of assortment optimization and inventory management in enterprise // Economics and Finance. 2021. Т. 9, № 1. С. 31–46.

16. Khudyakova T., Shmidt A. Enfoques metódicos para gestionar la sostenibilidad de las empresas en una economía variable // Methodical approaches to managing the sustainability of enterprises in a variable economy: електрон. версія журн. 2018. С. 28–33. URL: <http://asesoresvirtualesalala.revistaespacios.com/a18v39n13/18391328.html> (дата звернення: 25.09.2022).

17. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник / Кривий Ріг: КК НАУ. 2017. 444 с.

18. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ. 2018.

332 с.

19. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків: ХНУРЕ, 2021. 55 с.

20. Філонич Д.В. Розробка підсистеми автоматизації обліку для системи керування приладобудівельним виробництвом // Діджиталізація науки як виклик сьогодні: матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Одеса, 21 грудня. 2021 р.). Одеса, 2021. С. 25-26.

21. Філонич Д., Безкоровайний В. Оптимізація страхових заділів у технологічних процесах приладобудівельного виробництва // Інформаційні системи та технології: матеріали 11-ї Міжнародної наук.-техн. конф. Ч. 2 (м. Харків, 22-25 листоп. 2022 р.), Х.: ХНУРЕ, 2022. С. 15–16. URL: https://istconf.sedep.online/archive/ist_2022_part_2.pdf (дата звернення 03.12.2022).

22. Beskorovainyi V., Kolesnyk L. Interval model of multi-criterion task of reengineering physical structures of distributed databases // Intelligent information systems for decision support in project and program management: Collective monograph. European University Press. Riga: ISMA, 2021. P. 7-14.

23. Advantages and Disadvantages of Java. URL: <https://techvidvan.com/tutorials/pros-and-cons-of-java/> (дата звернення 26.11.22).

24. Java IDE in 2022: Top 6 Java Integrated Development Environments Chosen by Our Developers. URL: <https://stratoflow.com/top-java-ide/> (дата звернення 27.11.22).

25. Інструкція з охорони праці для фахівця з інформаційних технологій. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1065-nstruktsya-z-ohoroni-prats-dlya-fahvtsya-z-nformatsynih-tehnology> (дата звернення 01.12.2022).
26. Java Documentation. URL: <https://docs.oracle.com/en/java/> (дата звернення 01.12.22).
27. Java. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Java> (дата звернення 01.12.2022).
28. Spring Boot Reference Documentation. URL: <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/htmlsingle/> (дата звернення 01.12.22).
29. Моделювання систем у GPSS World: навч. посібник / Я. І. Соколовський, Ю. В. Шабатура, Я. І. Вихлюк, І. М. Крошній. Львів : Новий Світ-2000, 2019. 293 с.
30. Філонич Д. В., Безкоровайний В. В. Оптимізація страхових заділів для системи керування приладобудівельним виробництвом // Всеукраїнська наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві» (м. Харків, 23 листоп. 2022 р.), Харків: ХНАДУ. URL: https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/_imported/uploads/%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%A0%D0%90%D0%9C%D0%90_%D0%90%D0%9A%D0%86%D0%A2_2022.pdf (дата звернення 03.12.2022).