

УДК 658.014.1.011.56

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ РЕМОНТНОГО ВІДДІЛУ  
ХЛІБОПЕКАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА В СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC**

*Л.Ю. Маноха, кандидат технічних наук*

*Н.В. Ліманська, С.В. Рудь, асистенти*

*Національний університет харчових технологій*

*e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

*Застосування методів імітаційного моделювання на етапі розробки технологічних проектів харчових підприємств, що функціонують в умовах жорсткої конкуренції, характерно для світової практики в нинішній час. Ці методи дозволяють вже на ранніх стадіях розробки проекту модернізації зробити оцінку стану ремонтної системи хлібокомбінату та обґрунтувати необхідність модернізації.*

***Ключові слова: ремонт, обладнання, імітаційне моделювання, модель, AnyLogic.***

Для оптимізації матеріальних потоків та характеристик технологічного обладнання на хлібопекарських підприємствах, доцільно використовувати методи імітаційного моделювання. Адже застосування моделей імітаційного моделювання дозволяє скоротити час прийняття управлінських рішень, проаналізувати можливі наслідки цих рішень, прогнозувати стан ремонтної системи та оптимізувати систему до її реалізації. Вивчення ремонтної системи за допомогою імітаційної моделі дає можливість змінювати час функціонування системи без втручання в реальну роботу хлібокомбінату, зрозуміти взаємозв'язок елементів всередині системи, оцінити ступінь впливу різних факторів та виявити слабкі місця.

**Мета досліджень** – імітаційне моделювання ремонтного відділу хлібопекарного підприємства в середовищі AnyLogic.

За допомогою середовища програмування AnyLogic Professional 6.4.1 змодельовано процес обслуговування технологічних ліній хлібокомбінату

ремонтною бригадою, а саме підготовка персоналу до ремонту; отримання плану робіт на день та звітування про виконану роботу; отримання та повернення інструменту; перевірка стану обладнання (А, Б та В) та його ремонт за необхідністю (рис.1).

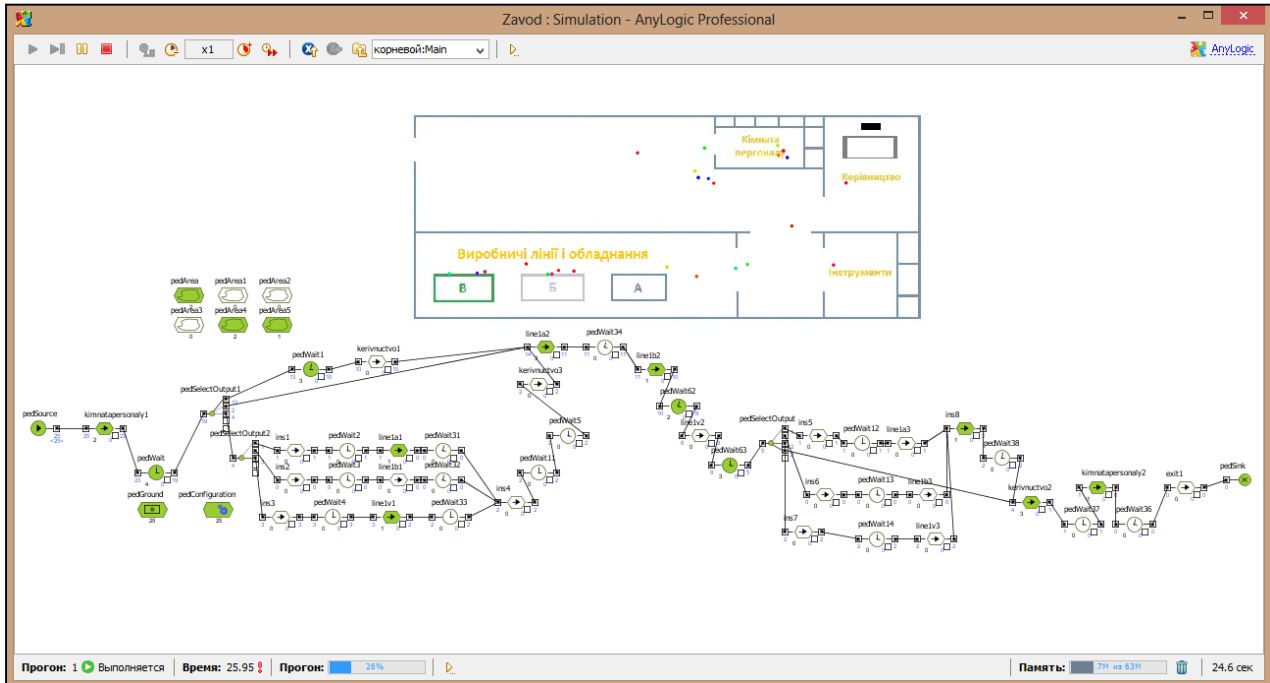



Рис. 1. Імітаційна схема роботи ремонтної бригади

У імітаційній моделі передбачено підготовку персоналу до ремонту. Далі, з рівною вірогідністю, робітники можуть:

- піти до керівництва, щоб отримати розпорядок робіт на день та перейти до огляду обладнання. В кінці робочого дня робітник звітується керівництву;
- перейти до кімнати з інструментами і приступити до ремонту будь-якого з трьох типів обладнання на лінії (А, Б та В);
- відразу перейти до огляду обладнання.

Варіанти дій робітників моделювалися з використанням компоненти  Ped Select Output. Сума ймовірностей властивостей цієї компоненти рівні одиниці (1).

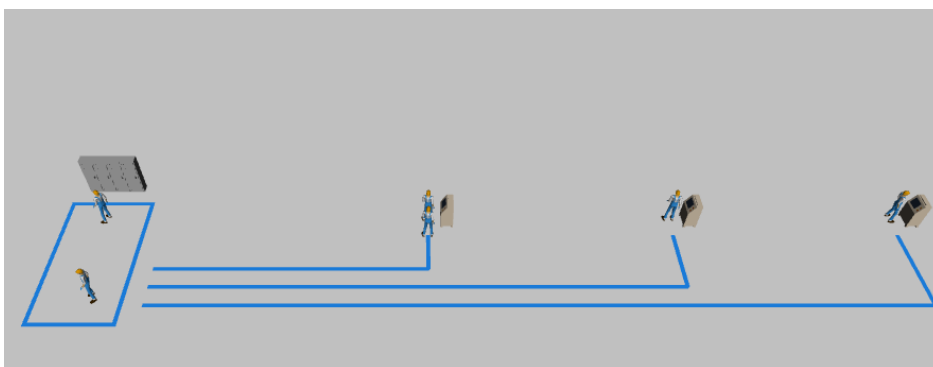
$$\sum_{i=1}^n P(A_i) = 1 \quad (1)$$

Результатом роботи моделі є дерево дій персоналу, за яким робиться висновок: яке обладнання і коли ламалося, яке зовсім не ламалось та складається статистичний звіт (рис.2).



**Рис. 2. Статистичні дані роботи ремонтної бригади на пакувальній лінії хлібокомбінату.**

Для візуалізації процесу проведення ремонтів бригадою використано 3D модель AnyLogic (рис.3) та побудовано модель роботи відділу ремонту на хлібокомбінаті за допомогою дискретно-подієвого моделювання, а саме процес-діаграми AnyLogic Process flowcharts (рис.4).



**Рис. 3. 3D-модель процесу ремонту обладнання**

Кількість технологічного обладнання не впливає на трудомісткість складання моделі, оскільки використовуються активні бібліотечні об'єкти, що

додаються простим копіюванням. Внутрішня логіка може враховувати різноманітні нормативні умови.

**Матеріали та методика досліджень.** Імітаційне моделювання, окрім візуального зображення робочого процесу, також дає змогу оцінити роботу системи за окремими показниками. Наприклад, кількість надходження заявок на ремонт (окремо планових та позапланових) в залежності від кількості робітників в ремонтній бригаді кожної зміни.

Для визначення оптимальної кількості бригад на хлібокомбінаті, опишемо дану модель як  $n$ -канальну систему з необмеженою чергою, у якій працює  $n$  бригад.

Ймовірність відсутності черги:

$$p_0 = \frac{1}{1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^s}{n!} + \frac{\rho^{s+1}}{n!(n-\rho)}}, \quad (2)$$

де  $\rho$  – інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість устаткування у черзі:

$$L_q = \frac{\rho^{n+1} \cdot p_0}{n \cdot n! \cdot (1 - \frac{\rho}{n})^2}. \quad (3)$$

Середня кількість устаткування в системі обслуговування:

$$L_s = L_q + \rho. \quad (4)$$

Середній час перебування устаткування у черзі:

$$W_q = L_q / \lambda, \quad (5)$$

де  $\lambda$  – середня кількість замовлень за одиницю часу.

Середній час перебування устаткування в системі:

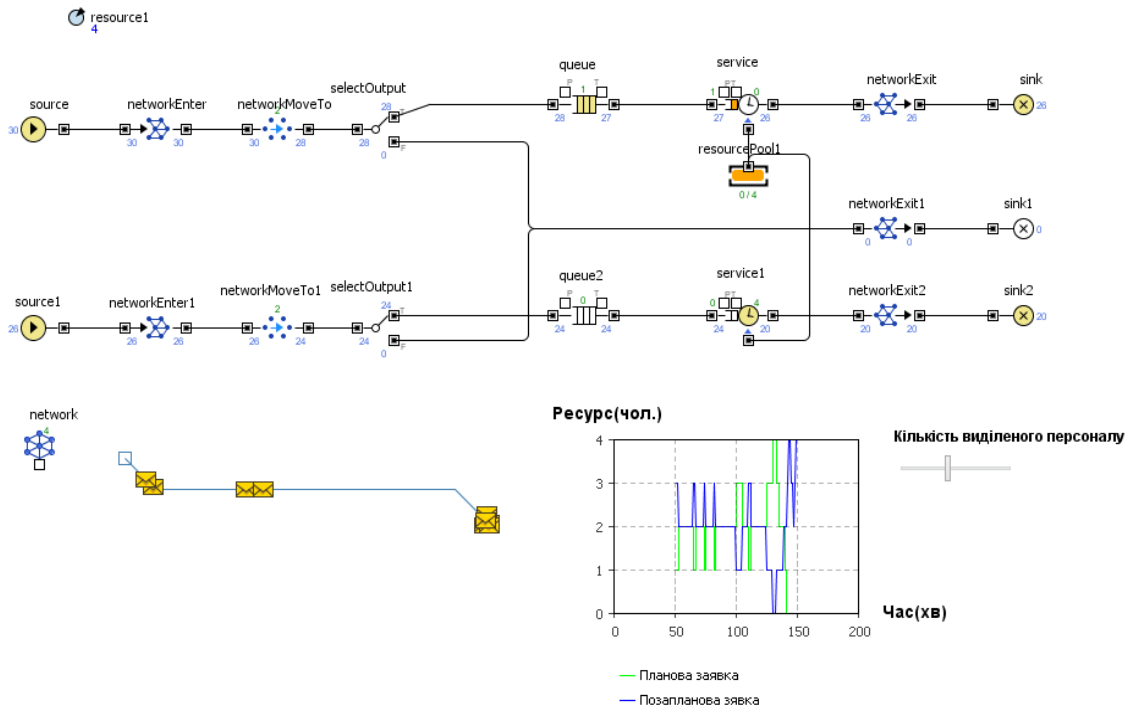
$$W_s = (1 / \lambda) L_s. \quad (6)$$

Загальні витрати у системі складаються з витрат на простої устаткування та витрат на утримання бригад:

$$V = W_s \cdot L_s \cdot C_1 + i \cdot C_2, \quad (7)$$

де  $C_1$  – витрати в одиницю часу на простої одиниці устаткування,  $C_2$  – витрати на утримання однієї бригади,  $i$  – кількість бригад,  $1 \leq i \leq n$ .

## Результати досліджень.



**Рис. 4. Моделювання роботи ремонтного відділу на хлібопекарному підприємстві.**

Проаналізовано отримані результати за заданої ймовірності надходження планових та позапланових заявок на ремонт, можливості черги заявок та затримки на проведення ремонту.

### Висновки

Імітаційна модель, що працює із системою масового обслуговування з очікуванням, за заданими інтенсивністю надходження планових заявок, затримкою при ремонті та інтенсивністю прибуття позапланової заявки дозволяє зробити висновок про ефективну кількість робітників в бригаді на підставі мінімізації функції загальних витрат.

Розроблені моделі орієнтовані на спеціалістів інженерного напрямлення на підприємстві (головного інженера, головного механіка тощо), які в процесі виконання експериментів мають можливість оперативно вносити зміни.

### Список літератури

1. Маноха Л.Ю. Моделювання систем: конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050101 "Комп'ютерні науки" денної та заочної форм навч. / Л.Ю. Маноха, Н.В. Ліманська – К.: НУХТ, 2014. – 198 с.
2. Орлова И.В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование. Учеб. пособие / И.В. Орлова, В.А. Половников – М: Вузовское пособие, 2007. – 365 с.
3. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование AnyLogic 5.0. / Ю.Г. Карпов – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
4. Киселёва М.В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic: учебно-методическое пособие/ М.В. Киселёва. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ РЕМОНТНОГО ОТДЕЛА ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В СРЕДЕ ANYLOGIC

*Л.Ю. Маноха, Н.В. Лиманская, С.В. Рудь*

*Применение методов имитационного моделирования на этапе разработки технологических проектов пищевых предприятий, функционирующих в условиях жесткой конкуренции, характерно для мировой практики в настоящее время. Эти методы позволяют уже на ранних стадиях разработки проекта модернизации сделать оценку состояния ремонтной системы хлебокомбината и обосновать необходимость модернизации.*

*Ключевые слова: ремонт, оборудование, имитационное моделирование, модель, AnyLogic.*

### RESEARCH MODELS REPAIR DEPARTMENT BAKER IN THE ENVIRONMENT ANYLOGIC

*L. Manokha, N. Limanska, S. Rud*

*Application of simulation modeling at the design stage technology projects food business, operating in a competitive environment, typical of international practice at the present time. These methods allow the early stages of the modernization project to assess the state of repair of the system bakery and justify the need for modernization.*

***Key words: repair, equipment, simulation, model, AnyLogic.***