

**Чепурний Юрій Васильович**

<https://orcid.org/0000-0002-2615-1312>

**Онищенко Володимир Михайлович** (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-6547-6646>

*Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна*

## **РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СТРАХОВОГО ЗАПАСУ АВІАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МАЙНА**

*Проведеними експериментальними дослідженнями було встановлено, що на величину страхового запасу істотний вплив роблять наступні фактори: випадковість попиту, відхилення часу постачання від запланованого, можливість невиконання постачальником зобов'язань за обсягом постачань. Таки чином, при моделюванні умов, наближених до реальних, не вдається аналітично розв'язувати проблему розрахунку величини страхового запасу, тут доцільним може бути застосування методів імітаційного моделювання. Це дозволяє стверджувати про практичну привабливість запропонованого технологічного рішення.*

**Ключові слова:** *страховий запас; імітаційне моделювання, керування запасами.*

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Відмови відбуваються при експлуатації в понад надійній авіації та в технічних системах військового призначення, що спираються на новітні технології. Яка б не була причина відмови, для споживача дуже важливий коефіцієнт готовності технічної системи, залежний від можливості заміни вузла, що відмовив.

**Аналіз останніх досліджень.** Як справедливо відмічали класики теорії надійності Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев і И.Н. Коваленко "методи розрахунку кількості запасних частин, необхідного для нормальної експлуатації устаткування, знаходяться в край запущеному стані". Особливо це відноситься до математично - економічних методів. На жаль, відтоді ні в теорії, ні в її використанні значного прогресу не спостерігалось [1].

Розробці теоретичних засад управління логістичними потоками та страховими запасами присвячено роботи багатьох вітчизняних та закордонних вчених і практиків: Анікіна Б.О., Бауерсокса Д.Дж. [2], Беседіної Н.В., Гаджинського А.М., Клосса Д.Дж., Криковського Є.В., Кристофера М., Кузнецова В.Г., Ліндерса М.Р., Міротіна Л.Б., Макарова П.О., Ніколайчука В.Є., Пономарьової Ю.В., Радіонова А.Р., Раштон А., Сергєєва В.І., Уотерса Д., Фірона Х.Є., Фролової Л.В., Хідлі Д., Шапіро Дж., Шрайбфедер Дж. та ін.

На нашу думку, проблема використання системно-динамічного моделювання для удосконалення управління страховими запасами на даний час не знайшла належного висвітлення у сучасній науковій літературі, що зумовлює необхідність дослідження цього важливого і практично значущого питання.

**Мета статті** – розробка імітаційної моделі процесу управління страховими запасами авіаційно-технічного майна.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

У випадках, коли попит на авіаційне – технічне майно (АТМ) перевищує очікування, виникає потреба в так званих "аварійних" джерелах постачання. На практиці попит на АТМ точно спрогнозувати вдається надзвичайно рідко. Ця ж проблема існує і при точності передбачення термінів реалізації замовлень, звідси - необхідність створення резервних матеріальних запасів [1-5].

Будь-який елемент системи управління запасами (СУЗ) завжди буде намагатися мінімізувати рівень своїх резервних запасів відповідно до задекларованої нею стратегією обслуговування замовників. В даній ситуації також виникає необхідність компромісу, пов'язаного з витратами щодо зберігання страхових (резервних) запасів, які призначені та пристосовані до несподіваних коливань попиту, і вигодами, які одержують технічні системи для підтримки необхідного рівня коефіцієнта готовності [1, 10-13, 20, 21].

Основні фактори, що впливають на рівень необхідних резервних запасів, є:

- коливання термінів відновлення рівня запасів АТМ;
- коливання попиту на відповідні АТМ протягом терміну експлуатації технічної системи;
- обрана стратегія обслуговування технічної системи.

Визначення точного рівня резервних запасів, необхідних в умовах нестабільності попиту на АТМ, - справа нелегка. Імовірнісна природа

вищевказаних коливань та нестабільності означає, що для знаходження задовільних розв'язань проблем, пов'язаних з резервними матеріальними запасами, зазвичай необхідне відповідне моделювання або імітація [10-16, 19].

Йдеться про оцінку ефективності системи за допомогою імітаційного моделювання. Імітаційне моделювання являє собою спостереження за поведінкою моделі системи під впливом вхідних впливів [6-9].

При цьому частина з них (а, може бути, і всі) мають випадковий характер. В результаті такого спостереження дослідник отримує набір експериментальних даних, на підставі яких можуть бути оцінені характеристики системи.

Очевидно, що аналітичні моделі для проведення імітаційного експерименту є такими, що не придатні.

Створювана імітаційна модель повинна відповідати двом основним вимогам:

- 1) показувати логіку функціонування досліджуваної системи в часі;
- 2) забезпечувати можливість проведення статистичного експерименту.

В основі поняття «статистичний експеримент» лежить метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло). Суть його полягає в тому, що результат випробування ставиться в залежності від значення деякої випадкової величини, розподіленої за заданим законом. Тому результат кожного випробування також має випадковий характер.

Провівши серію випробувань, отримують безліч часткових значень характеристики, що спостерігається, тобто вибірку. Отримані статистичні дані обробляються і видаються у вигляді відповідних чисельних оцінок величин (характеристик системи), які цікавлять дослідника (Рис. 1).

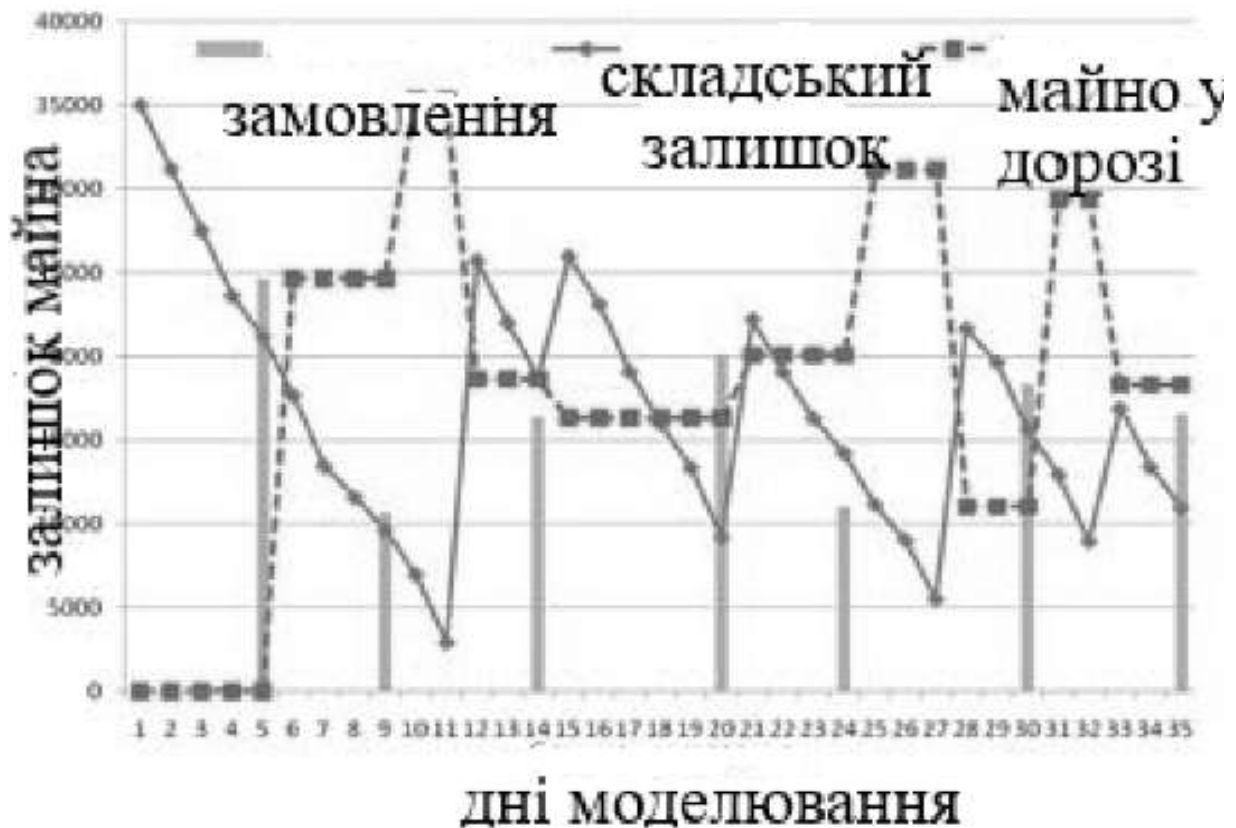


Рисунок 1. Результати імітаційного експерименту

Теоретичною основою методу статистичних випробувань є граничні теореми ймовірності (теорема Чебишева, теорема Бернуллі, теорема Пуассона). Принципове значення граничних теорем полягає в тому, що вони гарантують високу якість статистичних оцінок при досить великій кількості випробувань.

Важливо відзначити, що метод статистичних випробувань застосовують для дослідження як стохастичних, так і детермінованих систем.

Реалізація даного методу практично неможлива без використання персональних комп'ютерів.

Найбільш повно дозволяє використовувати імітаційне моделювання в програмі MATLAB. Вона орієнтована в першу чергу на обробку великих масивів даних (матриць і векторів), а також на їх візуалізацію. Дана програма в порівнянні з мовами програмування "загального призначення" (Pascal, C і т. ін.) більш ефективна при роботі з зазначеними типами даних. З точки зору

користувача, MATLAB вміщує багату бібліотеку функцій.

Ілюстрацією до сказаного вище може служити застосування методу імітаційного моделювання при розрахунку параметрів СУЗ "мінімум - максимум" і безпосередньо - рівня гарантованого запасу.

В системі "мінімум - максимум" постачання виконуються за умови, що запаси в встановлений момент часу виявилися рівними або меншими порогового рівня. Збої в постачаннях можуть бути пов'язані з затримкою в постачаннях, передчасним постачанням, з неповною постачаю, з постачаю завищеного обсягу.

Система "мінімум - максимум" реагує на всі види збоїв в постачанні, оскільки ведеться облік плинного рівня запасу при розрахунку розміру видається замовлення і гарантійний запас включається в пороговий рівень запасу. Збої в споживанні пов'язані з можливістю прискорення або скорочення інтенсивності споживання протягом часу.

В системі "мінімум - максимум" використання розрахункового розміру замовлення, а також порядок визначення моменту видачі замовлення дозволяють врахувати можливість зміни споживання, використовуючи параметр очікуваного споживання за час постачі. Модель роботи системи в умовах наявності збоїв в споживанні передбачає, що зміна інтенсивності споживання відбувається за кожен цикл роботи системи [4].

### **Висновки**

Розглянута система управління запасами "мінімум - максимум" застосовна лише до вельми обмеженого спектра умов функціонування і взаємодії постачальників і споживачів АТМ. Підвищення ефективності використання даної СУЗ в логістичній системі організації призвело до необхідності розробки оригінальної методики розрахунку гарантійних запасів, заснованої на імітаційному моделюванні поведінки системи.

Варто відзначити, що будь-яка імітаційна модель, на відміну від оптимізаційної, не дозволяє отримати кінцеве рішення з формування запасів, вона лише формує кінцевий результат в залежності від вихідних даних. Для визначення оптимальної стратегії управління страховими запасами в логістичній системі постачання АТМ, необхідно здійснити прогін моделі для різних значень керівних змінних.

### **Список використаних джерел**

1. Теория очередей и управление запасами: Учебное пособие. /Под ред. Рыжикова Ю.И. – Питер: Санкт-Петербург, 2001. С. 239-240.
2. Бауерсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика:интегрированная цепь поставок/пер. с англ. Н.Н.Барышниковой, Б.С.Пинскера. 2-е изд. Москва: Олимп-Бизнес, 2008. 640 с.

3. Логистика: Учебное пособ. /Под ред. Аникина Б.А. – М.: ИНФРА – М, 1998. С.243-244.
4. Практикум по логистики: Учебное пособ. /Под ред. Аникина Б.А. – М.: ИНФРА – М, 1999. С.169-170.
5. Dr.Michael I.Young. Cognitive process modeling (CPM) Washington. 1998. №3. – P.23.
6. Гультьев А.К. MATLAB 5.2 Имитационное моделирование в среде Windows: Практич. пособ. – СПб.: КОРОНА принт, 1999. С. 35-38.
7. Зайковская Г.Г. К вопросу о реализации имитационной модели управления запасами на примере предприятия оптовой торговли / Г.Г. Зайковская // Логистика. 2011. №3. С. 20-22.
8. Зайковская Г.Г. Управление товарным запасом оптового предприятия в условиях неопределенности с использованием методов имитационного моделирования / Г.Г. Зайковская // Логистика и управление цепями поставок. 2011. №1. С. 87-90.
9. Зайковская Г.Г. Решение проблемы оптимизации товарного запаса на предприятиях оптовой торговли с применением методов имитационного моделирования / Г.Г. Зайковская // Логистика. 2010. №4. С. 18-20.
10. Чепурной Ю.В. Управление страховыми запасами. Вестник Харьковского государственного экономического. 2001. №3(19). С. 77-78.
11. Чепурной Ю.В. Оперативное управление запасами. Вестник Харьковского государственного экономического. 2000. №4(16). С. 66-68.
12. Хэндильд Р.Б., Николс-мл. Э.Л. Реорганизация цепей поставок. – М.:Издательский дом «Вильямс». 2003. – 416 с.
13. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. – М.: Альпина Бизнес Букс. 2006. – 304 с.
14. Емельянов А.А. и др. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие/ А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
15. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
16. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. – М.: Дело, 2003. – 336.
17. Линдерс М.Р. Управление снабжением и запасами. Логистика/М.Р. Линдерс, Х.Е. Фирон. - 11-е изд. –СПб.: ПОЛИГОН, 1999. – 768 с.
18. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок: Учебник – М.: ИНФРА-М, 2008. - 430 с.
19. Воронин В.Е., Куранцева В.С. Имитационное моделирование: Учеб. пособие. Саратов: Поволжская академия государственной службы им. П. А. Столыпина, 2006.
20. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика: полный курс МВА (учебник). - М.: ЭКСМО, 2008. – 944с.
21. Широченко, Н. В. Управление запасами : учебное пособие / Н. В. Широченко. —Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. —98 с.