

О.Б. Леонтьєв, Т.В. Паращенко

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, ЯК ІНСТРУМЕНТ СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ АВІАЦІЙНИХ ЧАСТИН ТА ПІДРОЗДІЛІВ

Стаття присвячена проблемі підвищення ефективності інженерно-авіаційного забезпечення. У статті представлений огляд засобів імітаційного моделювання, які суттєво полегшують моделювання складних систем з метою підвищення ефективності їх функціонування, проведення експериментів та виведення результатів як у вигляді таблиць так і візуальних інтерпретацій. Аналізується перспективність застосування засобів імітаційного моделювання у задачах інженерно-авіаційного забезпечення. Робиться висновок про актуальність застосування засобів імітаційного моделювання як ефективного інструменту синтезу структури інженерно-авіаційної служби.

Ключові слова: інженерно-авіаційне забезпечення, інженерно-авіаційна служба, математичні моделі, засоби імітаційного моделювання.

Вступ

Постановка проблеми. У 90-ті роки об'єми наукових досліджень, що проводилися з проблем організації технічного забезпечення, з причини недостатнього фінансування помітно знизилися. Без відчутної наукової підтримки питання організації інженерно-авіаційного забезпечення (далі – ІАЗ), як основи технічного забезпечення та сфери діяльності інженерно-авіаційної служби (далі – ІАС) після набуття Україною незалежності та протягом наступних 23 років уповільнило хід свого розвитку. Довід застосування авіації у сучасних конфліктах довів, що стає питання інженерно-авіаційного забезпечення дій авіації з урахуванням нових способів її застосування [1]. Керівники різних рівнів шукають вирішення цього питання: розробляють плани заходів, видають накази тощо. Але положення справ практично не змінюється, показники ефективності заходів ІАЗ не покращуються. Цьому є багато причин. Але основним затримуючим фактором є те, що воєнна доктрина та система планування ІАЗ, що була сформована у свій час, передбачала застосування авіаційних частин (полків), як основної тактичної одиниці, або з базового аеродрому або зі зміною дислокації (перебазуванні) усього складу частини (полку), включаючи особовий склад інженерно-авіаційної служби [2]. У такому вигляді сьогоднішня за своєю сутністю така система не відповідає сучасним реаліям та міжнародному досвіду застосування авіації у локальних збройних конфліктах. Крім того, діє застаріла система нормативно-технічної документації. Також відсутня дієва система запровадження шляхів зниження працевитрат та вартості заходів ІАЗ. У багатьох керівників відсутні стимули та можливості впровадження прогресивних технологій.

Отже, що саме треба зробити для удосконалення системи ІАЗ? Які найважливіші напрями та перспективні задачі її реформування?

Беззаперечно, ці питання доволі складні та надати однозначні відповіді на них не дуже легко. Але це необхідно зробити, бо не поставивши перспективних задач, неможна зробити навіть півкроку вперед. По-перше, треба визначитися: продовжувати використовувати стару схему або переходити на сучасні моделі та технології, що передбачають підвищення ефективності заходів ІАЗ. Безумовно, при дослідженні цієї проблеми треба орієнтуватися на сучасні технології та моделі, як на такі, що найбільш повно задовольняють інтересам та прагненням. При такому підході проблеми, що пов'язані з удосконаленням системи ІАЗ, будуть вирішуватися набагато простіше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання моделювання процесів та їх застосування розглянуто в [3–5], де розв'язано практичні задачі моделювання та наведено результати вирішення надскладних великих за обсягом задач, що часто реалізувати і прорахувати аналітично в реальному часі неможливо, занадто складно або недоцільно. Дослідженню цього питання присвячені праці багатьох вітчизняних та іноземних авторів. Зокрема, методологічною основою для розвитку імітаційного моделювання стали роботи Н.П. Бусленка, В.М. Глушкова, Н.Н. Моїсєєва, Т.І. Марчука, І.М. Коваленка. Процеси побудови та практичного застосування імітаційних моделей досліджували А.Н. Ілларіонов, С.Г. Лобанов, Л.П. Владіміров, В.Ф. Ситник, Н.С. Орленко, В.Ф. Бесєдін, Б.Я. Панасюк, І.В. Крючкова.

Мета статті – проведення літературно-аналітичного огляду сучасного інструментарію імітаційного моделювання системи ІАЗ як динамічної системи.

Виклад основного матеріалу

Підготовка авіаційної техніки до застосування за призначенням у стислі строки є доволі складним процесом, що включає у себе велику кількість різних за трудомісткістю та взаємозв'язку операцій. Існуючі методи планування заходів ІАЗ у вигляді мережевих графіків для складних комплексів робіт стають громіздкими та втрачають наглядність. Вони погано пристосовані до математичного розрахунку, не враховують ймовірні випадкові відхилення у технологічних процесах, мають обмежені можливості у прогнозуванні проміжних результатів. Все це знижує можливості оптимізації заходів ІАЗ та ефективного управління цими заходами.

У сучасних умовах прийняти всебічно обгрунтоване рішення, виходячи з особистого досвіду, інтуїції та застосовуючи елементарні математичні розрахунки, стало неможливим. З розвитком нових технологій у життя увійшло таке поняття як моделювання.

Моделювання – метод дослідження, що полягає у побудові та аналізі моделей-аналогів об'єктів дослідження. Моделювання використовується тоді, коли експерименти з реальними об'єктами неможливі або мають велику вартість. Маючи адекватну модель, можна за її допомогою проаналізувати реакцію об'єкта дослідження (етап аналізу), а після обрати (етап синтезу) та використати на практиці той варіант, що задовольняє поставленим вимогам. Головною відмінністю моделювання від інших методів дослідження об'єктів та систем є можливість їх оптимізації перед їх реалізацією [6]. Тому сьогодні загально визнаним є те, що оптимальне рішення можна прийняти у більшості випадків тільки на основі аналізу результатів моделювання та оцінки ефективності дій ІАС авіаційного підрозділу або її складових.

Застосування сучасних ЕОМ прискорює процес вирішення задач з удосконалення системи ІАЗ. Для дослідження характеристик процесу функціонування будь-якої системи використовуючи ЕОМ, повинна бути проведена формалізація цього процесу, тобто побудована математична модель. Математичні моделі поділяють на аналітичні та імітаційні. Аналітичні моделі являють собою рівняння або системи рівнянь, що записані у вигляді алгебраїчних, інтегральних, диференціальних співвідношень. Даний тип моделей зазвичай застосовують для опису фундаментальних властивостей об'єктів, оскільки фундамент простий за своєю сутністю. Складні об'єкти рідко вдається описати аналітично. Тому аналітичне моделювання так і не стало практичним інструментом дослідження процесу функціонування складних систем, оскільки аналітичні моделі вийшли доволі грубими та недосконалыми для їх ефективного застосування [6]. Необхідність врахування стохастичних властивостей системи ІАЗ, наявності кореляційних зв'язків між вели-

кою кількістю змінних та параметрів, що характеризують процеси у системі ІАЗ, призводить до побудови складних аналітичних моделей, які не можуть бути застосовані в практиці дослідження таких систем аналітичним методом. Моделювання організації ІАЗ як динамічної системи являє собою приклад складно формалізованої, з точки зору математики, задачі. Дії керівника з управління організацією ІАЗ як динамічної системи потребує постійного аналізу різноманітних варіантів можливих управлінських рішень. Мінімізація витрат ресурсів, оптимізація матеріально-технічної та кадрової бази у відповідності з параметрами, що характеризують якість заходів ІАЗ – це далеко не повний перелік нагальних задач, які вирішує керівник. Експериментувати у житті, застосовуючи різноманітні управлінські рішення та вивчати результати експерименту, неефективно та на практиці не завжди можливо [7].

Реальні об'єкти моделювання системи ІАЗ володіють нескінченною множиною властивостей та характеризується нескінченною множиною зв'язків як всередині об'єкта, так само і ззовні його (зв'язки з іншими об'єктами та навколишнім середовищем). Перехід до відповідних моделей є найбільш складним та важливим етапом дослідження. Загальними вимогами, що висувуються до моделі об'єктів, є: достатня точність, простота та стандартна форма [8].

Забезпечити достатню точність моделі – це означає врахувати під час ідеалізації реального об'єкта усі суттєві властивості та зв'язки, відволікаючись від другорядних, несуттєвих властивостей та зв'язків. Представляючи реальний об'єкт з достатньою точністю, модель у той самий час повинна бути за можливістю простіше, оскільки подальша робота з складною моделлю не тільки ускладнена, але може виявитися практично неможливою. Суперечність цих вимог часто змушує припуститися точності в інтересах простоти, але цей компроміс припустимий тільки у тих межах, при яких модель відображає суттєві властивості реального об'єкта. Розробка методів спрощення реальних об'єктів і систем з метою побудови найбільш простих моделей є однією з центральних задач будь-якої прикладної області. При моделюванні реальних об'єктів доцільно орієнтуватися на моделі стандартного вигляду, які забезпечені відповідним апаратом [8].

Альтернативою аналітичним моделям є імітаційне моделювання. Це метод, що дозволяє будувати моделі організаційних структур.

Основні відмінності імітаційних моделей від аналітичних полягають у тому, що замість аналітичного опису взаємозв'язків між входами та виходами системи, яка досліджується, будують алгоритм, що відображає послідовність розвитку процесів всередині об'єкта дослідження, а після аналізують поведінку об'єкта. Завдяки імітаційній моделі можна

отримати динаміку процесів, що відбуваються всередині моделі, неначе це було у реальності.

При імітаційному моделюванні модель за структурою подібна об'єкту, відтворює процес функціонування у часі зі збереженням складових його елементарних явищ та подій. Імітаційні моделі будуються для пошуку оптимального рішення в умовах обмежених ресурсів, коли інші математичні моделі виявляються дуже складними. В загальному випадку під імітацією розуміють процес проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями реального об'єкту [3]. Імітаційні моделі завжди динамічні – це дозволяє досліджувати процес ІАЗ як процес, який розвивається за визначеною траєкторією протягом деякого періоду модельного часу, що дає підстави передбачати майбутні стани, тенденції з урахуванням їх взаємодії та впливу факторів зовнішнього середовища в умовах невизначеності.

Імітаційне моделювання є важливою інструментальною підтримкою аналізу діяльності ІАС в усіх аспектах (технологічному, економічному, організа-

ційному тощо), сприяє побачити «вузькі місця» та передбачити їх появу.

Проведений аналіз існуючого інструментарію для імітаційного моделювання системи організації ІАЗ, як динамічної системи. Для цього використані насамперед публікації з імітаційного моделювання, які знайдені пошуковими системами Google, Yahoo! в Інтернеті, починаючи з 2000 року, а також статті з журналів та книжкові видання за різні роки [9–13].

За даними останніх оглядів, що опубліковані в Інтернеті, куди інформація надається компаніями-виробниками програмного забезпечення, сьогодні на ринку інформаційних технологій фігурує понад 150 програмних продуктів аналітичного типу, що орієнтовані на імітаційне моделювання динамічних систем. В огляд увійшли засоби, які є найбільш популярними та широко застосовуються на ринку інформаційних технологій та володіють визначеним набором характеристик.

У табл. 1 наведені найбільш відомий інструментарій імітаційного моделювання.

Таблиця 1

Інструментарій імітаційного моделювання та його характеристики

№	Функція	Характеристика	AnyLogic	Arena
1.	Наявність засобів проблемної орієнтації	Система моделювання включає набори понять, абстрактних елементів, мовні конструкції з предметної області відповідного дослідження	Менеджмент, виробництво, обслуговування, логістика, транспорт, підтримка прийняття рішення, агентний підхід	Виробництво, логістика, управління бізнес-процесами
2.	Застосування об'єктно-орієнтованих спеціалізованих мов програмування	Мови програмування, що підтримують авторське моделювання та процедури керування процесом моделювання	Об'єктно-орієнтована, платформо незалежна мова Java. Розширення функціональності шляхом додавання фрагментів Java-кода	Мова моделювання SIMAN, вбудовані засоби управління та комунікації (управляючі елементи Active X) у режимі реального часу
3.	Інтерфейс	Наявність зручного та легко зрозумілого графічного інтерфейсу	Дружній графічний інтерфейс	Зручний, легко інтерпретуваний графічний інтерфейс
4.	Можливість для реалізації декількох рівнів представлення моделі, засоби для створення стратифікованого опису	Сучасні системи моделювання застосовують структурно-функціональний підхід, багаторівневі ієрархічні, вкладені структури та інші способи представлення моделей на різних рівнях опису	Ітеративна поетапна побудова великих моделей, ієрархія складних систем	Ієрархічні багаторівневі структури (ієрархічне моделювання/ утворення підмоделей)
5.	Наявність лінійок та інструментів для проведення аналізу результатів сценарних, варіантних розрахунків на імітаційній моделі		Збір даних та статистична обробка (відхилення від середнього, ймовірнісний розподіл тощо), представлення (графіки Ганта, гістограми тощо)	Output Analyser (відхилення від середнього, Anova, гістограми, графіки). Аналізатор процесів Process Analyser для запуску та порівняння сценаріїв. Scenario Manager дозволяє запускати цілу серію імітацій та аналізувати їх результати

Продовження табл. 1

№	Функція	Характеристика	AnyLogic	Arena
6.	Математична та інформаційна підтримка процедур аналізу вхідних даних, аналізу чутливості та широкого класу обчислювальних процедур	Пов'язане з плануванням, організацією та проведенням спрямованого обчислювального експерименту на імітаційній моделі	Підтримує більше 40 математичних розподілень; типи експериментів, що підтримуються: простий прогон, порівняння прогонів, варіювання параметрів, симуляція, оптимізація, Монте-Карло, аналіз чутливості, калібрування, алгоритм користувача (довільний експеримент за сценарієм користувача)	Аналізатор входу Input Data Analyzer, проектування експериментів
7.	Використання парадигм «моделювання систем з дискретними подіями», «агентне моделювання» та «системна динаміка»		Використання методів системної динаміки, «процесного» дискретно-подійного та агентного моделювання	Дискретне моделювання, безперервне моделювання, суміщене дискретне/безперервне моделювання
8.	Наявність засобів проблемної орієнтації	Система моделювання включає набори понять, абстрактних елементів, мовні конструкції з предметної області відповідного дослідження	Виробництво та логістика, аналіз відхилень, шість сигм, оцінка потужностей, витрат, моделювання циклічних удосконалень у часі	Проектування інформаційних систем, виробництво товарів, надання послуг
9.	Застосування об'єктно-орієнтованих спеціалізованих мов програмування	Мови програмування, що підтримують авторське моделювання та процедури керування процесом моделювання	Процедури управління процесом моделювання	Мова UML, система є «зачиненою» для користувача. За допомогою визначеного майстра користувач має можливість створювати власні алгоритми аналізу, які будуть використані у подальшому
10.	Інтерфейс	Наявність зручного та легко зрозумілого графічного інтерфейсу	Зручний, легко інтерпретуваний графічний інтерфейс	Зручний графічний інтерфейс. Уся інформація може бути представлена на декількох мовах
11.	Можливість для реалізації декількох рівнів представлення моделі, засоби для створення стратифікованого опису	Сучасні системи моделювання застосовують структурно-функціональний підхід, багаторівневі ієрархічні, вкладені структури та інші способи представлення моделей на різних рівнях опису	Вкладені структури	Необмежена декомпозиція. Можлива декомпозиція на різні типи моделей
12.	Наявність лінійок та інструментів для проведення аналізу результатів сценарних, варіантних розрахунків на імітаційній моделі		Повний аналіз вихідних даних, використання діаграм	Наявність інструментів для проведення та аналізу результатів сценарних, варіантних розрахунків на імітаційній моделі

№	Функція	Характеристика	AnyLogic	Arena
13.	Математична та інформаційна підтримка процедур аналізу вхідних даних, аналізу чутливості та широкого класу обчислювальних процедур	Пов'язане з плануванням, організацією та проведенням спрямованого обчислювального експерименту на імітаційній моделі	Визначені користувачем розподілення, 15 передвизначених розподілень на додачу розподілення, які поставляються з StatFit, графіки Ганта	Пропонується 80 типів моделей. Діаграми Чена, Object Modeling Technique, підтримка бібліотек типових моделей. Функція створення документів-регламентів. Функціонально-вартісний та динамічний аналізи. Алгоритми аналізу: класифікація функцій, необхідні організаційні зміни у процесах
14.	Використання парадигм «моделювання систем з дискретними подіями», «агентне моделювання» та «системна динаміка»		Система моделювання дискретного типу	Вузькоспеціалізована методологія

Також крім зазначених у огляді не менш відомими є такі системи структурного та імітаційного моделювання: Gpss World, Bizagi Modeler, Enterprise Dynamic, Simio, Plant Simulation, Exdentsim, Simulink. У кожній з них є як переваги, так і недоліки, відмінності у функціональних можливостях, інтерфейсі, достовірності результатів моделювання, легкості опанування, наявності безкоштовних версій програми, наявності довідкової літератури та керівництва користувача на різних мовах, кількості бібліотек, тощо.

Висновки

Отже, в теперішній час імітаційне моделювання знаходить застосування у багатьох галузях, розробляються графічні інструменти для створення імітаційних моделей, впроваджуються потужні інструменти візуалізації імітаційних експериментів. Створюються нові спеціалізовані мови програмування (об'єктно-орієнтовані мови програмування Java, SIMAN, UML).

Також продовжуються теоретичні дослідження у цій області, розвиток існуючих та створення нових методологій та стандартів. Це закономірно, оскільки імітаційне моделювання вже давно підтвердило свою ефективність у якості потужного інструменту для дослідження складних систем. За допомогою методів імітаційного моделювання можливо вирішувати задачі

аналізу великих систем, таких як система ІАЗ, включаючи задачі планування, оцінки варіантів структури системи, ефективності різноманітних алгоритмів функціонування системи, впливу зміни різноманітних параметрів системи. Імітаційне моделювання може бути покладене також в основу структурного, алгоритмічного та параметричного синтезу ІАС, коли треба створити систему із заданими характеристиками при визначених обмеженнях, яка є оптимальною по деяким критеріям оцінки ефективності.

У сучасному світі системи імітаційного моделювання забезпечують комплексний аналіз, реконструкцію та прогноз стану систем масового обслуговування. Ці системи пройшли достатню практичну перевірку та показали свою перевагу.

Застосовуючи системи імітаційного моделювання, можна описати структуру ІАС не застосовуючи формул та суворих математичних залежностей. Імітаційне моделювання дозволить визначити та усунути проблеми при виконанні заходів ІАЗ без значних фінансових та часових витрат та підвищити їх ефективність.

Розробка імітаційної моделі є потужним науково-прикладним засобом для вирішення задач, пов'язаних з підвищенням ефективності роботи ІАС при підготовці ЛА до застосування, що у свою чергу буде сприяти підвищенню ефективності застосування авіаційних частин та підрозділів.

Список літератури

1. Організація технічного забезпечення авіації Збройних Сил України: підручн. / В.І. Соловійов, Г.Н. Котельніков, І.П. Коровін та ін.; за ред. В.І. Соловійова. – К.: НАОУ, 2005. – 456 с.

2. Шпилев К.М. Организация и управление ИАС частей, соединений и объединений при проведении ими боевых действий. Ч.1. Организация и управление ИАС / К.М. Шпилев. – М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1987. – 284 с.
3. Томашевський В.Н. Імітаційне моделювання систем та процесів / В.Н. Томашевський. – К.: ІСДО, "ВІПОЛ", 1994. – 124 с.
4. Ситник В.Ф. Імітаційне моделювання: навч. посіб. / В.Ф. Ситник, Н.С. Орленко. – К: КНЕУ, 1998. – 230 с.
5. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко [Електронний ресурс]. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с. – Режим доступу до ресурсу: http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wp-content/uploads/sites/67/2017/02/MOCS_Kachanov_posobie.pdf.
6. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 1985. – 271 с.
7. Вакуров А.В. Информационное и алгоритмическое обеспечение задач управления ИАС: учебн. пособ. / А.В. Вакуров. – М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1991. – 108 с.
8. Дудорин В.И. Дудорин Моделирование в задачах управления производством / В.И. Дудорин. – М.: Статистика, 1980. – 232 с.
9. Ivanov Dmitry. Operations and Supply Chain Simulation with AnyLogic / Dmitry Ivanov [Електронний ресурс]. – Berlin School of Economics and Law. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.anylogic.ru/resources/books/operations-and-supply-chain-simulation-with-anylogic/>.
10. Неруш В.Б. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / В.Б. Неруш, В.В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с. – Режим доступу до ресурсу: http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15598/1/Konspekt_lekciy_imit_modelyr_syst_process%28CHANGED%29.pdf.
11. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах: навч. посіб. [Електронний ресурс] / В.М. Гужва. – К.: КНЕУ, 2001. – 400 с. – Режим доступу до ресурсу: <http://studbase.com/books/13>.
12. Система моделирования бизнес процессов ARIS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://bourabai.kz/cm/aris.htm>.
13. Перспективы применения имитационного моделирования в задачах автоматизации и управления технологическими системами [Електронний ресурс] / Р.Ю. Лопаткин, С.А. Петров, С.Н. Игнатенко, В.А. Иващенко // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: механіко-технологічні системи та комплекси. – 2016. – № 17(1189). – С. 61-71. – Режим доступу до ресурсу: <http://mtsc.khpi.edu.ua/article/view/75376/70928>.

References

1. Soloviov, V.I., Kotelnikov, G.N. and Korovin, I.P. (2005), “*Organizatsiya tehničnogo zabezpečenya aviacii Zbroinyh Syl Ukrainy: pidruchnyk*” [The organization of technical support for the aviation of the Ukrainian Armed Forces], Ivan Chernyakhovsky National University of Defense of Ukraine, Kyiv, 456 p.
2. Shpilev, K.M. (1987), “*Organizatsiya i upravlenije IAS chastey, sojedenenij i objedinenij pri providenii imi bojevych dejstvij. Chast 1. Organizatsiya i upravlenije IAS*” [The organization and management of the engineering and aviation service of units, formations and formations in the conduct of hostilities. Part 1], The Air Force Engineering Academy named after N.E. Zhukovsky, Moscow, 284 p.
3. Tomashevskiy, V.N. (1994), “*Imitacijne modeljuvannja system ta prystroiv*” [The simulation of systems and devices], ISDO, "VIPOL", Kyiv, 124 p.
4. Sytnyk, V.F. and Orlenko, N.S. (1998), “*Imitacijne modeljuannja*” [The simulation modeling], Kyiv National Economic University, Kyiv, 230 p.
5. Stetsenko, I.V. (2010), “*Modeljuvannja system*” [The system modeling], Cherkasy, 399 p., www.web.kpi.kharkov.ua/auts/wp-content/uploads/sites/67/2017/02/MOCS_Kachanov_posobie.pdf (accessed 12 January 2018).
6. Sovetov, B.J. and Yakovlev, S.A. (1985), “*Modelirovanie sistem*” [The system modeling], High school, Moscow, 271 p.
7. Vakurov, A.V. (1991), “*Informatsyonnoje i algoritmicheskoe obespechenije zadach upravlenija IAS*” [The information and algorithmic support of the management tasks of the engineering and aviation service], The Air Force Engineering Academy named after N.E. Zhukovsky, Moscow, 108 p.
8. Dudorin, V.I. (1980), “*Modelirovanije v zadachah upravlenija proizvodstvom*” [The modeling in the tasks of production management], Statistics, Moscow, 232 p.
9. Ivanov, Dmitry *Operations and Supply Chain Simulation with AnyLogic*, Berlin, www.anylogic.ru/resources/books/operations-and-supply-chain-simulation-with-anylogic/ (accessed 12 January 2018).
10. Nerush, V.B. and Kurdecha, V.V. (2012), “*Imitatsijne modeljuvannja system ta protsesiv*” [The simulation of systems and processes], Kyiv, 115 p., www.ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15598/1/Konspekt_lekciy_imit_modelyr_syst_process%28CHANGED%29.pdf (accessed 12 January 2018).
11. Gujva, V.M. (2001), “*Informatsyini systemy i tehnologii na pidpryemstvah*” [The information systems and technologies at enterprises], Kyiv, 400 p., www.studbase.com/books/13 (accessed 12 January 2018).
12. “*Systema modelirovanija biznes procesov ARIS*” [The business process modeling system ARIS], www.bourabai.kz/cm/aris.htm (accessed 12 January 2018).
13. Lopatkin, R.U., Petrov, S.A., Ignatenko, S.N. and Ivashenko, V.A. (2016), “*Perspektivy primenenija imitacionnogo modelirovanija v zadachah avtomatizatsii i upravlenija tehnologicheskimi sistemami*” [The perspectives of applying simulation in the tasks of automation and control of technological systems], *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes*, No 17 (1189), NTU “KhPI”, Kharkiv, pp. 61-71, www.mtsc.khpi.edu.ua/article/view/75376/70928 (accessed 12 January 2018).

Відомості про авторів:

Леонтьєв Олексій Борисович
доктор технічних наук професор
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4003-7759>

Паращенко Тимур Васильович
ад'юнк
Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9908-4408>

Information about the authors:

Oleksiy Leontiev
Doctor of Technical Sciences Professor
Lead Researcher Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4003-7759>

Tymur Paraschenko
Postgraduate Student
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9908-4408>

**СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, КАК ИНСТРУМЕНТ СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ
ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ АВИАЦИОННЫХ ЧАСТЕЙ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

А.Б. Леонтьев, Т.В. Паращенко

Статья посвящена проблеме повышения эффективности инженерно-авиационного обеспечения. В статье представлен обзор средств имитационного моделирования, которые существенно облегчают моделирования сложных систем с целью повышения эффективности их функционирования, проведение экспериментов и вывода результатов как в виде таблицы, так и визуальных интерпретациях. Анализируется перспективность применения средств имитационного моделирования в задачах инженерно-авиационного обеспечения. Делается вывод об актуальности применения средств имитационного моделирования как эффективного инструмента синтеза структуры инженерно-авиационной службы.

Ключевые слова: инженерно-авиационное обеспечение, инженерно-авиационная служба, математические модели, средства имитационного моделирования.

**MEANS OF IMITATION MODELING AS A TOOL FOR SYNTHESIS OF THE STRUCTURE
OF ENGINEERING AIRCRAFT SERVICE OF AIRCRAFT UNITS AND SUBDIVISIONS**

O. Leontiev, T. Paraschenko

The article is devoted to the problem of increasing the efficiency of engineering and aviation support. The article presents an overview of simulation tools that greatly facilitate the modeling of complex systems in order to improve the efficiency of their operation, carried out experiments and outputs the results in both a table and visual interpretations. The perspectivity of using simulation simulation tools in engineering and aviation support tasks is analyzed. The conclusion is made about the relevance of the use of simulation tools as an effective tool for synthesizing the structure of the engineering and aviation service. With the help of simulation methods it is possible to solve problems of analysis of large systems, such as the system of engineering and aviation support, including tasks of planning, evaluation: variants of the structure of the system, the effectiveness of various algorithms of system functioning, influence of changes of various parameters of the system. Simulation can also be based on the structural, algorithmic and parametric synthesis of the engineering aviation service, when it is necessary to create a system with specified characteristics in the specified constraints, which is optimal for some performance evaluation criteria. In the modern world simulation systems provide comprehensive analysis, reconstruction and forecast of the state of mass service systems. These systems have undergone sufficient practical testing and have shown their superiority. Applying systems of simulation can describe the structure of engineering aviation service without applying formulas and strict mathematical dependencies. Simulation simulation will allow to identify and eliminate problems in the implementation of engineering aviation activities without significant financial and time costs and to increase their efficiency.

Keywords: engineering aviation support, engineering aviation service, mathematical models, means of imitation modeling.