

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

У статті розглянуто модельно-орієнтований підхід до проектування систем автоматичного управління, що використовується при проектуванні систем до яких висуваються критичні вимоги до безпеки. На конкретному прикладі показано переваги цього підходу, можливість практичного застосування зазначеного підходу та його впровадження в виробництво.

На теперішній час технологія проектування САУ (систем автоматичного управління) літаків в основному склалась. У технології проектування виділяються три головні напрямки:

- 1) створення математичного забезпечення для моделювання динаміки керованого руху літаків;
- 2) розробка програмного забезпечення;
- 3) проектування стендового комплексу для напівнатурного моделювання.

У статті пропонується використовувати модельно-орієнтований підхід для розв'язку задач першого напрямку. Модельно-орієнтоване проектування - ефективний і економічно вигідний спосіб розробки систем управління. Замість фізичних прототипів і текстових специфікацій в модельно-орієнтованому проектуванні застосовується модель. Ця модель використовується у всіх етапах розробки. При такому підході можна розробляти і проводити імітаційне моделювання як усієї системи цілком, так і її компонентів, крім того вибрати і обґрунтувати структуру САУ, проаналізувати стійкість системи і довести виконання вимог ТЗ, що висуваються до системи управління, із заданою вірогідністю. Є можливість автоматичної генерації коду, випробувань в безперервному режимі та верифікації. Розробка математичного забезпечення закінчується синтезом алгоритмів управління на основі повної математичної моделі замкнутого контуру управління, що включає зокрема, статистичне моделювання [1].

На сучасному етапі розвитку технології проектування виробів аерокосмічної техніки, у тому числі і САУ літаків, спостерігається тенденція перенесення основного об'єму робіт на етап наземного відпрацювання, до якого входить математичне і напівнатурне стендове моделювання. Це обумовлено перш за все економічними причинами, оскільки витрати на виявлення і усунення дефекту на етапах математичного моделювання, стендового відробітку і льотних випробувань знаходиться в співвідношенні 1:10:100 [2]. З умови оптимального підходу виходить, що обсяг льотних випробувань, необхідних для усунення раніше невиявлених дефектів, близький до нуля, і метою їх стає лише демонстрація досягнутих результатів, оскільки близько 80% усіх проблем, що виникають при розробці відповідних систем, вирішуються на землі. З розвитком складних технічних систем роль моделювання при оцінці параметрів досліджуваних процесів істотно зростає. Це пояснюється особливостями об'єктів дослідження, що полягають у складності функціональних зв'язків між параметрами системи, умовами зовнішнього середовища, що змінюються, і показниками, які оцінюються.

Модельно-орієнтований підхід може застосовуватись не тільки при підготовці технічних пропозицій і формуванні технічних вимог до створюваного зразка але і на етапах ескізного і технічного проектування, при відпрацюванні зразків в замкнутих системах, у складі яких передбачається їх використання, а також на етапі різних видів натурних випробувань, що визначають характеристики об'єктів, їх відпрацьованість і можливість переходу від даного етапу випробувань до подальшого або слугують

обґрунтуванням для передачі об'єктів у серійне виробництво [3]. Модельно-орієнтований підхід забезпечує вирішення наступних завдань:

- обґрунтування тактико технічних вимог до САУ;
- виконання попереднього аналізу розроблених режимів та законів САУ на стадії проектування літака (див. рис.1, рис.2);
- виконання супроводу напівнатурного моделювання САУ;
- виконання статистичного аналізу режиму заходу на посадку при суттєвій економії матеріальних витрат в процесі льотних випробовувань;
- розробка рекомендацій настройки контурів автоматичного управління в процесі льотних випробовувань САУ, що скоротить часові та матеріальні затрати натурних досліджень, сертифікації та інше.

У якості приклада розглянемо автоматичне управління бічним рухом магістрального літака, що реалізується через канал стерна направлення та елеронів. Канал стерна направлення забезпечує демпфірування короткоперіодичних коливань навколо нормальної осі й усунення кута ковзання. Цілеспрямоване управління креном і курсом забезпечується роботою елеронів в режимі координованого розвороту. Відпрацювання заданого кута крену і курсу забезпечується одночасною роботою стерна направлення та елеронів. Розробка законів автоматичного управління бічним рухом ґрунтується на принципі декомпозиції (поділі) каналів стерна направлення та елеронів. З цією метою вихідний об'єкт управління бічного руху поділяється на два субоб'єкти, що реалізують режим плоского розвороту і координованого розвороту. Нижче наведено програмну реалізацію зазначених вище законів та приклад дослідження роботи САУ в режимі «Захід на посадку» в зазначених нижче умовах результатів дослідження, виконаних в системі блочного імітаційного моделювання динамічних систем Simulink / Matlab:

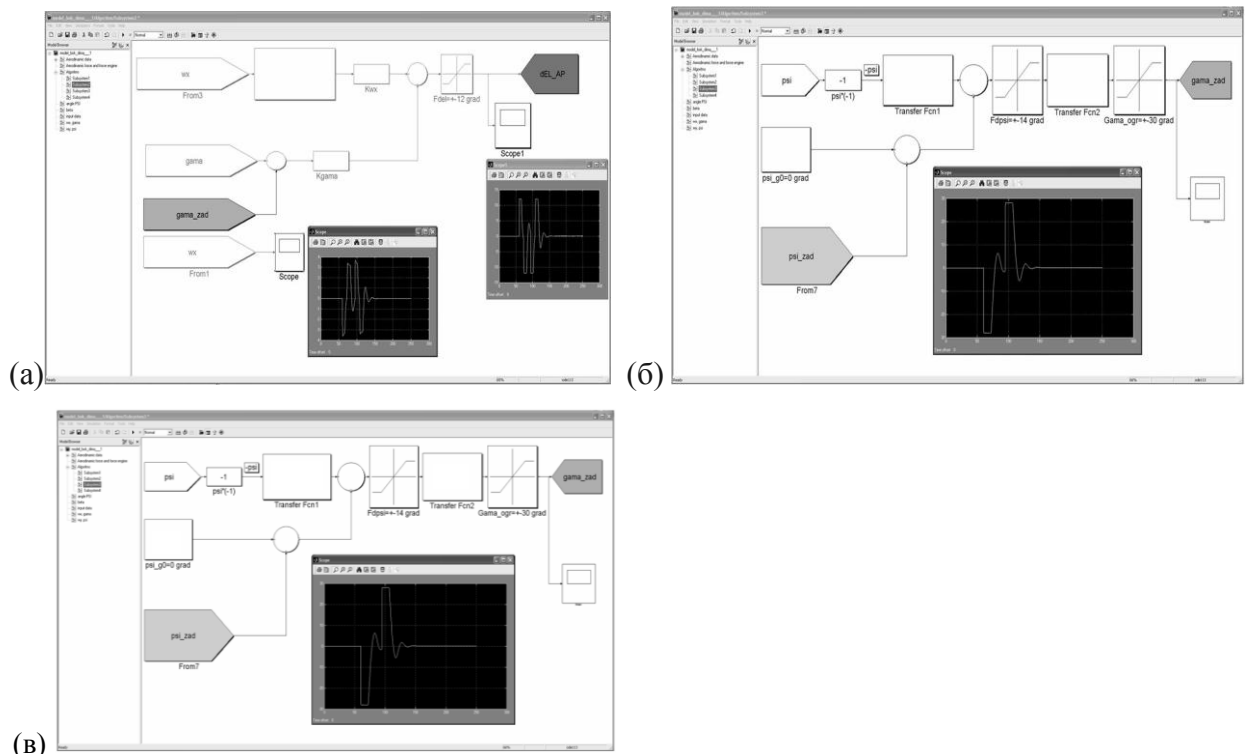


Рис.1. Закон управління в каналі елеронів (а), в каналі руля направлення (б), заданий кут крену (в).

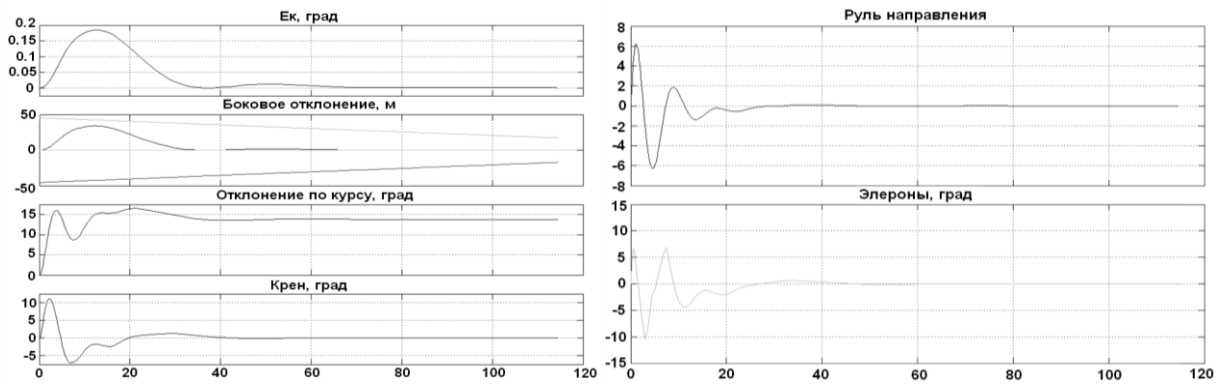
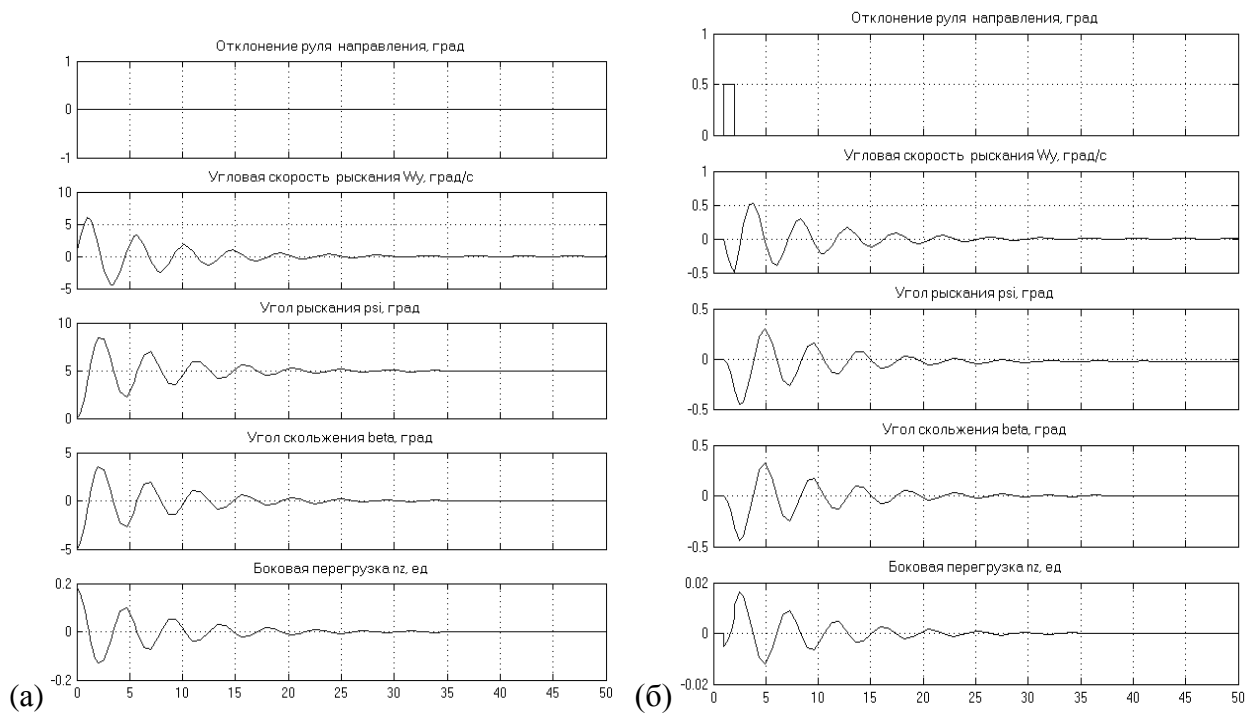


Рис.2. Дослідження роботи САУ в режимі «Захід на посадку» (при вітровому збуренні $W_z = -15$ м/с).

На рис.3-6 представлено короткий аналіз стійкості бокового руху. Він показує, що літак має шляхову й поперечну стійкість зі слабим декрементом затухання.



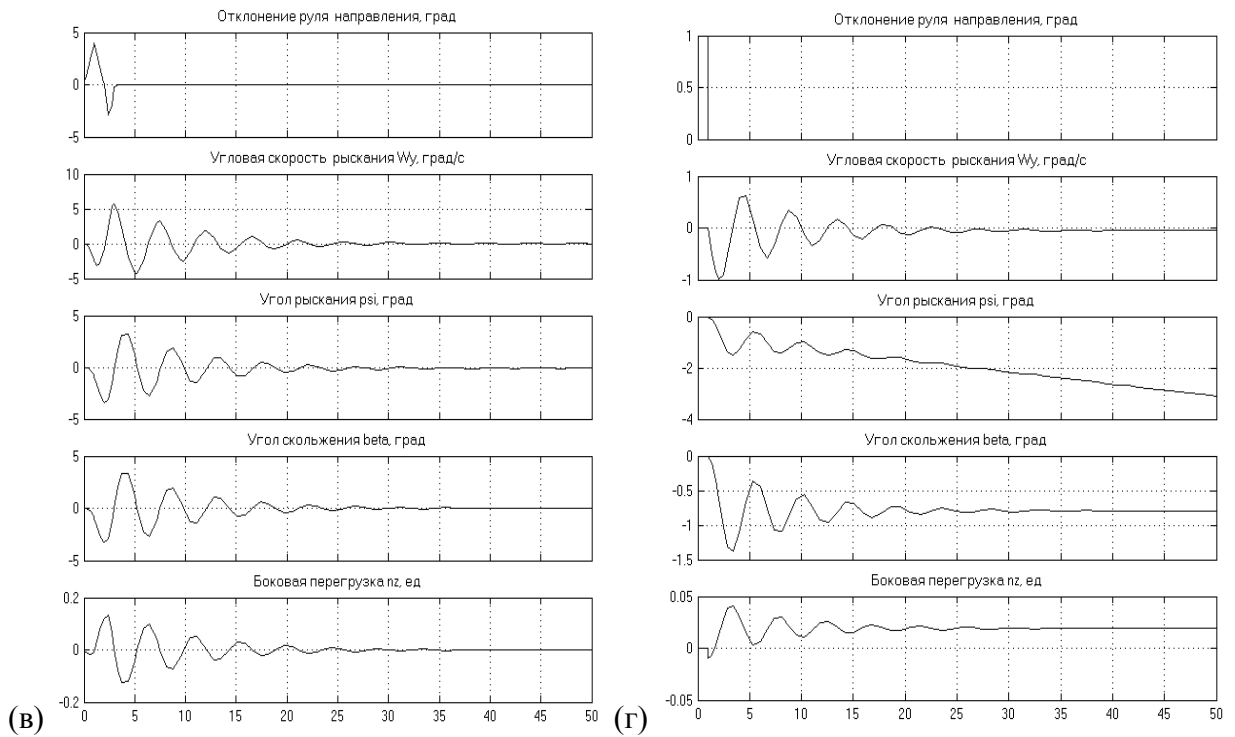


Рис.3. Реакція на ступінчатий порив вітру $\Psi_{weter}=5$ град при $V_{пр}=430$ км/год; $H=11600$ м; $m=36000$ кг; $\alpha_{fao}=5$ град (а), реакція на імпульс стерна направлення (б), реакція на подвійний імпульс стерна направлення (в), реакція на ступінчате відхилення стерна направлення (г)

Для більш наочного подання результатів моделювання пропонується у якості інструменту для візуалізації використовувати програму FLIGHTGEAR (Рис.4, 5). Обрання цього авіасимулятора обумовлене можливістю вільного доступу до його вихідних кодів, а отже й більш широкими можливостями на відміну від його комерційних аналогів. Крім того програмне забезпечення Matlab дозволяє поєднати моделі створенні у Simulink та моделі віртуальної реальності FLIGHTGEAR, створені з використанням 3D редакторів - VRML (Virtual Reality Markup Language) 3ds Max, AC3D, blender та інших .

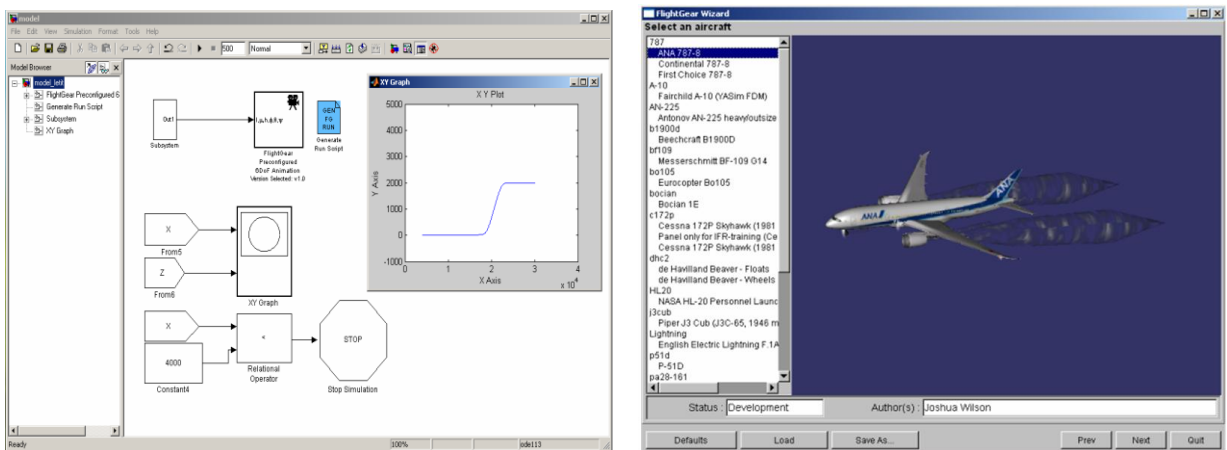


Рис.4. Використання блоків бібліотеки Aerospace Blockset для забезпечення інтерфейсу з FlightGear.

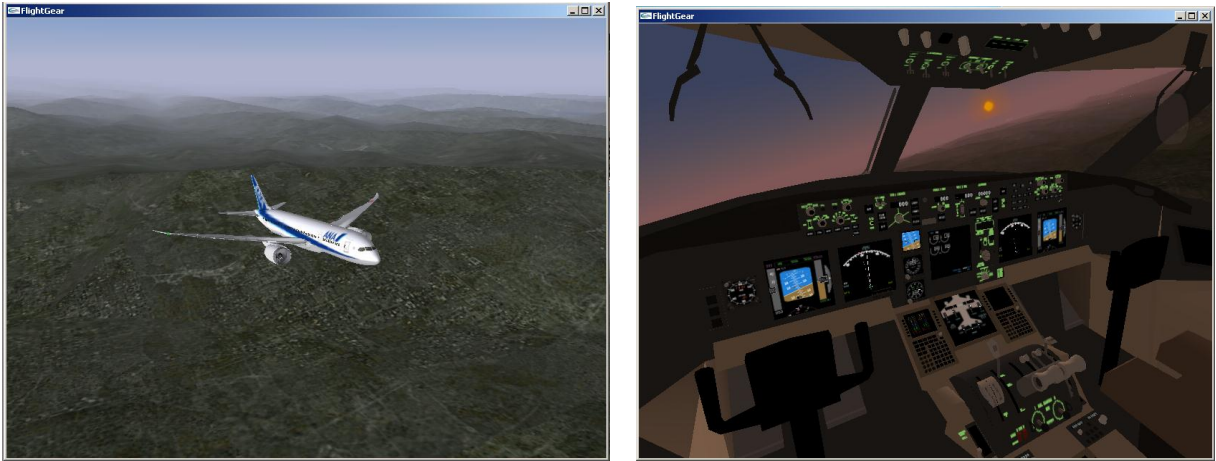


Рис.5. Візуалізація польоту у FlightGear

Висновки

У багатьох випадків не представляється можливим оцінити характеристики якості систем управління літаком прямим методом - натурними випробуваннями - через об'єктивно існуючі обмеження умов їх проведення. Це, а також відносна тривалість, необхідність витрачання ресурсу роботи реальних засобів та значні економічні витрати на проведення натурних випробувань змушують шукати більш раціональні шляхи організації роботи по оцінці характеристик систем управління. Ряд абсолютно очевидних переваг модельно-орієнтованого підходу дозволяють висунути його на перше місце серед методів проектування та дослідження систем управління, до яких висувуються критичні вимоги по безпеці. Проте при цьому слід мати зважаючи на і основну трудність застосування цього методу - отримані результати вимагають спеціальної перевірки на достовірність порівнянням з результатами натурних експериментів.

Список літератури

1. Навигация и управление летательными аппаратами; [сб. науч. трудов./ науч. ред. А.Г. Кузнецов и др.]. – М.: МИЭА, 2010. – 88 с.
2. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем / [Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. и др.]; под ред. Л.Н. Александровской, В.И. Круглова. М.: Логос, 2003.-736 с.
3. Методы анализа и оценивания рисков в задачах менеджмента безопасности сложных технических систем / [Крюков С.П., Бодрунов С.Д., Александровская Л.Н. и др.]; под ред. С.П. Крюкова, С.Д. Бодрунова. – СПб: Корпорация “Аэрокосмическое оборудование”, 2007.- 453 с.