

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД НА БАЗІ МОДЕЛІ ЛІТАКА СУ-27 Т-10, ЯКИЙ ДОЗВОЛЯЄ ІМІТУВАТИ ДИНАМІКУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У РЕАЛЬНОМУ МАСШТАБІ ЧАСУ

Кулік А. С., Кописов О. Е., Шаталова М. О.

Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського "ХАІ"

В статті розглядається структура лабораторного стенду з реальним об'єктом Т-10 та обробка даних за допомогою спеціально розробленого програмного продукту, який входить до його складу.

**Постановка проблеми.** Розвиток науково-технічного прогресу призводить до появи необхідності постійного оновлення наукової бази університетів. Через це за можливістю лабораторії оновлюються, поповнюються новими навчальними установками і стендами. Більшість з них – власної розробки. Цей факт свідчить про довговічність, надійність і зручність у використанні стендів, а також зрозуміле пояснення викладеного студентам матеріалу, тому що практичні заняття сприяють закріпленню теоретичного матеріалу, вивченого на лекціях.

Активну участь у розробці та збірці лабораторних стендів приймають студенти в якості науково-дослідницької роботи. Одним із прикладів є установка "Робоче місце оператора Т-10", до складу якої входить модель Т-10 літака СУ-27, виконана в масштабі 1:5, в рухомому підвісі, мікроконтролерний інтерфейс, персональний комп'ютер і джойстик для управління кутівим положенням моделі.

Постає актуальна задача розробити та підготувати до роботи навчальний стенд на основі моделі Т-10; забезпечити інтерфейс між датчиками кутівих швидкостей, кутівим положенням, лінійних прискорень, які встановлені на моделі, і персональним комп'ютером; здійснювати управління кутівим положенням моделі за допомогою програмних засобів, а також завдяки підключеному джойстику; виконувати обробку отриманих з датчиків даних в реальному масштабі часу, виводити на екран результати експериментів у вигляді графіків, а також зберігати їх на жорсткому диску комп'ютера.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки проблемі моделювання динаміки літака на персональному комп'ютері присвячено багато теоретичних праць. В деяких з них розглянуті питання застосування реальних пристроїв для напівнатурного моделювання динаміки літального апарата [1].

Не відомі роботи, в яких розглядаються практичні питання використання систем з реальними об'єктами для використання у лабораторних дослідженнях під час імітації руху реального літака. Розробка подібної систем вимагає специфічних інженерних рішень з урахуванням особливостей викладання дисциплін, у яких лабораторний стенд може бути використаний [2].

**Мета статті.** Пропонується один з можливих варіантів лабораторного стенду з використанням реального безпілотного літального апарату, за допомогою якого можливо імітувати політ літального апарату у лабораторії. Розроблені та представлені апаратна та програ-

мна частини лабораторного стенду.

**Основні матеріали дослідження.** Літак виконаний за нормальною балансувальною схемою, має інтегральне аеродинамічне компонування з плавним сполученням крила і фюзеляжу, що утворює єдиний несучий корпус. Конструкція суцільнометалева з широким застосуванням титанових сплавів. Фюзеляж типу полумонокок з круговим поперечним перерізом. Носова частина відхилена вниз.

На борту Т-10 є "повновісна" система автоматичного управління (САУ), що вирішує задачі управління і стабілізації режимів польоту. Вона реалізована на операційних підсилювачах і є аналоговою системою. Дані про кутове положення, кутіві швидкості і лінійні прискорення надходять у систему автоматичного управління (САУ) від блоку гіроскопів, що має в своєму складі всі необхідні датчики. Виходячи з отриманої інформації САУ виробляє керуючий вплив, який надходить до приводів елеронів, керма напрямку, стабілізаторів. Сигнал про дійсний стан приводів у якості сигналу зворотного зв'язку повертається в САУ.

Конструктивно-компонувальна схема Т-10 наведена на рис. 1.

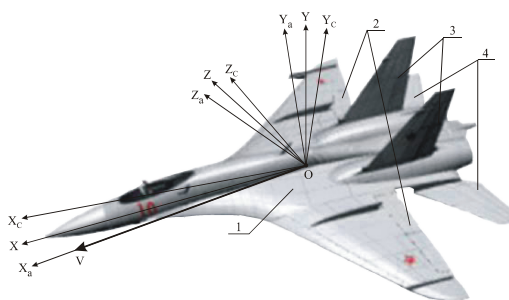


Рисунок 1 – Конструктивно-компонувальна схема моделі Т-10

Основні технічні дані моделі наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні технічні дані моделі

Параметр	Значення
Масштаб	1 : 5
Маса, кг	175
Діапазон висот польоту, м	100...11000
Діапазон швидкостей польоту, км / год	35...200

Як видно з наведеної схеми, основними органами управління є кермо напрямку (3), елерони (2) і керма висоти (4), які насправді є стабілізаторами, що відхиляються диференційно. Датчики і САУ розташовані в спеціальному відсіку, який також позначений на рисунку 1 (1). У хвостовій частині знаходиться капсула з посадковим парашутом (на схемі не позначена).

У консолях крила розташовані тяги управління закрилками, в консолях кіля – рулями напрямку, а

вздовж корпусу – рулями висоти.

Органи управління, необхідні для управління за кутами:

- 1) крену – елерони;
- 2) тангажу – кермо висоти, елерони;
- 3) ристання – кермо напрямку.

Кінематична схема, що представляє собою схему розміщення датчиків на борту моделі, представлена на рис. 2:

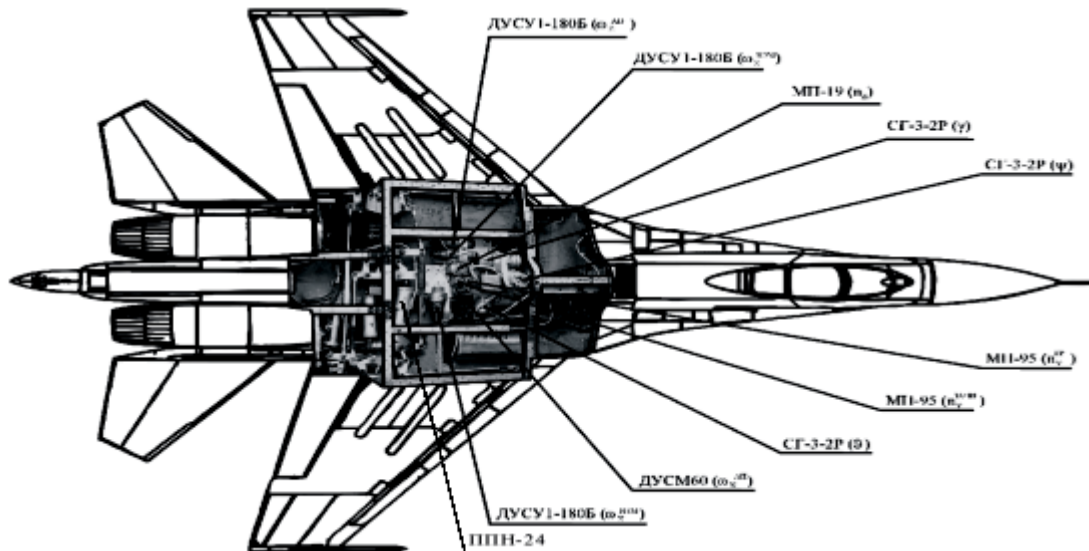


Рисунок 2 – Кінематична схема моделі Т-10

**Опис лабораторного комплексу.** Зміна кутового положення моделі в рухомому підвісі на кінцевий кут є основою принципу дії лабораторної установки. У склад навігаційної системи входять гіроскопічні датчики кутів орієнтації літака, сигнали від яких визначають кутове положення моделі. Точність отриманих результатів безпосередньо пов'язана з точністю встановленого обладнання на борту літака та аналого-цифрових перетворювачів. Для зміни положення моделі використовуються рульові агрегати РАУ-107А, управління якими здійснюється за допомогою мікроконтролерного модуля на базі контролера АТМЕГА128. Склад комплексу виконано таким чином, що мікроконтролер, отримуючи специфічні інформаційні сигнали з персонального комп'ютера, здійснює управління відповідними виконавчими органами. Також за допомогою мікроконтролерного блоку здійснюється аналогово-цифрове перетворення показань датчиків, встановлених на моделі, і відправка їх на комп'ютер для подальшої обробки.

Також до складу стенда входить джойстик, завдяки якому можна виконувати обертання Т-10 в трьох площинах "вручну", що є більш наочним і інтуїтивно зрозумілим способом, ніж за допомогою програми. Таким чином, розроблений програмний комплекс виконує наступні функції:

- прийом сигналів про зміну положення рукоятки та/або натискання кнопок джойстика;
- отримання даних з датчиків;

- керування кутовим положенням моделі в підвісі;
- обробка і збереження отриманих числових і графічних даних на комп'ютері;
- тривимірна візуалізація отриманих даних.

Зовнішній вигляд лабораторного стенду наведений на рис. 3. Вигляд екранної форми оператора стенду наведений на рис. 4.



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд лабораторного стенду

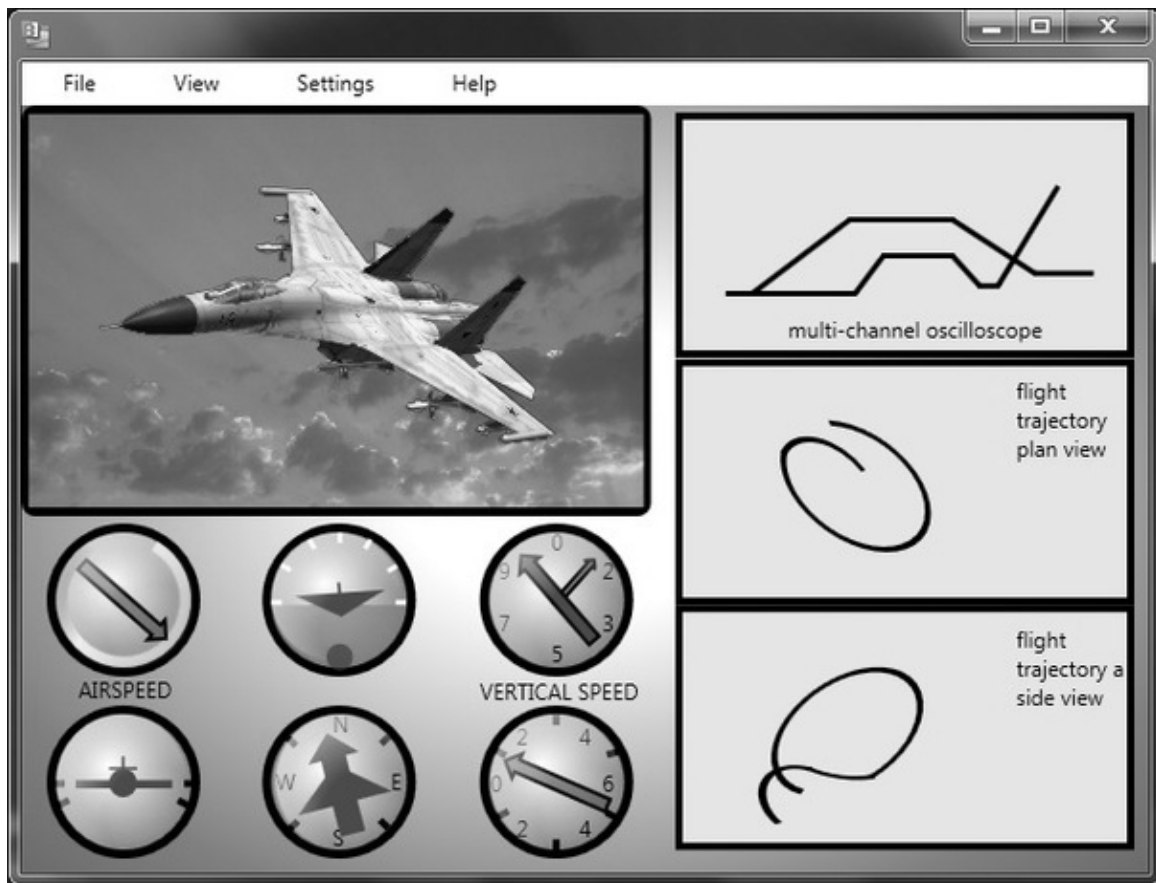


Рисунок 4 – Зовнішній вигляд екранної форми оператора стенду

**Висновки.** Розроблений лабораторний комплекс є складною системою, що складається з багатьох блоків, і дозволяє здійснювати дослідження навігаційної системи літака за допомогою імітації руху об'єкту в лабораторії. Перевагами стенду є сучасність використаного устаткування, часткова автоматизація процесу навчання, наочність моделі.

Надалі планується розробка більш повної версії програмного забезпечення стенду для кращого сприйняття даних, які поступають з моделі Т-10, а також можливості імітації динаміки різних типів літальних апаратів. Передбачається відправка отриманих даних через мережу на інші комп'ютери в аудиторії для здійснення подальшої обробки.

#### Список використаних джерел

1. Кулик А. С. Проектирование систем автоматического управления с использованием метода полунатурного моделирования / А. С. Кулик, В. Г. Джулгачков, О. И. Гавриленко, И. Ю. Дыбская, К. И. Руденко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2007. – 65 с.

2. Распопов В. Я. Микросистемная авионика: учеб. пособие / В. Я. Распопов. – Тула: "Гриф и К", 2010. – 248 с.

#### Аннотация

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД НА БАЗЕ МОДЕЛИ САМОЛЕТА СУ-27 Т-10, КОТОРЫЙ

#### ПОЗВОЛЯЕТ ИМИТИРОВАТЬ ДИНАМИКУ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

Кулик А. С., Копысов О. Э., Шаталова М. А.

*В статье рассматривается структура лабораторного стенда с реальным объектом Т-10 и обработка данных с помощью специально разработанного программного продукта, входящего в его состав. Приведена информация об использованных средствах управления и возможности системы. Проанализированы возможные перспективы развития лабораторного комплекса на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА) при использовании в учебных целях.*

#### Abstract

#### LABORATORY BENCH BASED ON THE SU-27 MODEL T-10, WHICH ALLOWS TO IMITATE DYNAMICS OF FLIGHT VEHICLE IN REAL TIME

A. Kulik, O. Kopysov, M. Shatalova

*The article describes the structure of the laboratory bench on the base of aircraft model T-10 and data processing with by means of specially developed software. The possible prospects for laboratory facilities-based unmanned aerial vehicle (UAV) for use in educational purposes.*