

УДК 651.3:518.5

О.М. Решетило, О.О. Смолянкін, К.М. Колядинська  
Луцький національний технічний університет

## ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ АЕРОДИНАМІЧНИМ СТЕНДОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СТІЙКІСТЮ ОБ'ЄКТА КУЛЕВИДНОЇ ФОРМИ

Решетило О.М., Смолянкін О.О., Колядинська К.М. Програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для управління стійкістю об'єкта кулевидної форми. В роботі описаний метод дослідження та аналізу аеродинамічних характеристик об'єктів системи автоматизації. Розроблений науково-дослідний стенд, що використовується в якості складного об'єкта для вивчення та дослідження систем автоматичного регулювання.

**Ключові слова:** аеродинамічні характеристики, науково-дослідний стенд, система автоматичного регулювання, ПІД-регулятор.

**O.M. Reshetylo, O.O. Smoljankin, K.M. Koliadynska. Hardware-software complex aerodynamic management control model for the stability of object spherical forms.** This paper describes a method of research and analysis of the aerodynamic characteristics of objects automation systems. Scientific - research stand, which is used as a complex object for study and research of automatic control systems.

**Keywords:** aerodynamic characteristics of scientific - research stand, automatic control system, PID – controller

А.Н. Решетило, О.А. Смолянкин, Е.Н. Колядинская. Программно-аппаратный комплекс управление аэродинамическим стендом для управления устойчивостью объекта шаровидной формы. В работе описан метод исследования и анализа аэродинамических характеристик объектов системы автоматизации. Разработанный научно - исследовательский стенд, который используется в качестве сложного объекта для изучения и исследования систем автоматического управления.

**Ключевые слова:** аэродинамические характеристики, научно-исследовательский стенд, система автоматического управления, ПИД - регулятор.

**Вступ.** Автоматичне регулювання - це підтримання на заданому рівні або зміна будь-якої фізичної величини в об'єкті регулювання за необхідним законом без безпосередньої участі людини.

Для цього використовуються системи автоматичного регулювання (САР), основне призначення яких - звести до мінімуму відхилення регульованого процесу від заданого стану, що виникають під дією різних причин.

**Постановка проблеми:** У наукових дослідженнях останніх років в області автоматичного керування різними об'єктами значну увагу приділяють можливості компенсації збурюючих факторів.

Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування систем автоматизації є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління.

Проведення експериментальних досліджень на основі використання аеродинамічного стенду дозволяє встановити вплив факторів збурення на об'єкт дослідження та забезпечити стабілізацію об'єкта керування.

Стабілізація об'єкта, типу кулька, на плоскій поверхні являє собою складну задачу з точки зору системи управління. Використання аеродинамічної труби в якості напрямного каналу для кульки спрощує дану задачу та дозволяє внести два збурюючі фактори за допомогою використання вентиляторів на її торцях.

**Мета дослідження:** Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу на основі аеродинамічної труби, який забезпечить проведення експериментальних досліджень на встановлення стійкості об'єкта керування.

**Основні результати дослідження.** Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування електромеханічних систем і систем автоматизації, інтенсифікації і підвищення рівня науково-дослідної та інженерної роботи є дослідження на основі комп'ютерного моделювання, забезпечує оперативний розрахунок сталих і перехідних режимів роботи в штатних і позаштатних режимах роботи. Методологічну і методичну основу математичного моделювання на базі пристроїв силової електроніки і мікропроцесорної техніки складають системний підхід, імітаційне та аналітичне моделювання. Труднощі моделювання обумовлені їх неоднорідною фізичною природою, топологічної та математичної складністю моделей, необхідністю реалізації багаторівневого моделювання. Недоліком цього підходу є дослідження віртуальних моделей, які

не дають чіткого уявлення про структуру реальних систем і не дозволяють отримати практичні навички роботи з апаратною частиною.

Іншим підходом до дослідження є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління. На відміну від комп'ютерного моделювання ця система дозволяє отримати результати з реальних, а не ідеалізованих об'єктів, тобто більш чітко визначити характер того чи іншого процесу. Недоліками таких рішень є:

- невідповідність характеристик реальних об'єктів характеристикам ідеалізованих моделей, застосовуваних при вивченні базових дисциплін;
- можливість дослідження систем тільки певної структури з обмеженим набором об'єктів управління;
- прив'язка до спеціального обладнання, часто вимагає додаткових знань інструментальних засобів проектування, висока вартість [1].

Питання розробки лабораторних стендів останнім часом стало ще гострішим. Саме завдяки цьому сталася інтенсифікація впровадження їх у реальному житті.

Проведений аналіз існуючих установок та систем для дослідження стійкості об'єкта управління показав, що вони мають ряд недоліків, тому було поставлено задачу спроектувати та розробити програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для керування стійкістю об'єкта управління (кулькою).

На основі розробленого в Далекосхідному державному технічному університеті малогабаритного аеродинамічного стенда [2] проводилася модернізація установки і розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження траєкторії переміщення об'єкта та забезпечення стабілізації системи.

Конструкція експериментального аеродинамічного стенда (рис. 1) включає:

- аеродинамічну трубу квадратного перерізу, виготовлену з оргскла товщиною 3 мм.;
- дві камери для формування потоку повітря, що розташовані на торцях аеродинамічної труби.

В торець кожної з камер вбудований вентилятор від персонального комп'ютера (ПК) напругою живлення 12 В, для формування зустрічних повітряних потоків в аеродинамічній трубці, які будуть впливати на об'єкт керування кулеподібної форми.

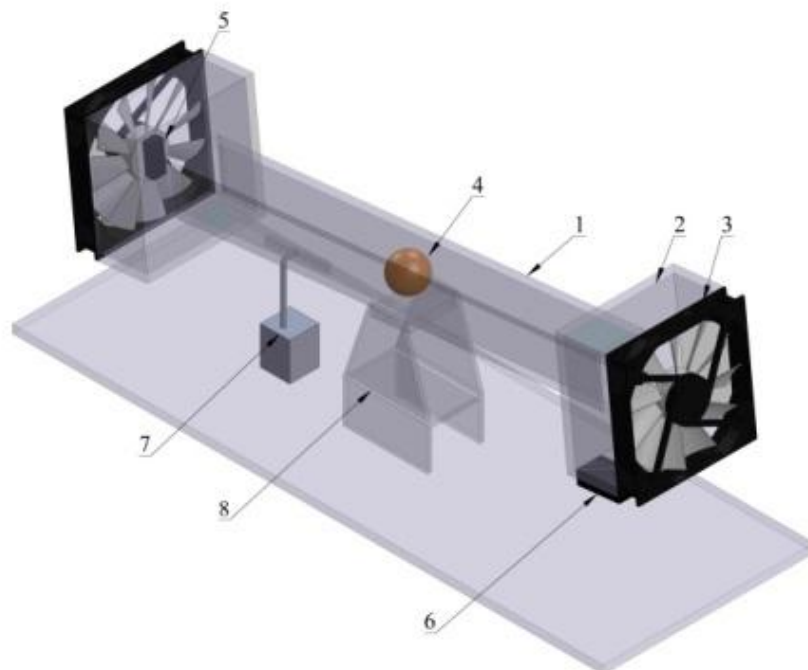


Рис. 1. Розроблений науково-дослідний стенд:

- 1 – аеродинамічна труба;
- 2 – корпус;
- 3 – вентилятор;
- 4 – об'єкт управління (кулька)
- 5 – інфрачервоний датчик відстані GP2Y0A21;

- 6 – 3-х осьовий акселерометр гіроскоп MMA7361;
- 7 – сервопривід Futaba T306 MG995;
- 8 – опора

В один з торців камери вбудований інфрачервоний датчик відстані Sharp GP2Y0A21 (10-80см), який призначений для визначення положення об'єкта (кульки), що знаходиться в аеродинамічній трубі.

GP2Y0A21 - триангуляційний інфрачервоний датчик відстані дозволяє виявляти об'єкт в діапазоні від 10 до 80 см. Відстань визначається за аналоговою напругою на виході, що робить цей датчик дуже простим у використанні.

В другий торець камери вбудований 3-х осьовий акселерометр гіроскоп MMA7361, за допомогою якого визначається кут нахилу дослідної установки до горизонту.

Futaba T306 MG995-сервопривід являє собою виконавчий механізм, що змінює кут нахилу аеродинамічної труби до горизонту.

Довжина аеродинамічної труби становить 500 мм.

Універсальність науково-дослідної установки полягає в наступному:

- 1) можуть працювати один або два вентилятори. При управлінні одним - інший може створювати збурюючу дію;
- 2) можна змінювати кут нахилу установки до горизонту, що дозволяє створити додаткову дію збурень на об'єкт керування;
- 3) існує можливість швидкої зміни повітряних потоків: вентилятори можуть працювати на всмоктування і створення повітряного потоку в аеродинамічній трубі.

Для опрацювання сигналів з датчиків та їх передачу на ЕОМ було вибрано мікроконтролер Arduino Mega 2560 (рис. 2), який забезпечує виконання наступних функцій:

- керування вентиляторами за допомогою яких забезпечується стійкість кульки;
- зчитування інформації з датчиків та виконавчих механізмів;
- передача та отримання інформації з пристрою обробки.

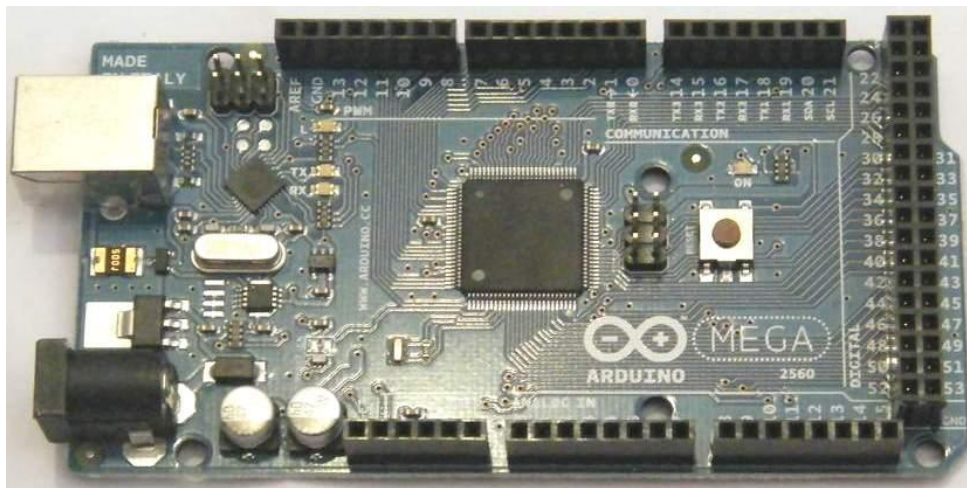


Рис. 2. Плата Arduino Mega 2560

В пакеті Fritzing було розроблено схему підключення елементів до плати Arduino Mega 2560 (рис. 3) та електричну схему з'єднання компонентів системи (рис. 4).

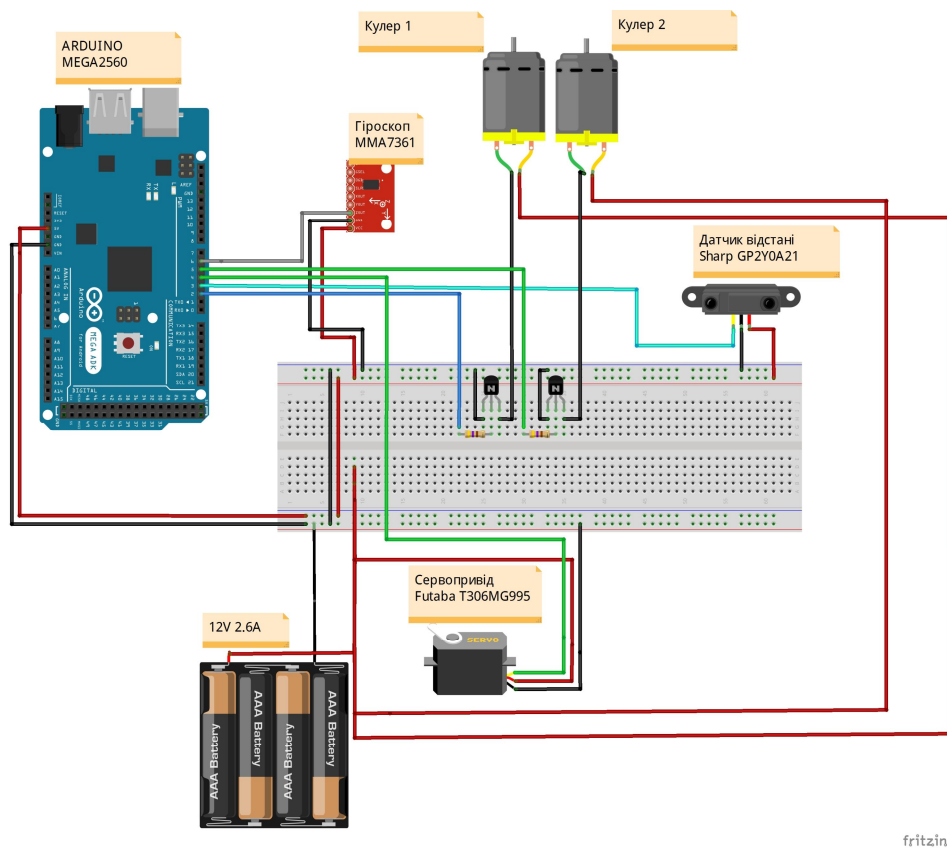


Рис. 3. Схема підключення елементів до плати Arduino Mega 2560

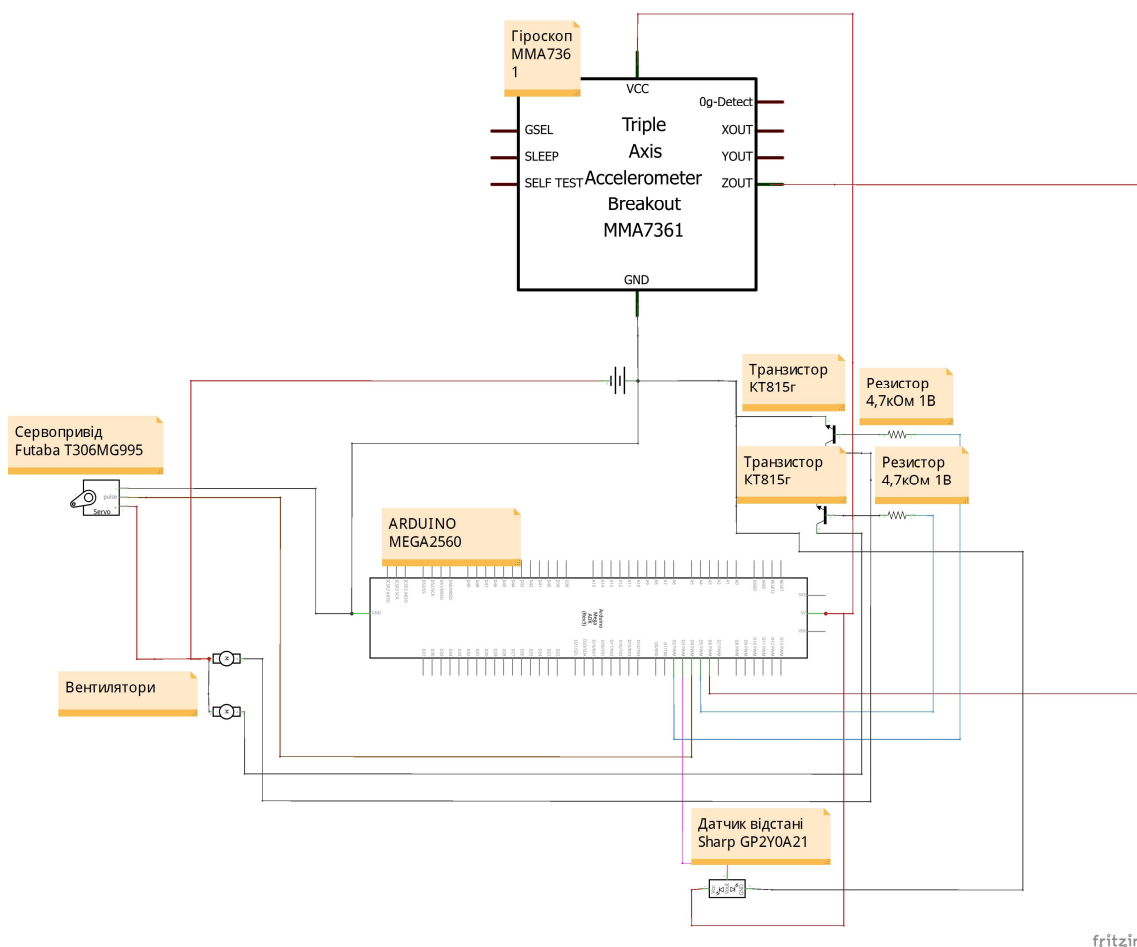


Рис. 4. Електрична схема підключення елементів

В результаті проведення серії експериментів з використанням розробленого науково-дослідного стенду було встановлено, що:

- конструкція лабораторного стенду, не є досконалою, оскільки в ній присутні повітряні проміжки, які порушують герметичність аеродинамічної труби, а відповідно і надійність роботи системи в цілому за рахунок появи небажаних зовнішніх збурюючих факторів;

- розроблена програмна частина комплексу використовуючи мову Processing та Matlab/Simulink, забезпечує необхідну швидкість проведення математичних операцій, надає можливість створення зручного інтерфейсу користувача та програмні додатки яких можуть автономно працювати на будь-якому ПК з різними операційними системами;

- ідентифікація об'єкта управління реалізується за рахунок використання методу площ Сімою;

- для стабілізації розробленої математичної моделі використовується ПД-регулятор, згідно з яким було встановлено, що відсоток і час перерегулювання становлять відповідно 17,4 % та 10 с.

Так як об'єкт дослідження (кулька) поміщався в аеродинамічну трубу через отвір в одному із торців (тим самим створюючи наявність значного повітряного зазору) в подальшому планується змінити конструкцію установки таким чином, щоб об'єкт дослідження поміщався безпосередньо через знімну кришку, яка розміщена зверху аеродинамічної труби по центру напрямного каналу. Також буде змінена конструкція шарнірної опори аеродинамічної труби до плоскої поверхні. Для забезпечення більш надійного переміщення аеродинамічної труби відносно горизонту буде використовуватися шарнірне кріплення установки з використанням підшипників кочення.

**Висновки.** Запропонована структура програмно-апаратного комплексу дозволяє створювати прототипи систем управління об'єктами, надає широкі можливості дослідження і налагодження роботи керуючих алгоритмів при зміні параметрів об'єкта управління. Для реалізації структури досить мінімального набору стандартного базового обладнання. Використання комплексу може бути ефективним, як для наукових досліджень, так і під час навчання студентів за спеціальністю.

#### Список використаної літератури

1. Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць VII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених і фахівців в місті Кременчук 2-4 квітня 2009 Кременчук, КДПУ, 2009. - 414 с.
2. «Вісник Далекосхідного державного технічного університету» 2010 р. А.В. Вара, К.В. Змеу.
- 3 О.М. Решетило, К.М. Колядинська, В.О. Сацик. Програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для керування стійкістю об'єкта куле видної форми. // Актуальні проблеми автоматизації та управління. Матеріали конференції. Випуск №2. – Луцьк: Луцький НТУ, – 2014. – С. 30-33.