

ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ СТУДЕНЧЕСКОГО НАНОСПУТНИКА

**В. С. Баранова, С. В. Лешкевич, В. А. Саечников, В. С. Барауля,
А. Джунг, К. П. Заяц, Д. М. Леонов**

*БГУ РФиКТ, Минск, Беларусь
E-mail: zk.corpinnovation@gmail.com*

Объектом исследования является аэродинамическая платформа для испытаний студенческого спутника. Представлены схематические элементы макетного стенда аэродинамической платформы. Описаны конструктивные особенности модели несущей части платформы. Рассмотрен метод измерения механических деформаций для лабораторных исследований несущей части аэродинамической платформы при рабочих нагрузках.

Ключевые слова: *макетный стенд, аэродинамическая платформа, воздушный поток, полезная нагрузка*

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАКЕТНОГО СТЕНДА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Для разработки аэродинамической платформы испытания студенческого наноспутника используется модель воздушного подшипника. Устройство удерживает воздух под давлением, создавая при этом зазор относительно неподвижной плоскости, что обеспечивает собственные левитационные движения с нулевой или с постоянной горизонтальной скоростью.

Основные схематические элементы макетного стенда аэродинамической платформы представлены на рис. 1:

- Неподвижная платформа (идеально ровная рабочая поверхность в виде стола из тонкого листового стекла оптического качества);
- Несущая платформа с оптимально конструктивными профилированными каналами для направления циркуляции воздушного потока;
- Подсистема несущей платформы, включающая функциональные модули управления генерацией и распределением воздушного потока в профилированные каналы выходной системы. Принципиальные компоненты функциональных модулей включают: микрокомпрессор, трёхфазная плата управления двигателем постоянного тока, через которой регулируется скорость вращения бесщеточного двигателя; источник питания с рабочим напряжением 24 В для платы управления; внешний модуль регулирующего напряжения для платы управления скорости вращения

двигателя постоянного тока; система подачи воздуха из выходного диффузора в распределенные каналы несущей платформы;

- Выходная система распределения воздушного потока – замкнутые профилированные каналы для создания ламинарных воздушных течений.

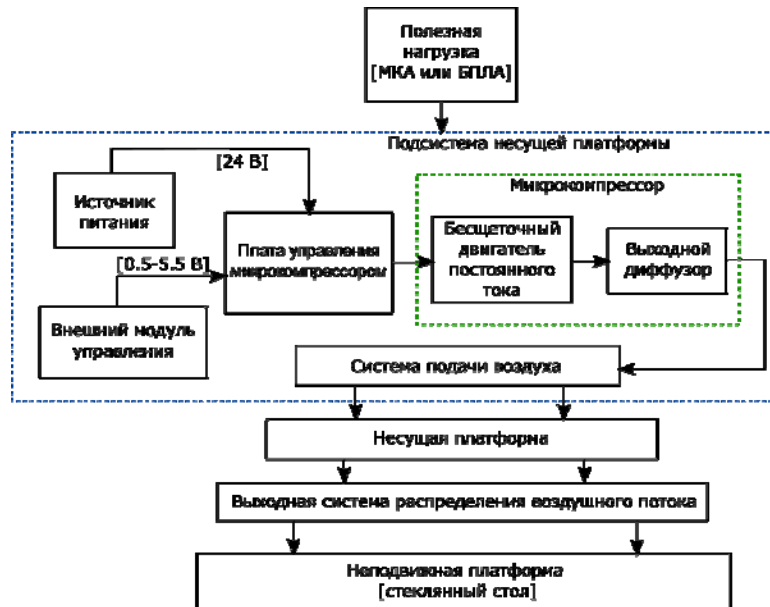


Рис. 1. Схематехнические элементы макетного стенда аэродинамической платформы

МОДЕЛЬ НЕСУЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

Рассматривается плоская геометрическая структура аэродинамической платформы. Воздух нагнетается микрокомпрессором и течёт через выходные отверстия в зазор между несущей частью платформы и неподвижной поверхностью с минимизированным коэффициентом трения.

Структура разработанной модели несущей платформы представлена на рис. 2 со следующими конструктивными компонентами: ребра жесткости и элементы фиксации полезной нагрузки; турбулизатор; канал распределения воздушного потока; базовая поверхность; входное отверстие системы подачи воздуха.

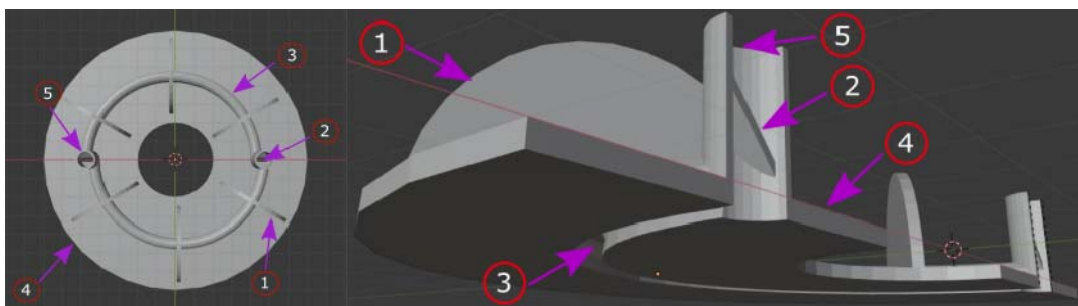


Рис. 2. Модель несущей платформы для полезной нагрузки

Несущая платформа для полезной нагрузки является наиболее критической частью макетного стенда в плане конструктивных особенностей, для которой необходимы дополнительные расчеты механических деформаций при рабочих нагрузках и режимах работы, для определения точных параметров исследуемых систем.

Важным решением является дополнение системы распределения воздушного потока несущей платформы турбулизаторами. Оно должно обеспечить демпфирование собственных нестабильных колебаний всей системы, которые провоцируют генерацию турбулентных течений.

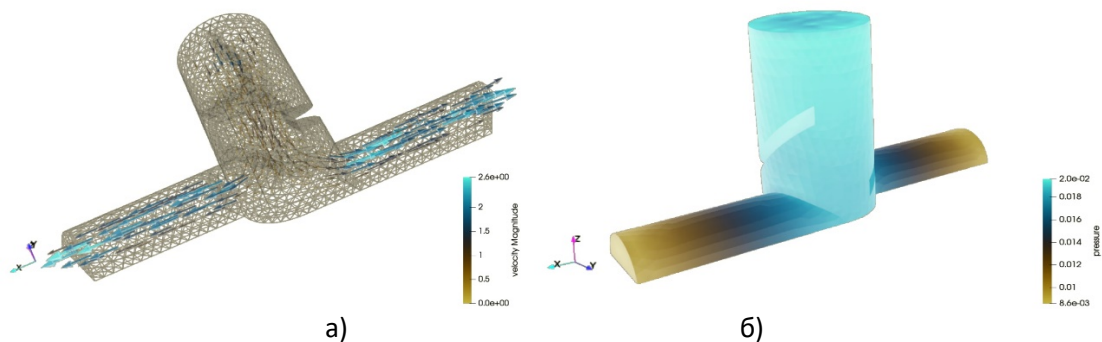


Рис. 3. Модель турбулизатора для системы распределения воздушного потока несущей платформы: (а)-профиль скорости, (б)- профиль давления

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Измеряемый объект записывают с использованием ПЗС-камер высокого разрешения, после чего производится оцифровка и компьютерная обработка стереопар. Координаты точек измерения на изображении ищутся с помощью численных процедур, а затем вычисляются в координатах 3D-объекта с использованием принципа триангуляции. Необходимо определить два набора координат – координаты объекта, которые привязаны к внешней системе координат, и координаты изображения, которые привязаны к системе координат камеры. Зависимость между этими двумя наборами координат относительно объекта измерения показана на рис. 4.

В современных измерениях используется автоматическая аналитическая процедура для определения зависимостей между наборами координат. Координаты точек изображения измеряются с помощью программного обеспечения, и для каждой координаты может быть задано одно уравнение.

При условии, что количество точек измерения больше, чем количество общих неизвестных параметров камеры, система уравнений становится переопределенной. Точного решения не существует, но его необ-

ходимо найти с помощью метода минимального отклонения. В классической стереофотометрии точки измерения определяются с помощью известных деталей на измеряемом объекте или с помощью. Точки измерения определяются с помощью известных деталей на измеряемом объекте или с помощью меток, и, если они хорошо записаны, точность метода очень высока.

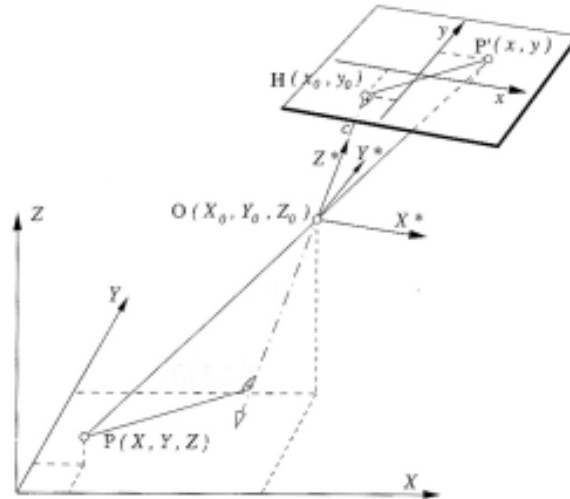


Рис. 4. Зависимость между двумя наборами координат

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаны конструктивные особенности модели несущей части платформы. Рассмотрен метод измерения механических деформаций для лабораторных исследований несущей части аэродинамической платформы при рабочих нагрузках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Raback P., Malinen M., Ruokolainen J., et al. Elmer Models Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nic.funet.fi/pub/sci/physics/elmer/doc/ElmerModelsManual.pdf/> – Дата доступа: 01.04.2021.
2. FLD01: Steady, 2D Poiseuille flow/ MFiX // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mfix.netl.doe.gov/doc/vvuq-manual/main/html/fluid/fld-01.html>. – Дата доступа: 01.04.2021.
3. Mikko Lyly Saeki Takayuki. ElmerGui Manual/ Elmer FEM // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nic.funet.fi/pub/sci/physics/elmer/doc/ElmerguiManual.pdf> – Дата доступа: 20.05.2021.
4. Boštjan Kovačič, Rok Kamnik, Nenad Gubelj. Modern deformation measurement techniques and their comparison // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/296812226_Modern_deformation_measurement_techniques_and_their_comparison – Дата доступа: 15.03.2022.