

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Клевцова Т.А., к.т.н., зав. кафедры «Технология и оборудование пищевых производств»,

Гвоздев А.В., к.т.н., доцент,

Болтянская Н.И., к.т.н., доцент

*Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь,
Россия*

Аннотация. Разработаны общие принципы проектирования лабораторных установок для решения современных задач образовательного процесса и научных исследований с использованием принципов системного подхода, геометрического, кинематического и математического моделирования, а также теории подобия.

Ключевые слова: проектирование, лабораторная установка, подобие, системный подход, геометрическое, кинематическое, математическое моделирование.

Постановка проблемы. Современные технологии преподавания в образовательных учреждениях таковы, что в ходе обучения необходимо одновременно формировать у студентов требуемые компетенции т.е. знания, умения и навыки, отвечающие основным требованиям образовательного стандарта, потребность усвоения новых знаний и заинтересованность в изучении дисциплин. При этом решение аналогичных проблем связано с использованием технологий активного обучения, которые включает в себя методы, направленные

на стимулирование познавательной активности учащихся, посредством вовлечения каждого ученика в поведенческую и мыслительную активность [1].

Очевидно, что невозможно подготовить специалиста, который знаком с объектами профессиональной деятельности только в виде их компьютерных моделей. В процессе обучения необходимо сочетать выполнение как реальных, так и виртуальных лабораторных работ с учетом их достоинств и недостатков. Поэтому, преподавание инженерных дисциплин невозможно без проведения лабораторных работ.

В современных условиях проведение научных исследований и решения учебных задач в образовательном процессе тесно связано с использованием современного нового лабораторного оборудования. Зачастую современное оборудование является дорогостоящим, а то, которое есть в наличии зачастую было разработано в 70-е годы и 80 годы прошлого столетия, устарело по техническим показателям, и не отвечает современным требованиям проведения учебного процесса, а также требованиям проведения научного эксперимента. Решение проблемы заключается в создании нового оборудования, либо реконструкции старого оборудования для решения современных задач образовательного процесса и научных исследований.

Лабораторные занятия обычно проводится в учебных аудиториях, поэтому эффективность таких занятий во многом определяется возможностями образовательного учреждения: в оснащении учебных лабораторий современным оборудованием, в выборе номенклатуры объектов экспериментального изучения и содержания лабораторных работ, в реализации эффективных технологий выполнения работ [1].

Создание лабораторной установки, достаточно точно соответствующей промышленному образцу, является достаточно сложной задачей. Спроектировать такую установку можно, используя

принципы физического моделирования и методы теории подобия [2,3].

Цель исследования. Целью работы является разработка общих принципов проектирования лабораторных установок для решения современных задач образовательного процесса и научных исследований.

Методика исследований. Одним из основных принципов проектирования оборудования является принцип системного подхода, применение которого связано с другими методологическими принципами: принципом максимальной эффективности, принципом типовых решений, принципом обеспечения развития создаваемого объекта и др. [2].

Спроектировать лабораторную установку можно, используя принципы геометрического, кинематического и математического моделирования [4,5].

Однако не всегда удастся с помощью только математического моделирования достоверно перенести полученные результаты на натуральный образец, поскольку не всегда предоставляется возможность учесть изменение соотношения между размерами частиц и геометрическими параметрами оборудования. В этом случае большую помощь может оказать теория вероятности в инженерных исследованиях [6].

Основные материалы исследования. Чтобы процесс, протекающий в лабораторной установке, был подобен процессу, протекающему в промышленном аппарате, необходимо соблюдение определенных условий:

1. Процессы, протекающие как в промышленном аппарате, так и в лабораторной установке, должны описываться одной и той же системой дифференциальных уравнений.
2. Необходимо соблюдение подобия условий однозначности,

которые состоят из: геометрического подобия аппаратов; временного подобия; подобия физических величин, характеризующих процесс; граничных условий; начальных условий.

Блок-схема общего комбинированного проектирования лабораторной установки приведена на рис. 1.

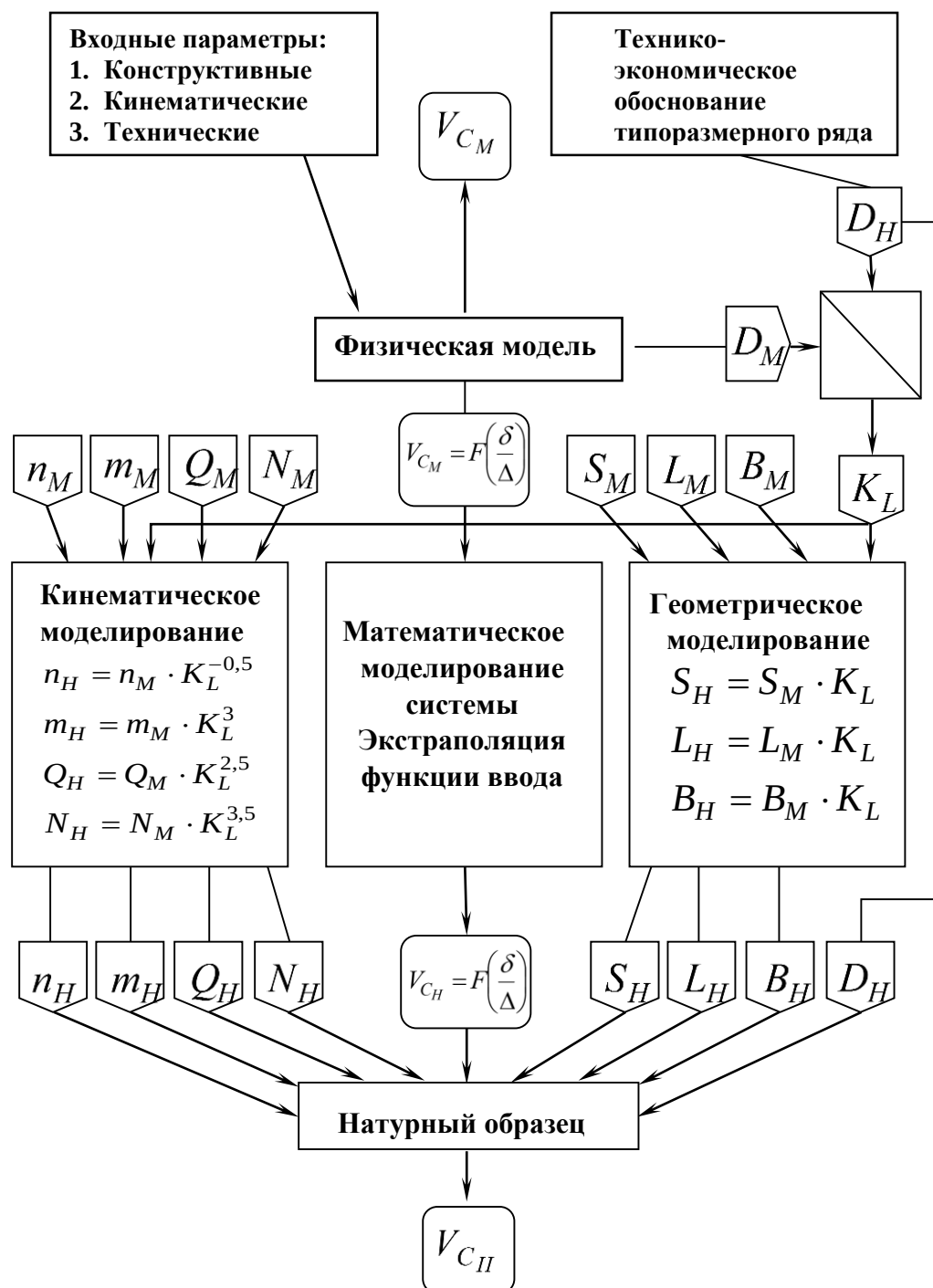


Рис. 1. – Блок-схема комбинированного проектирования лабораторной установки

Подобие граничных и начальных условий предполагает, что состояние на границах и начальное состояние системы, состоящей из промышленного аппарата и лабораторной установки, подобны, то есть отношения основных параметров в начале и на границах системы постоянны. Однако такое возможно лишь в тех случаях, когда для граничных и начальных условий сохраняется геометрическое, временное подобие и подобие физических величин. Именно подобие граничных и начальных условий особенно важно, так как в некоторых случаях в основном объеме системы подобие может соблюдаться не полностью. Причем даже незначительное отклонение граничных и начальных условий может привести к довольно существенному нарушению подобия системы.

Геометрическое подобие модели и натурального образца определяем через масштабный коэффициент K_L

$$K_L = \frac{D_M}{D_H}, \quad (1)$$

где D_H и D_M – геометрический параметр натурального образца и модели соответственно.

Исходя из площади лабораторной аудитории и задач, которые ставятся при проведении лабораторной работы, выбирается минимально-допустимый масштабный коэффициент линейного размера лабораторной установки, например, высоты [6]

$$K_L \leq \frac{H_H}{\sqrt[3]{520 \frac{k_H}{k_3} \cdot d_{cp}}} \quad (2)$$

где H_H – высота натурального образца оборудования;

k_3 – коэффициент заполнения рабочей камеры лабораторной установки;

$k_H = \frac{H_M}{L_M}$ – коэффициент соотношения высоты лабораторной

установки H_m и ее ширины L_m .

В соответствии с рассчитанным коэффициентом линейного размера пересчитываются все линейные размеры, кинематические и динамические параметры проектируемой лабораторной установки (рис. 1). Кинематический коэффициент модели от коэффициента линейного размера

$$K_n = K_L^{-0,5}, \quad (3)$$

где n – частота вращения рабочего органа лабораторной установки.

Модельный коэффициент массы m лабораторной установки

$$K_m = K_L^3. \quad (4)$$

Модельный коэффициент производительности Q лабораторной установки

$$K_Q = K_L^{2,5}. \quad (5)$$

Модельный коэффициент потребляемой мощности N лабораторной установки

$$K_N = K_L^{3,5}. \quad (6)$$

В результате получаем все основные параметры макетного образца лабораторной установки. Промышленность выпускает определенный ряд типоразмеров реальных промышленных аппаратов, поэтому необходимо выбрать из этого ряда аппарат, чтобы, преобразовав его размеры с учетом масштабного коэффициента, получить размеры лабораторной установки, близкие к желаемым. При расчете подобия физических величин необходимо стараться сохранить масштабный коэффициент равным единице для таких параметров как давление, влажность и температура, такими же, как и в реальном процессе.

Выводы. Таким образом, используя методы теории подобия, можно спроектировать лабораторную установку, на которой с

достаточной для практики точно можно моделировать достаточно сложные процессы. Разработанные общие принципы проектирования лабораторных установок позволят решить современные задачи образовательного процесса и научных исследований и формировать у студентов и аспирантов требуемых компетенций.

Список использованных источников

1. Тусуева М.Р. Виртуальные лаборатории в образовательном процессе/ М.Р. Тусуева, И.М. Шабазов.// «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки». – №11(62). – 2021.Alley-science.ru
2. Иванов С.А. Проектирование и оптимизация конструкций машин и оборудования: учебник для вузов / С.А. Иванов, А. В. Нефедов, Н. А. Чиченев, – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2014. – 200с.
3. Михайлов В.А. Основы теории систем и решения творческих технических задач / В.А. Михайлов, Е.Д. Андреев, В.П. Желтов и др. – Чебоксары: Изд-во Чувашского университета, 2012. – 388 с.
4. Ялпачик Ф.Ю. Моделювання системи «кормова суміш – змішувач»./ Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Гвоздев. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип. 34. – С. 112-120.
5. Прохасько Л.С. Процессы и аппараты пищевых производств: методические указания / Л.С. Прохасько. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 51 с.
6. Гвоздев А.В. Теория вероятности, как метод моделирования конструктивных параметров гравитационного смесителя / А.В. Гвоздев, Н.И. Болтянская, Т.А. Клевцова. // Университетская Наука. University Science. – Минеральные Воды: СКФ БГТУ им. В. Г. Шухова, - №1(17), 2024. – С. 29-32.