

## УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ МЕХАТРОННАЯ ВИБРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА

*Коробчук М.В., Веригин А.Н., Саенко С.С.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет), Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** химическая промышленность, химическая технология, вибрация, мехатроника.

**Аннотация.** В статье описывается успешный опыт проектирования учебно-исследовательской вибрационной установки химико-технологического назначения, разработанной в соответствии с применяемыми в мехатронике подходами и принципами. Приводится краткая информация о конструктивных особенностях и технических характеристиках установки, а также перечисляются учебные и исследовательские задачи, которые могут быть решены с ее помощью.

## EDUCATIONAL AND RESEARCH MECHATRONIC VIBRATION UNIT

*Korobchuk M.V., Verigin A.N., Saenko S.S.*

*Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg*

**Keywords:** chemical industry, chemical technology, vibrating technique, mechatronics.

**Abstract.** The article describes the successful experience of designing a training and research vibration installation for chemical and technological purposes. The development of the installation was carried out in accordance with the approaches and principles applicable in mechatronics. Brief information about the design features and technical characteristics of the installation is provided. The scientific and research problems solved using the installation are listed.

Специфической особенностью мехатроники, как научно обоснованного философского и практического направления развития современной техники развития является ее полидисциплинарность [1]. От специалиста-мехатронщика требуется не просто знание понятий и методов нескольких технических, научных и даже гуманитарных дисциплин, но и уверенное владение на достаточно высоком уровне навыками их практической реализации [2]. Однако, выполнение современных исследований силами одного человека практически невозможно. Для реализации инновационных проектов требуется участие сразу нескольких разнопрофильных высококвалифицированных специалистов, в связи с чем вопросы создания проектных команд стоят так же остро, как и проблемы, для решения которых они создаются. Благодаря грамотно организованной работе, как с уже состоявшимися профессиональными кадрами, так и со студентами, аспирантами и молодыми специалистами, в рамках реализуемых научных проектов на кафедре мехатронных технологических установок ФГБОУ ВО СПбГТИ (ТУ) удалось создать уникальную команду, способную решать широкий спектр технических задач из области химической технологии.

Уникальной особенностью выполняемых работ является то, что впервые реализуются проекты по созданию мехатронного оборудования химико-технологической направленности. Так, к одному из направлений области

научных интересов коллектива относится полезное применение законов и эффектов колебательных явлений и вибрационных воздействия для интенсификации процессов химической, пищевой, фармацевтической и биотехнологической промышленности. Уже достигнутые успехи в создании вибрационных мехатронных установок, в которых для управление колебаниями реализуются алгоритмы, обеспечивающие сбор, обработку и учет данных, получаемых с различных периферийных датчиков и систем позволяют говорить о возможности перехода к новому поколению вибрационного оборудования [3]. Дополнительно, совершенно уникальные возможности для дальнейшего совершенствования создаются и благодаря успехам из области нейронных сетей и искусственного интеллекта [4].

Однако реализация прорывных идей и перспективных алгоритмов управления колебаниями требует решения спектра научно-технических проблем, связанных с постановкой и решением задач управления вибрацией, математическим и компьютерным моделирование, а также последующей взаимной увязкой реализуемых гидродинамических режимов, особенностей работы механической, электрической и программно-аппаратной составляющей с результатами экспериментальных исследований.

Существенная специфичность разработки исследовательских вибрационных установок, снабженных современными средствами измерения и управления в контексте философии мехатронного подхода, представляет собой отдельную задачу [5-7].

Именно с целью возможности изучения влияния режимов работы вибрационного привода на создаваемый в аппарате гидродинамический режим и их связь с интенсивностью и эффективностью протекания тепло-массообменных процессов была разработана исследовательская установка, представленная на рисунке 1.

Вибрационная установка предназначена для экспериментального воспроизведения сложных динамических явлений и отработки эффективных алгоритмов управления колебаниями. Кроме этого, стенд представляет собой самостоятельное учебно-научное оборудование, применяемое в учебном процессе кафедры при подготовке профильных специалистов.

Механическая часть стенда представляет собой настольную конструкцию, состоящую из рамы и размещаемой на ней прозрачной колбы (реакционной емкости). Колебания обрабатываемой среде сообщаются мешалкой, закреплённой на штоке электромагнитного привода. Конструкция стенда предусматривает возможность смены мешалок и механическое регулирование амплитуды колебаний. Регулирование частотной характеристики обеспечивается независимыми аппаратной и программной частями электрической и электронной систем управления.

Технические характеристики и параметры лабораторной установки представлены в таблице 1.



Рис. 1. Внешний вид учебно-исследовательской мехатронной вибрационной установки

Табл. 1. Характеристики и параметры лабораторной установки

Показатель	Значение
1 Реализуемые режимы	гармонический, нелинейный
2 Диапазон частот вибрационного воздействия на смесь (рабочий режим), Гц	30-100
3 Диапазон амплитуды колебаний мешалки	0,5-6
4 Объём	0,0015 м <sup>3</sup>
5 Упругая сила амортизатора	185 Н
6 Максимальный коэффициент заполнения ёмкости	0,75
7 Габаритные размеры, мм	
длина	330
ширина	350
высота	575
8 Питание	220 В

Лабораторная установка позволяет:

- 1) экспериментально определять оптимальные режимы работы при работе с различными гомо- и гетерогенными средами;
- 2) сравнение опытных и расчетных значений изучаемых параметров;

- 3) изучать закономерности изменения концентрации жидкости в зависимости от гидродинамической обстановки;
- 4) по экспериментальным данным подбирать модель потоков и их структуру;
- 5) определять адекватность компьютерных и математических моделей (цифрового двойника);
- 6) отрабатывать алгоритмы управления.

В перспективе установка должна позволить осуществлять компьютерные и экспериментальные исследования, направленные на отыскание наилучших режимов работы вибростенда для реализации таких химических процессов, как экстракция, выщелачивание, тепло-массообмен и т.д. Однако даже уже выполненные экспериментальные исследования показывают универсальность разработанного стенда как научно-учебного вибрационного мехатронного оборудования.

### Список литературы

1. Мехатроника. Инженерный подход / Под ред. А.Н. Веригина. – СПб.: Изд-во «Лань», 2023. – 644 с.
2. Веригин А.Н., Иштуин А.Г., Коробчук М.В., Мазур А.С. Мехатронный технологический комплекс как объект проектирования // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2023. – № 64(90). – С. 104-112.
3. Управление мехатронными вибрационными установками / Андриевский Б.Р. и др.; под ред. Блехмана И.И. – СПб.: Наука, 2001. – 278 с.
4. Коробчук М.В., Веригин А.Н., Саенко С.С. Искусственные нейросети как новый этап развития вибрационного оборудования химико-технологического назначения // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 12. – С. 33-37.
5. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Аппараты виброперемешивания. Обзор конструкций и тенденции развития // Химическая технология. – 2022. – Т. 23, № 2. – С. 80-96.
6. Коробчук М.В., Веригин А.Н., Незамаев Н.А. Особенности конструирования, пути и проблемы совершенствования аппаратов с вибрационным перемешиванием // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2021. – № 59(85). – С. 86-93.
7. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Использование программных средств и электронных компонентов, применительно к проектированию мехатронных вибрационных установок // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 212-216.

### Сведения об авторах:

*Коробчук Максим Васильевич* – к.т.н., преподаватель кафедры механики;

*Веригин Александр Николаевич* – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки России, заведующий кафедрой «Мехатронные технологические комплексы»;

*Саенко Савелий Сергеевич* – аспирант.