

ДИДЕНКО Александр Алексеевич – инженер Российского химико-технологического университета им. Д.И.Менделеева (РХТУ)

МИШИНА Юлия Валерьевна – аспирант РХТУ

МЕНЬШУТИНА Наталья Васильевна – доктор технических наук, профессор РХТУ

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГИДРОДИНАМИКИ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

Применение современных достижений информационных и коммуникационных технологий в процессе обучения открывает студентам доступ к новым формам обучения, таким как электронное обучение, тем самым повышая эффективность самостоятельной творческой работы. Новые методы обучения позволяют получить высококвалифицированных и конкурентоспособных специалистов в области химической технологии и в такой бурно развивающейся отрасли, как фармацевтическая.

Полноценная подготовка химиков-технологов и фармацевтов невозможна без ознакомления с работой реального оборудования и приборов и получения навыков работы с ними. Во многих российских вузах возникают определенные трудности, связанные с приобретением технологического оборудования и проведением эксперимента из-за недостатка площадей для размещения этого оборудования, а также из-за недостаточного финансирования практической учебной деятельности университетов. Отсутствие практических занятий по химической технологии и фармацевтике может сказаться на качестве подготовки будущих специалистов. Решением этой проблемы является разработка виртуальных лабораторных практикумов.

В РХТУ им. Д.И. Менделеева на кафедре кибернетики химико-технологических процессов был разработан виртуальный лабораторный практикум, позволяющий имитировать процесс гидродинамики псевдоожигенного слоя.

Процесс псевдоожигения часто применяется и в химической, и в фармацевтической промышленности, поэтому такой практикум может быть использован для подготовки и химиков-технологов, и фармацевтов.

Интерфейс виртуального лабораторного практикума «Изучение гидродинамики псевдоожигенного слоя» представлен на рис. 1.

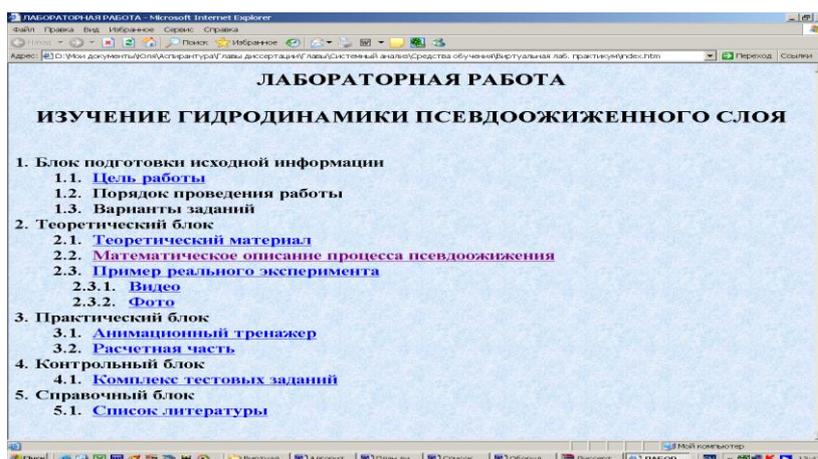


Рис. 1 Интерфейс виртуального лабораторного практикума «Изучение гидродинамики псевдоожигенного слоя».

Целью проведения виртуального лабораторного практикума является исследование влияния скорости подаваемого в аппарат воздуха на высоту псевдоожигенного слоя, определение критической скорости псевдоожигения, скорости витания и порозности псевдоожигенного слоя, а также подбор оптимальных параметров для проведения эксперимента.

В организации учебных материалов виртуального лабораторного практикума «Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя» используется блочный принцип построения материала.

Практикум содержит следующие основные учебные блоки: блок подготовки исходной информации, информационный блок, практический блок, контрольный блок, блок

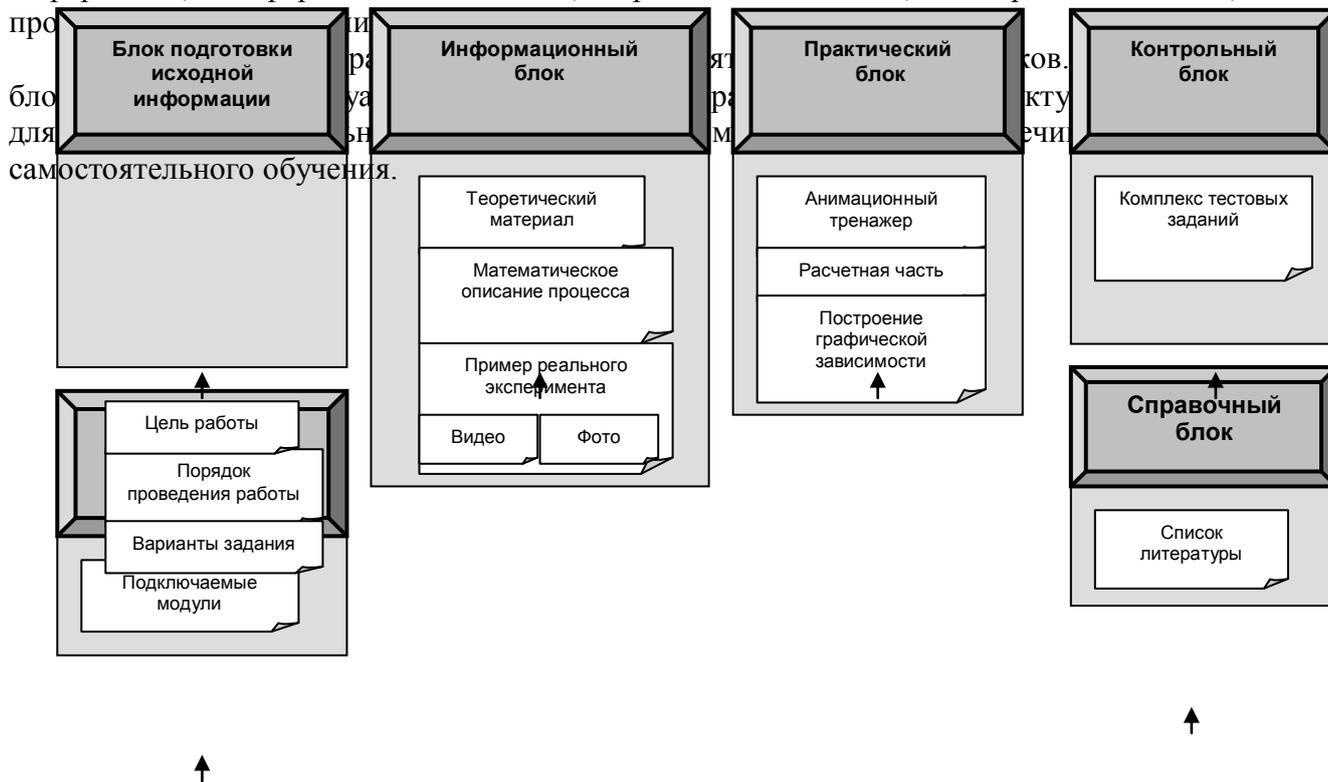


Рис. 2. Блочная структура виртуального лабораторного практикума «Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя».

Подробное описание каждого раздела представлено ниже:

1. Блок подготовки исходной информации

Содержит такие разделы как цель работы, порядок проведения работы и варианты заданий.

2. Информационный блок

Включает в себя теоретический материал, математическое описание процесса псевдооживления и пример реального эксперимента с видео и фотоматериалами.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В этом разделе излагаются общие теоретические положения, диапазон псевдооживленного состояния, рассматриваются основные достоинства и недостатки псевдооживленного слоя, приведена иллюстрация аналогии поведения псевдооживленного слоя и жидкости.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПСЕВДООЖИЖЕНИЯ

В этом разделе представлены:

- кривая псевдооживления;
- приведен алгоритм расчета высоты и порозности псевдооживленного слоя.

ПРИМЕР РЕАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В этом разделе представлены фотографии и видеоматериалы, полученные в результате проведения реального эксперимента в лаборатории. Первый этап состоял в проведении эксперимента, который заключался в измерении высоты псевдооживленного слоя зернистого материала при варьировании скорости подаваемого в аппарат воздуха. Была проведена серия опытов, в которых менялась начальная высота слоя и природа материала. После проведения

реального эксперимента строились графические зависимости высоты слоя от скорости подаваемого в аппарат воздуха.

Второй этап состоял в тщательном анализе зависимостей, полученных экспериментальным и теоретическим путем, представленных в работах ряда исследователей [1-9].

Также в этом разделе виртуального лабораторного практикума представлены фотографии и видеоматериалы, полученные при проведении эксперимента на реальной лабораторной установке.

3. Практический блок

Данный блок включает в себя анимационный тренажер, расчетную часть и построение графической зависимости.

АНИМАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР

Нами была создана модель процесса псевдооживления, имитирующая реальную установку для изучения гидродинамики псевдооживленного слоя (рис.3). С помощью данного анимационного тренажера студент может провести виртуальный эксперимент – изменять скорости подаваемого воздуха путем «поворота вентиля для подачи воздуха в аппарат» и наблюдать изменения в поведении слоя материала, который переходит от неподвижного через состояние минимального псевдооживления к псевдооживленному слою в разбавленной фазе с пневмотранспортом частиц. Тренажер позволяет наблюдать состояния псевдооживленного слоя в разные моменты времени, останавливаясь или возвращаясь к определенным состояниям. Таким образом, студент, проходящий лабораторный практикум на таком виртуальном тренажере, имеет возможность более-менее четко представить состояние реального слоя и оценить происходящие изменения, таким образом понять протекающие в аппарате процессы и явления. Условия проведения виртуального эксперимента максимально приближены к реальным условиям, что было достигнуто в процессе работы над созданием анимационного тренажера путем тщательного сопоставления с фотоматериалами, полученными в результате изучения процесса псевдооживления на реальной установке.

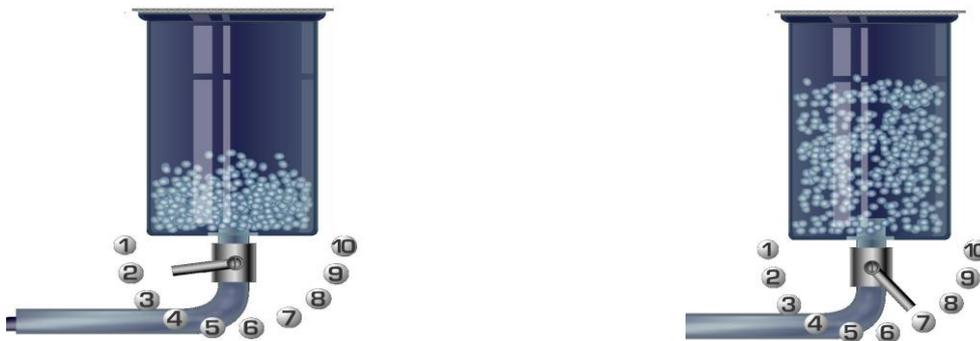


Рис.3. Анимационный тренажер

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Расчетная часть проведения виртуального лабораторного практикума заключается в определении высоты поднятия псевдооживленного слоя и его порозности, а также в вычислении критической скорости псевдооживления и скорости витания частиц. Программа позволяет вводить любое количество значений скоростей подаваемого воздуха в указанном диапазоне и наблюдать изменения высоты и порозности слоя. С помощью таких манипуляций студент имеет возможность подобрать оптимальные параметры для проведения процесса псевдооживления определенного материала, то есть определять диапазон устойчивого псевдооживления, что является основной целью проведения эксперимента.

После проведения расчетов программой предусмотрено построение графиков, показывающих зависимости высоты псевдооживленного слоя и его порозности от скорости подаваемого в аппарат воздуха (рис. 4).

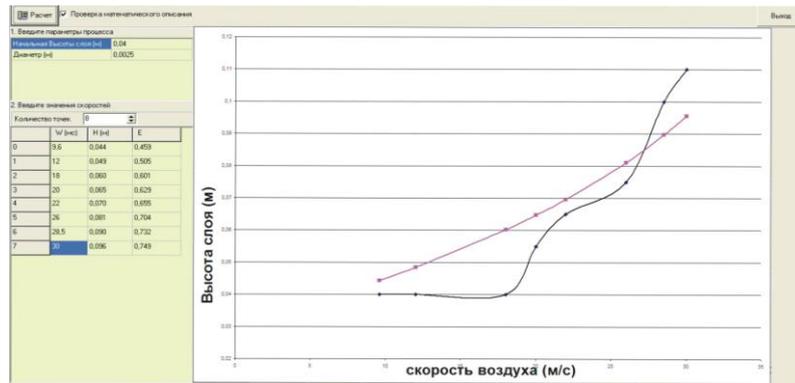


Рис.4. Расчетная часть и построение графической зависимости

Также этот раздел предоставляет возможность сравнить зависимости, полученные в ходе проведения эксперимента с рассчитанными по соответствующему математическому описанию.

Таким образом, при прохождении виртуального практикума студент может самостоятельно влиять на процесс, подбирать оптимальные параметры для его проведения и наблюдать характерные изменения в изучаемом процессе. Освоение материала проводится в интерактивном режиме, поэтому все изменения сразу отображаются в числовом и в графическом виде.

4. Контрольный блок

КОМПЛЕКС ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Тестовые задания преследуют цель оценки знаний, полученных в результате проведения виртуального лабораторного практикума. После завершения тестирования система суммирует набранные в процессе проведения теста баллы и выдает результат в виде оценки по пятибалльной системе. Кроме оценки, студент получает определенные рекомендации в зависимости от результатов тестирования.

Данная система построена таким образом, что позволяет изменять и добавлять новые тестовые задания, то есть постоянно совершенствоваться.

5. Блок программного обеспечения

В блок программного обеспечения входит описание схемы функционирования виртуального лабораторного практикума (рис. 5)

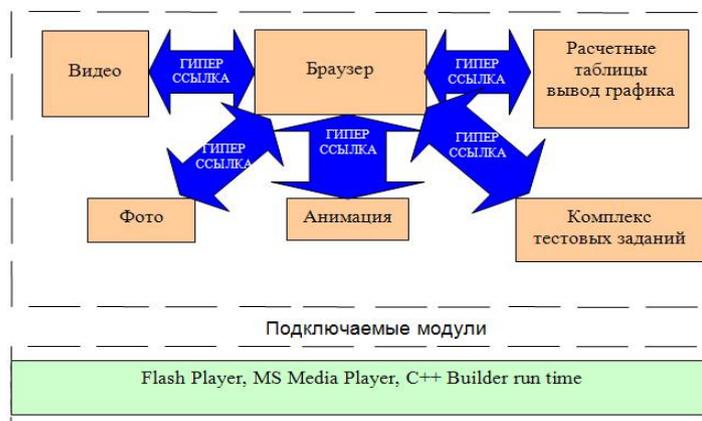


Рис.5. Схема функционирования виртуального лабораторного практикума.

С помощью программы обработки и отображения гипертекста (веб-браузера) с использованием технологии гиперссылок происходит переход на соответствующие разделы

ВЛП: видео- и фотоматериалы, анимационный тренажер, расчетные таблицы и вывод графика, комплекс тестовых заданий. Активизация разделов происходит с применением соответствующих подключаемых модулей. Для создания анимационного тренажера использовался подключаемый программный модуль Macromedia Flash и язык Active script. Расчетные таблицы и построение графиков производятся при подключении программного модуля C⁺⁺ Builder 6 run time, просмотр видео осуществляется при применении MS Media Player.

6. Справочный блок

В этом блоке приведен список дополнительных литературных источников, раскрывающих суть процесса псевдооживления и рассматривающих данный процесс в деталях. Представлена литература зарубежных и российских авторов.

Программный продукт создан с применением современных информационных технологий и представляет собой инновационное средство обучения, который может быть использовано как дополнение к традиционному способу обучения, так и для реализации электронного обучения. Такой вид практикума особенно ценен для подготовки химиков-технологов и фармацевтов, для которых проведение эксперимента и приобретение навыков работы на оборудовании являются неотъемлемой частью учебного процесса.

Список литературы

1. Айнштейн В.Г., Баскаков А.П., Берг Б.В. и др. Псевдооживление. – М.: Химия, 1991.
2. Кунии Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдооживление – М.: Химия. – 1976.
3. Лева Макс. Псевдооживление/Пер. с англ. В.Г.Айнштейна, под ред проф. Н.И.Гельперина. – М.: Гостоптехиздат, 1961.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973.
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд.2-е. В 2-х кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. – М.: Химия, 1995.
6. Тодес О.М./в сб. «Методы и процессы химической технологии». – М.: Наука. – 1965. - вып.1.
7. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии/Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1991.
8. Романков Н.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. –М.:Химия, 1968.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987.

Virtual laboratory for studying the hydrodynamics of fluidized bed process

Разработан виртуальный лабораторный практикум для изучения гидродинамики псевдооживленного слоя для подготовки специалистов в области химической технологии и фармацевтики. В организации учебной информации виртуального лабораторного практикума (ВЛП) используется блочный принцип построения материала, который предоставляет возможность формирования траектории изучения материала. ВЛП может применяться как в электронном обучении, так и в качестве дополнения к традиционному обучению.

We have developed the virtual laboratory for studying the hydrodynamics of fluidized bed process for training of the future specialists in the field of chemical engineering and pharmaceuticals. The structure of the virtual laboratory has been developed using block principle in organization of learning materials. Used structure helps to choose the best way of learning. Virtual laboratory can be used both in e-learning and in traditional education.

