

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТЕНДОВ С УДАЛЕННЫМ КОМПЬЮТЕРНЫМ ДОСТУПОМ

О.А. Клименчук, О.А. Клименчук, Н.Г. Щеглов



КЛИМЕНЧУК
Оксана
Анатольевна

Преподаватель кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» Пятигорского государственного технологического университета. Направление научной деятельности – изучение способов сушки материалов в активном гидродинамическом режиме, сушилок и способов управления ими. Автор 26 научных трудов, в том числе 2 патента РФ на изобретения.



ЩЕГЛОВ
Николай
Григорьевич

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» Пятигорского государственного технологического университета. Направление научной деятельности – изучение процесса сушки пищевых материалов. Автор более 100 научных трудов, в том числе нескольких монографий, учебных пособий и патентов на изобретения.



КЛИМЕНЧУК
Ольга
Анатольевна

Преподаватель кафедры «Управление информатикой в технических системах» Пятигорского государственного технологического университета. Аспирантка ПГТУ по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации. Направление научной деятельности – информатика, вычислительная техника и управление. Автор 21 публикации.

Введение

Внедрение новых перспективных информационных технологий является важнейшим фактором повышения эффективности и качества образовательного процесса в технических вузах. Неотъемлемым элементом инженерного образования являются лабораторно-практические занятия. С развитием цифровых сетей идея автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом получила возможность реального воплощения.

Перспективным направлением модернизации учебной лабораторной базы является ком-

© О.А. Клименчук, О.А. Клименчук, Н.Г. Щеглов, 2008

пьютеризация измерительных процессов и процедур математической обработки результатов на основе использования при разработке принципов открытых систем и методов функциональной стандартизации наряду с технологией применения виртуальных приборов.

Основной принцип построения открытых систем состоит в формировании среды, включающей: программное обеспечение, аппаратные средства, интерфейсы, форматы данных и протоколы, обеспечивающие взаимосвязь и масштабируемость приложений и данных. Такой подход может быть использован при организации лабораторных практикумов с удаленным доступом по естественнонаучным и общим профессиональным дисциплинам.

Для практического решения задачи интеграции измерительных систем в единую информационную среду в составе программно-аппаратной платформы удобно выделить специальную, основанную на технологии применения виртуальных приборов, систему сбора и обработки данных. Существует несколько способов организации учебной лаборатории с использованием виртуальных приборов, одним из которых является создание на базе персонального компьютера специального измерительного сервера, интегрированного в локальную сеть, имеющую выход в Internet.

Опыт создания дистанционного экспериментального стенда на базе аппаратных и программных средств компании «National Instruments»

Наиболее простым представляется вариант построения системы, когда персональный компьютер снабжен универсальной платой ввода-вывода и набором прикладных программ, созданных в стандартной инструментальной среде, использование которых позволяет превратить компьютер в информационно-измерительную систему, заменяющую такие традиционные приборы, как манометры, вольтметры, амперметры, психрометры и др.

Это решение весьма эффективно, так как позволяет студентам работать с разными вир-

туальными измерительными приборами в разных режимах, включая режим работы с моделями средств измерений. Количество лабораторных работ при таком подходе практически не ограничено. Стоимость программно-аппаратного обеспечения учебной лаборатории при использовании программных продуктов компании «National Instruments» сравнима со стоимостью персонального компьютера, а одного комплекта оборудования хватает для поддержки работы на нескольких рабочих местах.

Это совершенно новое направление развития образовательных технологий, основой которого является применение в лабораторных практикумах компьютерных систем сбора и обработки данных.

Важным преимуществом является также возможность использования методических разработок в программной среде LabView в научной работе студентов, аспирантов и в качестве иллюстративного материала на лекциях.

При создании лабораторных практикумов особое внимание следует уделять выбору среды разработки, сочетающей удобство программирования с возможностью использования разнообразных аппаратных средств. Предпочтение следует отдавать средам графического программирования, например LabView. По сравнению с традиционными объектно-ориентированными средами программирование в графических средах проще, что позволяет преподавателям и студентам неинформационных специальностей сосредоточиться в первую очередь на методической стороне работы и активно осваивать современную технику и информационное обеспечение инженерного эксперимента.

Современные информационные и телекоммуникационные технологии и средства мультимедиа позволяют использовать это оборудование в учебных и научных целях путем удаленного компьютерного доступа в режиме реального времени посредством распределенной компьютерной сети. При этом пользователи такой сети (например, Internet) со своего компьютера имеют возможность проводить или участвовать в проведении физического экспе-

римента или научного исследования.

Опыт внедрения предлагаемых технологий показал, что их использование позволяет вывести образовательные учреждения на качественно новый уровень преподавания естественнонаучных и инженерных дисциплин.

Преимущество предлагаемой методики проведения лабораторных занятий состоит:

- в создании и реализации в вузах недорогой лабораторной базы;
- в создании более совершенной учебной техники;
- в создании универсальных компьютерных систем измерения и автоматизированных систем управления для проведения лабораторных практикумов и научных исследований;
- в подготовке учебно-методических указаний по лабораторным практикумам с использованием современных компьютерных технологий сбора и обработки данных.

Ниже представлен опыт создания учебной лаборатории «Процессы и аппараты пищевых производств» в Пятигорском государственном технологическом университете (ПГТУ) с возможностью удаленного доступа на примере уникального научно-исследовательского стенда для изучения процесса сушки материалов в псевдоожиженном слое, созданного на базе программного обеспечения LabView компании «National Instrument» [1].

Псевдоожиженный (кипящий) слой характеризуется непрерывным, беспорядочным дви-

жением и перемешиванием частиц в определенном объеме по высоте. Переход слоя частиц материала из неподвижного состояния в псевдоожиженное происходит при критической скорости воздуха, проходящего сквозь слой материала. При этом перепад давления слоя приближается к равенству с весом слоя, приходящегося на единицу поверхности сетки.

Гидродинамическая сущность процесса псевдоожижения заключается в следующем: если через слой зернистого материала, расположенного на поддерживающей перфорированной решетке аппарата, проходит поток псевдоожижающего газа, то состояние слоя зернистого материала оказывается разным в зависимости от скорости этого потока (рис. 1).

При плавном увеличении скорости потока от нуля до некоторого первого критического значения происходит обычный процесс фильтрации, при котором твердые частицы неподвижны.

На графике процесса псевдоожижения (рис. 2), отражающем зависимость перепада статического давления Δp в слое зернистого материала от скорости фильтрации псевдоожижающего агента, процессу фильтрации соответствует восходящая ветвь ОА.

Переход от режима фильтрации к состоянию псевдоожижения на кривой псевдоожижения соответствует критической скорости псевдоожижающего агента $V_{кр}$ (точка А), называемой скоростью начала псевдоожижения. В этот момент вес зернистого материала, прихо-

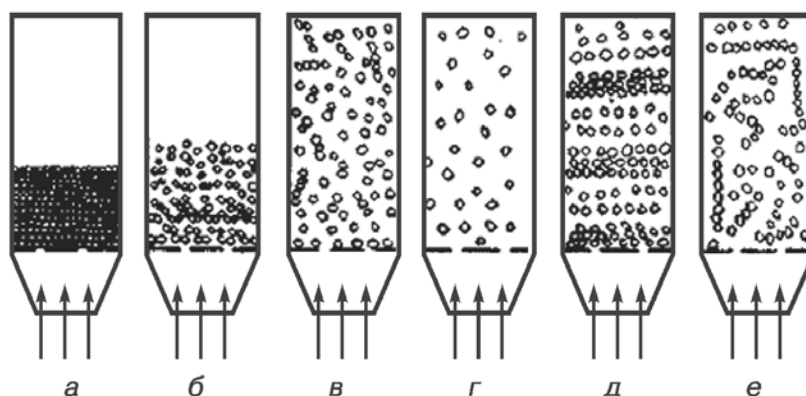


Рис. 1. Состояние слоя зернистого материала при разных режимах:

- а – неподвижный слой (режим фильтрации); б – однородный псевдоожиженный слой при $V \geq V_{кр}$;
в – неоднородный псевдоожиженный слой; г – унос твердых частиц;
д – псевдоожиженный слой с поршнеобразованием; е – псевдоожиженный слой с каналообразованием

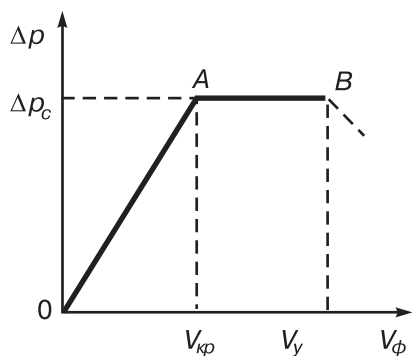


Рис. 2. Кривая псевдооживления

дящийся на единицу площади поперечного сечения аппарата, уравнивается силой гидравлического сопротивления слоя.

Начиная со скорости $V_{кр}$ в начале псевдооживления и выше, сопротивление слоя сохраняет практически постоянное значение $V_{кр}$ и зависимость $\Delta p = f(V_{\phi})$ выражается прямой АВ, параллельной оси абсцисс. Это объясняется тем, что с ростом скорости псевдооживающего агента контакт между частицами уменьшается и они получают большую возможность хаотического перемещения во всех направлениях. При этом возрастает среднее расстояние (просветы) между частицами, т. е. увеличивается порозность (пористость) слоя и, следовательно, его высота.

При скорости псевдооживающего агента, незначительно превышающей $V_{кр}$, т.е. при $V \geq V_{кр}$, наблюдается однородное («спокойное») псевдооживление. При псевдооживлении газом по мере роста скорости в слое возникают компактные массы газа («пузыри», «каверны»), интенсивно турбулизирующие твердые частицы и образующие всплески зернистого материала на поверхности. При этом наблюдаются значительные пульсации статического и динамического напоров псевдооживающего агента. Такой характер гидродинамики слоя называется неоднородным псевдооживлением. Наконец, при достижении второго критического значения скорости V_y , называемой скоростью уноса, твердые частицы начинают выноситься из слоя и их количество в аппарате уменьшается. Порозность такого слоя стремится к единице и сопротивление слоя правее точки В также снижается.

В начальной фазе псевдооживленного слоя в процессе сушки не происходит полного перемешивания всех частиц. Интенсивное перемешивание частиц начинается в развитой стадии псевдооживленного слоя при вихревом кипении когда высота слоя превышает начальную высоту слоя неподвижного материала.

Изучение влияния формы (кубики и параллелепипеды) и размера частиц на процесс сушки показало, что при сушке пищевых материалов в развитой стадии псевдооживленного слоя лучшей формой являются кубики, которые непрерывно вращаются вокруг своих осей. Благодаря этому происходит срыв пограничного слоя испаряющейся влаги, и процесс сушки кубиков протекает более интенсивно, чем параллелепипедов.

Проведенные исследования показали, что решающее влияние на ускорение процесса сушки пищевых растительных веществ оказывает температура и потенциал нагретого воздуха. В отличие от сушки в неподвижном слое, ограниченной верхним пределом температуры нагретого воздуха 60–80 °С, при сушке в псевдооживленном слое в зависимости от материала можно повысить температуру до 110–180 °С, что значительно сокращает продолжительность сушки. Сокращение времени теплового воздействия при повышенных температурах агента сушки способствует лучшему сохранению питательной ценности пищевых веществ. Кроме того, по сравнению с высокотемпературной сушкой в развитой стадии псевдооживленного слоя, низкотемпературная сушка является малоэффективной, так как приводит к увеличению затрат теплоты на испарение влаги.

Изучение процесса сушки пищевых растительных веществ при температурах нагретого воздуха выше 110 °С показало, что частицы в процессе сушки не дают усадки, сохраняя свою первоначальную форму и объем, и имеют пористое строение. Коэффициент набухания является важным показателем качества высушенных пищевых веществ, так как определяет способность восстановления первоначальных свойств продукта при обводне-

нии. Безусадочные частицы пористого строения отличаются большим значением коэффициента набухания и меньшей продолжительностью разваривания.

Изучение влияния скорости сушильного агента на процесс сушки показало, что при ее увеличении интенсивность испарения влаги из материала возрастает за счет увеличения активной поверхности материала и скорости ее обновления. Следовательно, для максимально возможного снижения влажности высушиваемого материала процесс сушки необходимо осуществлять при максимальной скорости сушильного агента, обеспечивающей интенсивное перемешивание кипящего слоя.

Одним из основных факторов, влияющих на тепловую экономичность работы сушильной установки, является максимально возможное использование сушильного агента [2]. При прочих равных условиях с увеличением высоты слоя средняя за опыт температура отработанного сушильного агента уменьшается, что приводит к уменьшению удельных расходов тепла. Однако с увеличением высоты слоя возрастает его сопротивление. Поэтому оптимальная высота слоя должна быть такой, чтобы удельные расходы тепла и электроэнергии на 1 кг испаренной влаги были бы минимальными.

Используя различную форму сушильной камеры (цилиндрическую, прямоугольную, коническую и др.), распределительную решетку с разным живым сечением и изменяя высоту материала в сушильной камере, можно влиять на величину перепада давления. Таким образом, по показаниям датчиков, регулируя перепад давления и скорость сушильного агента, можно добиться различных режимов процесса сушки (режима фильтрования, однородного псевдооживления, неоднородного псевдооживления; уноса частиц, псевдооживления с поршнеобразованием и псевдооживления с каналообразованием).

Студенты, изучая эти режимы, делают вывод о том, какой режим для проведения процесса сушки будет более предпочтительным и как его параметры влияют на изменение влажности

высушиваемого материала, а следовательно и на продолжительность процесса сушки.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3. На опорной стойке 1 укреп-

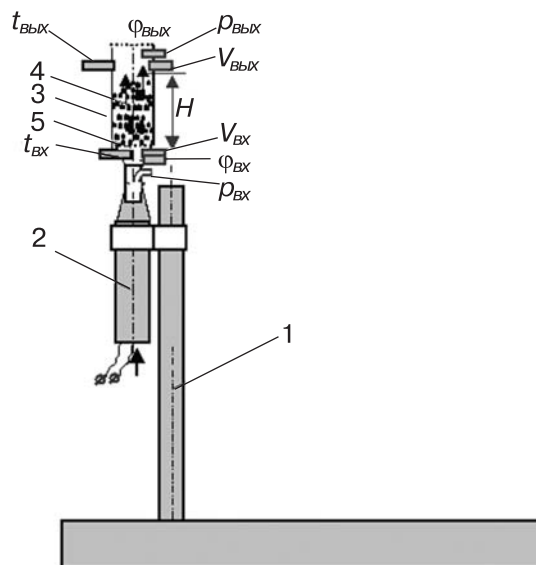


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

лен подогреватель воздуха 2, подающий нагретый воздух к сменным сосудам 3, в которых на распределительной решетке 5 находится сыпучий продукт 4, продуваемый нагретым воздухом.

При работе подогревателя воздуха 2 нагретый воздух продувает слой сыпучего продукта, в результате чего в зависимости от того, какой сменный рабочий орган установлен в качестве сосуда с сыпучим продуктом, реализуется либо псевдооживленный, либо фонтанирующий слой продукта.

Многоканальная компьютерная система сбора, обработки и представления данных (рис. 4) создана на основе персонального компьютера Pentium 3 с объемом оперативной памяти 256 Mb с выходом на локальную сеть и сеть Internet и с конфигурацией аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и согласующих устройств SXCI 1000 по рекомендации компании «National Instrument» [3].

Кроме этого, система включает в себя:

- термоанемометр на базе алмазного терморезистора ТРА-1 с отрицательной зависимостью сопротивления от температуры для изме-

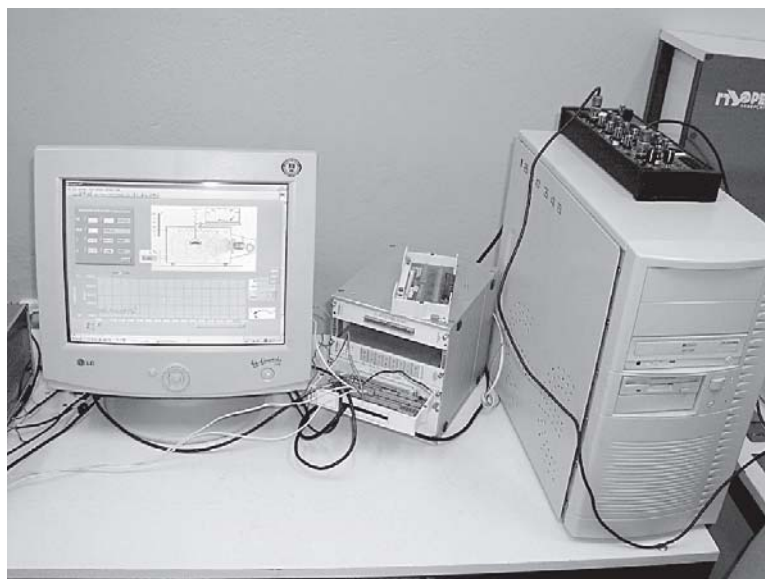


Рис. 4. Многоканальная компьютерная система сбора, обработки и представления данных

рения скорости потока перед входом потока на решетку псевдооживленного слоя. Датчик включен в цепь постоянного тока с напряжением 12 В и в отсутствии движения воздуха нагревается до температуры порядка 200 °С. Набегающий на датчик поток воздуха охлаждает его, при этом сопротивление датчика возрастает и падение напряжения на последовательно включенном постоянном сопротивлении уменьшается;

- дифференциальные датчики давления на входе и выходе из камеры для регистрации гидродинамического сопротивления слоя Motorola MX5010DP с пределами измерения от –100 до +100 мм водн. ст. и чувствительностью 4,5 мВ/мм. водн. ст. Датчик работает по пьезорезистивному тензометрическому принципу. Выходной сигнал постоянного тока пропорционален измеряемому давлению;

- цифровые термометры Dallas semiconductor DS18201–WireTM; цифровой термометр измеряет температуры от –55 °С до +125 °С с погрешностью 0,5 °С;

- датчики влажности воздуха на входе и выходе из камеры;

- электронные весы «CASBEE», обеспечивающие точность измерения $\pm 0,01$ г при навесе вещества до 120 г.

Аналоговые сигналы датчиков поступают с первичных приборов на 12-ти разрядный АЦП,

где превращаются в цифровой код с точностью 0,5% от действующего значения, затем фильтруются от случайных помех и по заданному алгоритму преобразуются в цифровой сигнал, соответствующий измеряемой величине в выбранной системе единиц. Цифровые сигналы в автоматическом режиме вводятся в компьютер, обрабатываются по специальной программе сбора, обработки и представления данных в среде LabView и отображаются на экране монитора в виде графиков и цифровых табло на лицевой панели [4].

Лицевая панель лабораторной установки представлена на рис. 5, на котором показана мнемосхема установки с работающими виртуальными приборами, действующими как стрелочные и цифровые индикаторы.

На панель выведен индикатор напряжения питания датчиков. В нижней части экрана помещены изображения двух осциллографов для регистрации изменения скорости потока и перепада давления по времени и построения итоговой зависимости $\Delta p = f(V)$.

Блок-схема измерительной системы приведена на рис. 6. Здесь каждому элементу лицевой панели соответствует определенная пиктограмма. Блок-схема измерений в среде LabView составляется и читается как обычная принципиальная схема соединений отдельных узлов, приборов, вычислительных и логических

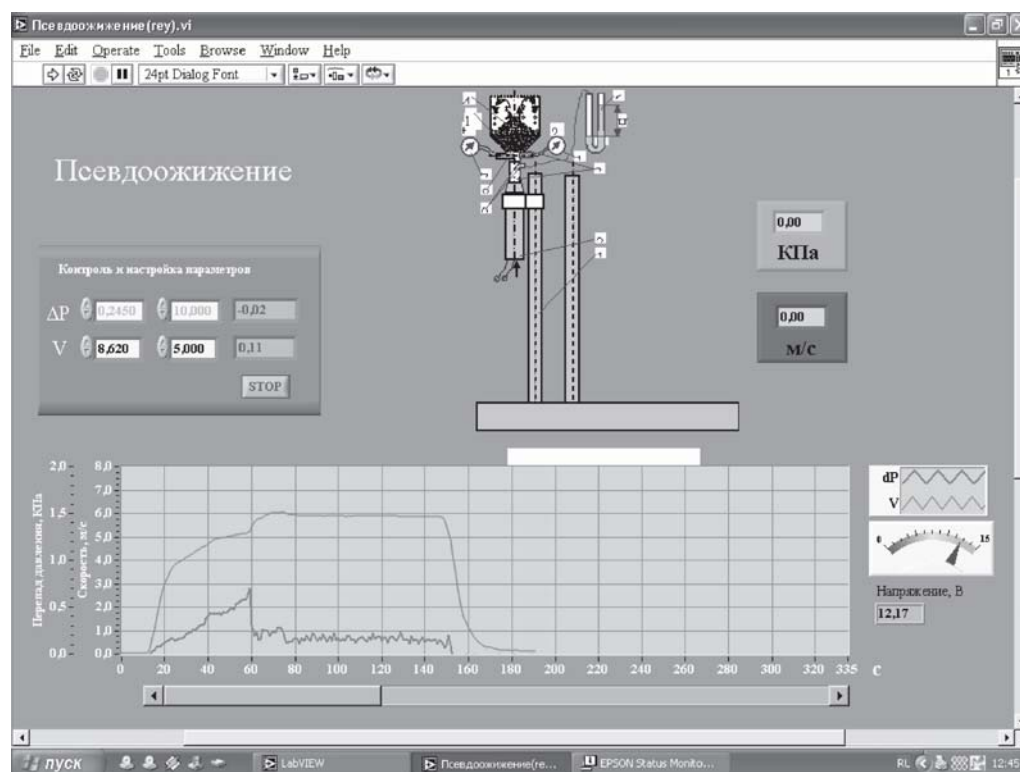


Рис. 5. Лицевая панель лабораторной установки

элементов. Основными структурами настоящей схемы являются внешний цикл с условием и внутренний цикл с заданным числом итераций.

Во внутреннем цикле изображен АЦП с подключенными датчиками, на выходе которого сигналы подаются на цифровые фильтры, вычисляющие средние значения измеряемых величин за 100 итераций, следующих с интервалом 50 мс. По завершении каждого внутреннего цикла отфильтрованные сигналы поступают на многоканальный осциллограф, работающий в режиме временной развертки. Одновременно измеренные значения скорости потока и перепада давления регистрируются на цифровых и стрелочных приборах на лицевой панели монитора, и на границе внешнего цикла автоматически формируются массивы данных давления p и скорости воздуха V . По завершению внешнего цикла программа автоматически строит итоговый график зависимости $\Delta p = f(V)$ [5].

С помощью программного обеспечения автоматизированного лабораторного практикума, используя рабочую панель на экране монитора, студенты могут изменять технологичес-

кие параметры эксперимента, задавать параметры режима записи результатов измерений. При необходимости дальнейшей обработки полученных данных они могут быть архивированы в виде числовых массивов в других средах, в частности в Microsoft Excel. Для этого в блок-схеме предусмотрен узел перевода данных в Microsoft Excel, который автоматически документирует полученные данные в виде электронной таблицы.

При разработке прикладных программ, обслуживающих лабораторный практикум, использование среды графического программирования LabView компании «National Instruments» весьма удобно и понятно пользователю, так как благодаря современным модулям, входящим в комплект этой среды, он получает мощное средство для самостоятельного программирования любых средств автоматизации. Простота графического программирования позволяет создавать любые программы без детального знания языков программирования.

Достоинствами разработанной системы измерения являются:

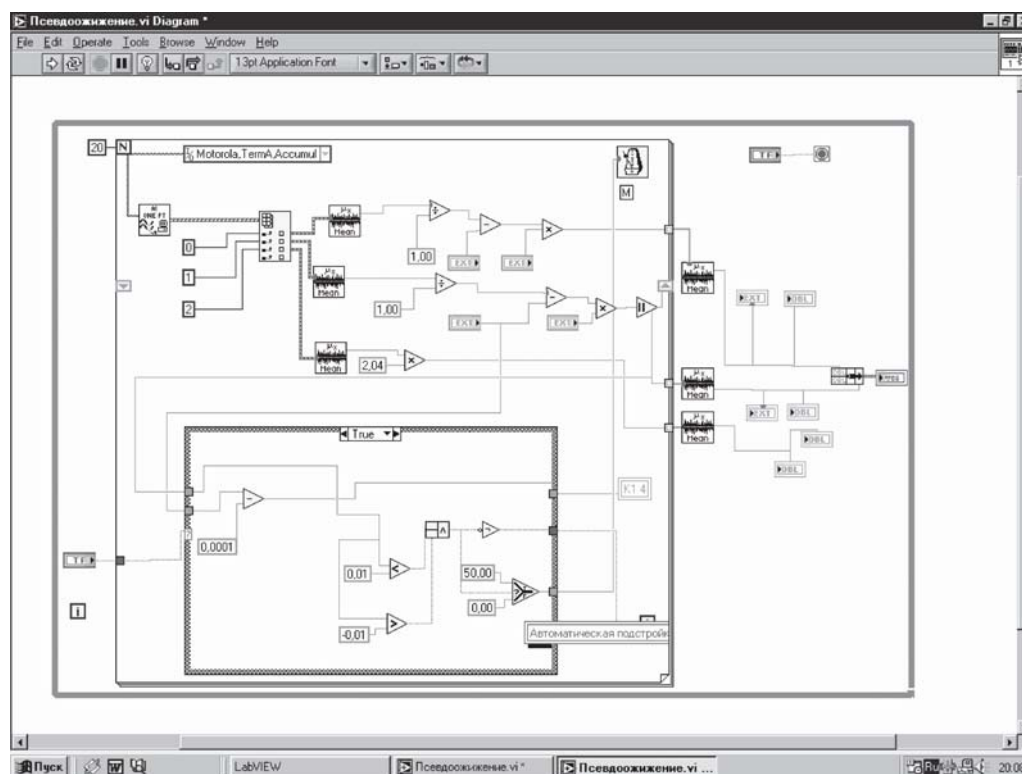


Рис. 6. Блок-схема измерительной системы

- возможность обработки поступающей информации в режиме реального времени,
- проведение преобразований и нормирование величин,
- использование различных способов представления и регистрации данных.

Итоговая зависимость $\Delta p = f(V)$ может быть также аппроксимирована полиномом n -й степени, полученные уравнения регрессии позволяют объяснить характер протекания процесса псевдооживления [6].

Установка широко используется для проведения учебно-исследовательской работы студентов и научно-исследовательской работы аспирантов.

При подключении к сети Internet работа с лабораторной установкой возможна в режиме удаленного доступа, используемого при дистанционном образовании. Выполнение лабораторной работы в режиме удаленного доступа осуществляется студентами при поддержании диалогового контакта с оператором, обслуживающим соответствующий стенд. Часть операций они могут выполнять самостоятельно.

Заключение

Информационно-управляющая система лабораторной установки, построенная с использованием аппаратных и программных средств компании «National Instruments», удовлетворяет принципам создания автоматизированных систем, и может быть легко изменена в зависимости от цели исследования.

Создание дистанционного экспериментального стенда удовлетворяет общим принципам организации доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам (принципы стандартизации, открытости, надежности), что существенно облегчает процесс информационной совместимости.

Список литературы

1. Клименчук О.А., Папуш Е.Г. Обзор способов сушки продуктов в псевдооживленном (кипящем) слое // Материалы III-й межвузовской студенческой научно-практической конференции «Окно в науку». – Пятигорск, 2002. № 15. С. 46–47.
2. Клименчук О.А., Папуш Е.Г. Использование программного обеспечения LabView для

- изучения процесса сушки в псевдоожиженном слое // Материалы V-й межвузовской студенческой научно-практической конференции «Окно в науку». – Пятигорск, 2005. №28. Ч. III. С. 84–86.
3. Малахов Н.Н., Папуш Е.Г., Горбачев Н.Б., Клименчук О.А. Опыт эксплуатации автоматических лабораторных комплексов с использованием компьютерных технологий National Instruments // Материалы Международной научно-технической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments–2003». – М., 2003. С. 29–32.
 4. Папуш Е.Г., Клименчук О.А. Автоматизация теплофизических измерений в лабораторном практикуме с использованием программного обеспечения LabView // Материалы научно-методической конференции ППС ПГТУ «Повышение качества подготовки специалистов на основе новых образовательных технологий». – Пятигорск, 2005. С. 219–220.
 5. Папуш Е.Г., Бурьяница В.И., Клименчук О.А., Калина Р.А. Совершенствование схем автоматизации сушилок с «кипящим» слоем // Сб. докл. Второй научной конференции «Управление и информационные технологии. УИТ2004». – Пятигорск: «Спецпечать», 2004. Т. II. С. 163–166.
 6. Клименчук О.А., Клименчук О.А. Использование программного обеспечения LabView для оптимизации контролируемых характеристик сушильного агента // Материалы Международной научно-технической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments–2007». – М., 2007. С. 41–42.