

**НАТАЛЬЯ БЕСЧАСТНАЯ**, научный сотрудник, Технический университет Дрездена (Германия)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОСТАБИЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ NI LABVIEW**

Стаття присвячена автоматизації експериментального стенду, функціонуючого по принципу системи кровообігу людини та виконуючого задачі для лабораторного дослідження біостабільності матеріалів, які застосовуються в біомедичній техніці.

Ключові слова: NI LabVIEW, автоматизація експерименту, біостабільність матеріалів.

Статья посвящена автоматизации экспериментального стенда, функционирующего по принципу системы кровообращения человека и служащего для лабораторного исследования биостабильности материалов, применяемых в биомедицинской технике.

Ключевые слова: NI LabVIEW, автоматизация эксперимента, биостабильность материалов.

This article describes the automation process of the experimental stand which operates like the circulatory system of the human body. This stand allows testing properties of biostability of materials in laboratory.

Key words: NI LabVIEW, experiment automation, materials biostability.

### **Введение**

Стремительное развитие биомедицинской техники, имплантологии и биомедицины ведет к созданию новых приборов и инструментов для терапии и диагностики заболеваний. Такие сложные системы как кардиостимуляторы и глазные имплантаты, предназначенные для использования в непосредственном контакте с человеческим организмом, а именно внутри него, должны оставаться надежными и выполнять свои функции на протяжении всего периода эксплуатации, который достигает для сложных имплантируемых систем 5 - 10 лет. Для достижения высокой степени надежности необходимо использование биоустойчивых материалов, сохраняющих свои свойства неизменными в контакте с биологической средой. Для определения свойств биостабильности таких материалов существует несколько методов, одним из которых является тестирование материалов с помощью искусственно созданных биологических стрессов в лаборатории.

### **Постановка задачи исследования**

Принцип исследования заключается во взаимодействии образцов материалов с искусственной биологической жидкостью (например, искусственной плазмой крови) в специально сконструированной камере стенда (см. рис. 1). Жидкость создает ламинарный поток вдоль поверхностей образцов и воздействует своим химическим составом и параметрами (температурой, давлением и скоростью потока) на исследуемый материал. Для контроля параметров в ходе эксперимента и для считывания данных с датчиков температуры, давления и скорости потока используются программно-аппаратные

средства компании National Instruments (система NI LabVIEW, коннекторный блок, плата сбора данных).

### Описание экспериментальной установки (замкнутой системы)

Экспериментальная установка, предназначенная для исследования биостабильности материалов посредством длительного взаимодействия с биологическими жидкостями или их искусственными прототипами, изображенная на рис. 1, была разработана лабораторией проф. Ю.Вольтера на факультете Электротехники и Информационной Техники Технического университета Дрездена (Германия) [1], [2]. Основным элементом схемы-модели системы кровообращения организма человека является камера, в которой образцы материалов размещаются параллельно друг к другу и подвергаются в течение эксперимента ламинарному воздействию жидкости протекающей по параллельным каналам. Динамика жидкости в системе осуществляется с помощью насоса типа VVP Process производства ISMATEC (Германия). В замкнутый цикл интегрированы датчики для измерения температуры, давления и скорости потока жидкости в системе, а также резервуар для ее накопления.

По условию эксперимента по исследованию свойств биостабильности метериалов, замкнутая система (см. рис. 1) должна непрерывно работать в течении 3-4 месяцев и поддерживать постоянными все заданные параметры. Для оценки параметров системы (температура, давление, скорость потока жидкости, ламинарность потока в камере - определяется постоянством скорости вращения насоса) был разработан программно-аппаратный комплекс для сбора, записи и передачи данных из системы в компьютер и обратно.

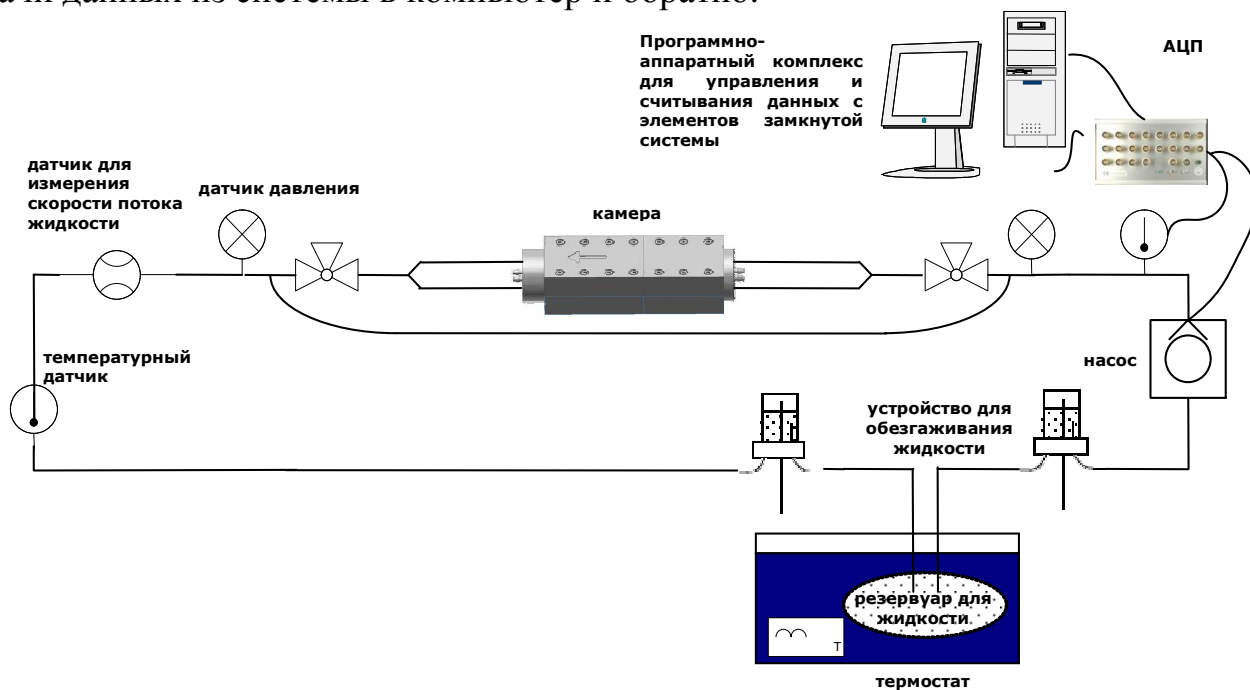


Рис. 1. Система исследования биостабильности материалов

## Автоматизация замкнутой системы

Структурная схема автоматизированной замкнутой системы для исследования биостабильности материалов изображена на рис. 2. Автоматизация системы предполагает решение следующих задач:

- 1) управление приводами насоса с целью автоматической регуляции скорости потока жидкости в системе;
- 2) сбор данных с регистрирующих датчиков (минимизация шумов и других источников систематических погрешностей измерений;
- 3) коррекция колебаний сигналов с датчиков относительно базовой линии);
- 4) представление результатов измерений в графической и цифровой форме, сохранение числовых данных в формате \*.xls, \*.doc.

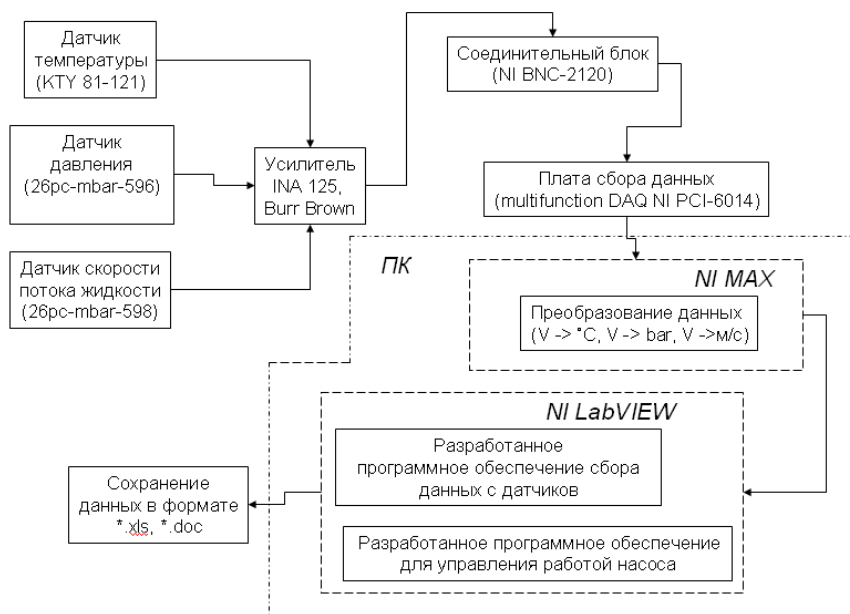


Рис. 2. Структурная схема алгоритма автоматизации сбора данных с датчиков модели системы кровообращения

помощи которого задается начальная скорость потока и давление жидкости в системе.

В связи с нестабильной работой насоса, как составной части системы, а также возможными изменениями в контуре (изменения значений давления, температуры, скорости и ламинарности потока жидкости), был разработан алгоритм саморегулирования работы системы. Данный алгоритм выполняет удаленное управление насосом (рис. 3).

Для измерения параметров и сбора данных служат три вида датчиков (2 температурных, 2 - давления и 1 - скорости потока жидкости). Так же, в систему входит АЦП-преобразователь, система сбора данных и компьютер, на котором установлена разработанная авторами статьи программа сбора и анализа данных.

Важным компонентом замкнутой системы является насос, при

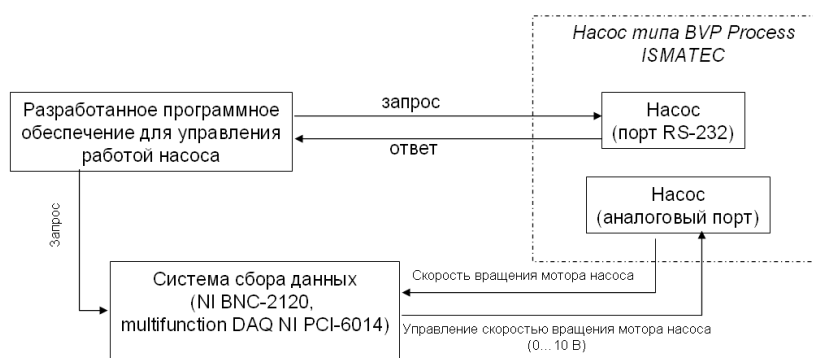


Рис. 3. Структурная схема удаленного управления работой насоса

## Разработка программного обеспечения

Для разработки программного обеспечения сбора данных с датчиков и управления работой насоса (см. рис. 4, рис. 5) использовалось программно-аппаратное обеспечение компании National Instrument. Программная разработка велась в графической среде разработки виртуальных приборов NI LabVIEW.

На рис. 4 изображена 1-я часть пользовательского интерфейса системы (панель “Измерения и настройка”). Здесь, параметр “Flow speed” задает скорость потока жидкости, которая должна поддерживаться в системе. Во время работы программы происходит сравнение заданного значения с текущим на датчике в реальном времени. График “Pump’s rotation rate, rpm” показывает зависимость изменения скорости вращения насоса от времени. График “Fluid Velocity, ml/h” показывает изменения на датчике скорости потока жидкости от времени.

На рис. 5 изображена 2-я часть пользовательского интерфейса системы (панель “Сбор данных с датчиков”). Здесь, график «Temperature, °C» показывает изменения на температурных датчиках от времени, график «Pressure P1, bar» отображает давление на первом датчике давления, а также нижний и верхний предел допустимой области изменения давления. График «Pressure P2, bar» отображает давление на втором датчике давления, а также нижний и верхний предел допустимой области изменения давления. Разработанная программа предусматривает сохранение

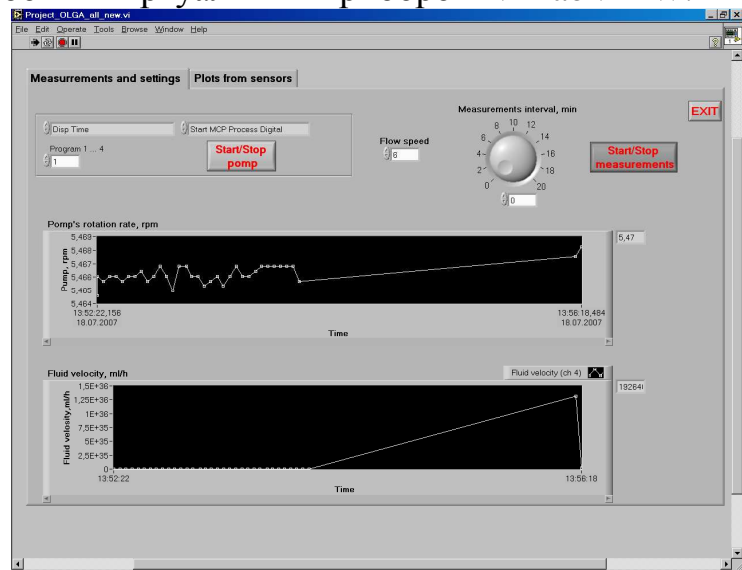


Рис. 4. Пользовательский интерфейс системы исследования биостабильности материалов на основе удаленного контроля за работой насоса и датчиков, как элементов системы (1-я часть (панель “Измерения и настройка”), все данные на графиках заданы с помощью генератора случайных чисел)

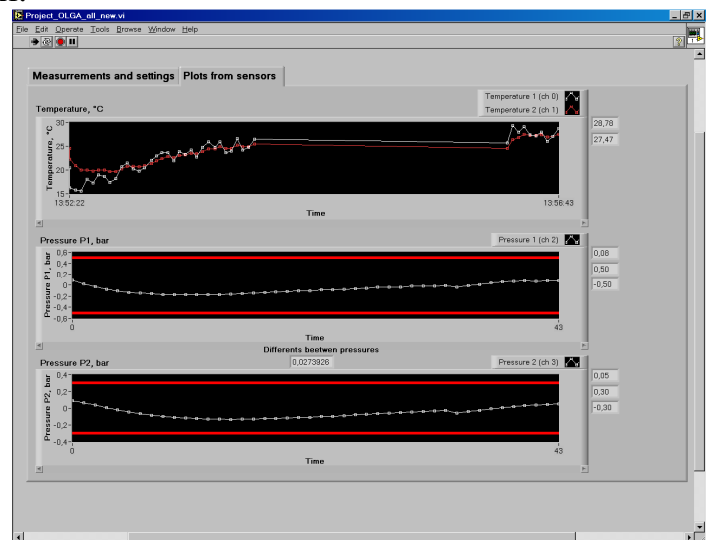


Рис. 5. Пользовательский интерфейс системы исследования биостабильности материалов на основе удаленного контроля за работой насоса и датчиков, как элементов системы (2-я часть (панель панель “Сбор данных с датчиков”), все данные на графиках заданы с помощью генератора случайных чисел)

данных полученных от датчиков в определенные моменты времени в файл форматов \*.txt или \*.xls, в зависимости от длительности измерения и последующего анализа (рис. 6, 7).

Time	Date	Temperature 1	Temperature 2	Pressure 1	Pressure 2	Fluid Velocity
16:45	09.02	24,723910	23,723910	0,029883	0,093571	0,718739
16:46	09.02	24,719737	23,719737	0,028887	0,090084	0,711751
16:47	09.02	24,723910	23,723910	0,027642	0,086847	0,704963
16:48	09.02	24,718346	23,718346	0,026957	0,083983	0,697377
16:49	09.02	24,722519	23,722519	0,026147	0,081244	0,690389
16:50	09.02	24,719737	23,719737	0,025649	0,079065	0,683401
16:51	09.02	24,719737	23,719737	0,025027	0,079065	0,676414

Рис 6. Результаты измерений в текстовом формате

Рис. 7. Результаты измерений в табличном формате (система Ms Excel)

### Результаты тестирования программного обеспечения

В результате тестирования работы разработанного программного обеспечения автоматизации замкнутой системы для исследования свойств биостабильности материалов электронной техники, были получены следующие результаты:

1) установлен нелинейный закон изменения скорости вращения насоса от напряжения на аналоговом выходе (в независимости от вида управления (автономное или удаленное)), а также уровень вращения насоса при удаленном управлении, по умолчанию, не превышает 5 В, что приводит к некорректной работе насоса (рис. 8).

Согласно документации на насос, скорость ее вращения задается в пределах 1.0 – 240.0 rpm, что соответствует 0 – 10 В. По умолчанию, эти пределы для удаленного управления через порт RS-232 составляют 0 – 5 В, причем их изменение без технического специалиста невозможно.

2) Во время тестирования программы в канале измерения скорости вращения насоса проявились шумы на уровне 0,03 Гц (колебания сигнала + 20%, рис. 9, рис.10).

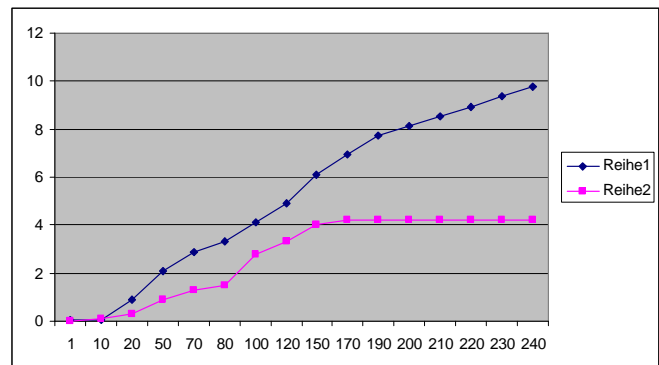


Рис. 8. График изменения скорости вращения насоса от напряжения на аналоговом выходе (Reihe 1 – измерения сняты при автономной работе насоса, Reihe 2 – измерения сняты при запуске насоса из программы)

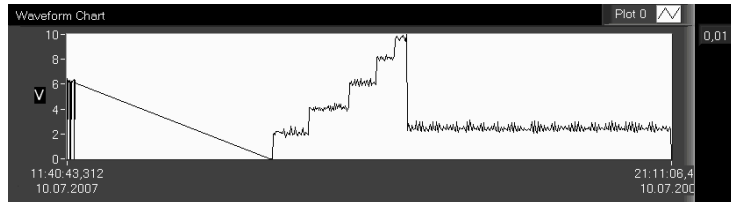


Рис. 9. График изменения напряжения на аналоговом выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени

3) Установлена временная нестабильность работы насоса

За 6 часов проведения измерения наблюдается изменение (уменьшение) скорости вращения насоса примерно на 5% (рис.10).

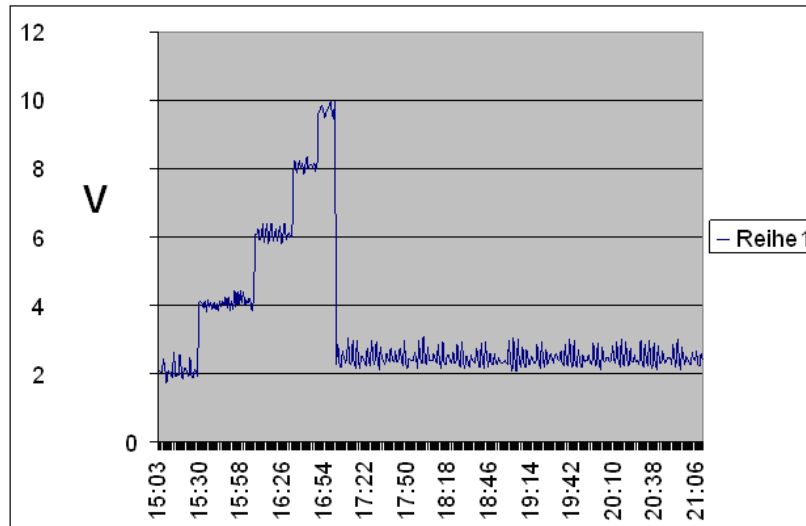


Рис. 10. График изменения напряжения на аналоговом выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени в течении 6-ти часов измерений

4) Выявленные шумовые процессы колебательной природы в сигнале были устранены с помощью подключения конденсаторов различной емкостью (от 35 мкФ до 470 мкФ и напряжением до 35 В, рис. 11 - 15).



Рис. 11. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 470 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе



Рис. 12. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 100 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе

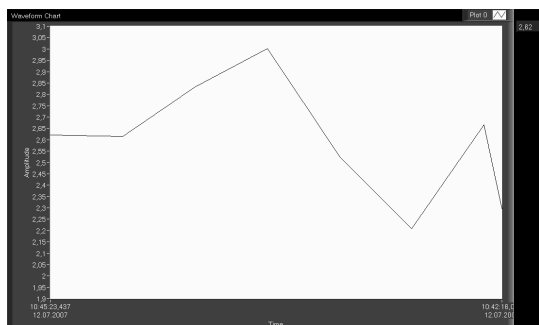


Рис.13. График изменения напряжения на выходе помпы, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 220 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе

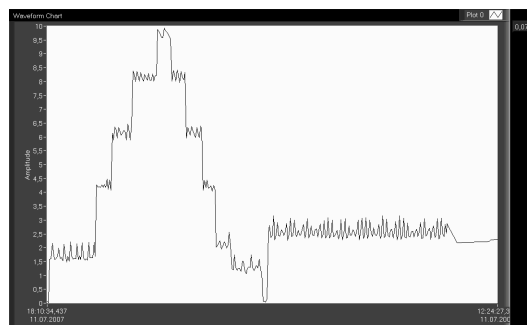


Рис.14. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 35 мкФ, измерения в течении 6 часов с варьированием скорости работы насоса

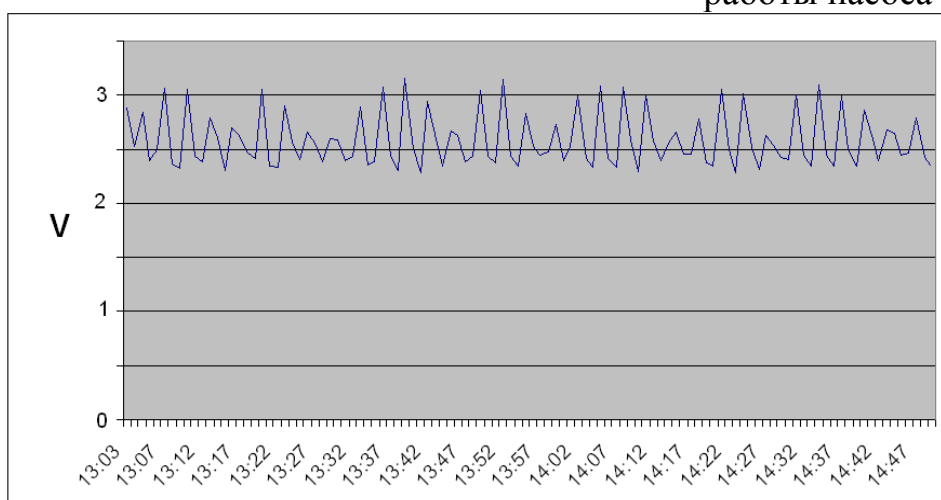


Рис.15. График изменения напряжения на выходе помпы, в канале измерения скорости вращения помпы, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 35 мкФ, при постоянной скорости вращения помпы на входе

### Выводы

Автоматизация эксперимента занимает важное место при проведении многих видов лабораторных исследований. Принятые в работе алгоритмические, программные и аппаратные решения в ходе экспериментов показали свои достоинства и применимость, а именно, выбор программно-аппаратное обеспечение компании National Instruments (NI, США), использование системы сбора данных (DAQ), ЦАП/АЦП и др., графической среды разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW. К основным преимуществам разработанной системы сбора, обработки и тестирования данных любой природы относится ее многоплатформенность, удобство эксплуатации, обеспечение высокой достоверности результатов экспериментов по исследованию биостабильности материалов применяемых в биомедицинских исследованиях и разработках.

Программное управление и автоматизация сбора данных в экспериментальной лабораторной установке позволил увеличить стабильность и

ламинарность потока жидкости по замкнутой системе, а также обеспечить контроль за характеристиками системы.

**Список литературы:** 1. Beshchasna N.: Bestimmung der hydrolytischen Biostabilität von Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik. Dissertation, Technische Universität Dresden, Themenreihe: System Integration in Electronic Packaging 11. Herausgegeben von Wolter, K.-J./ Zerna, T./ Wiese, S., 1. Auflage 10.2010. 2. Uhlemann J., Beshchasna N.: Biokompatibilität in der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik - Teil 4. Produktion von Leiterplatten und Systemen (PLUS), 1/2010, S. 180 – 203. 3. Кисельова О.Г., Герасимчук М.В. Програмні засоби обчислення нелінійних характеристик часових рядів // Журнал «Восточно-Европейський журнал передових технологій», №5/4 (47), 10.2010, ст. 49 – 52. 4. Кисельова О.Г. Досвід використання середовища розробки віртуальних приладів NI LabVIEW в навчальному процесі // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології: наука і освіта», м. Івано-Франківськ, 29.09-3.10.2010 р., ст. 102-104. 5. O. Kyselova, G. Smolianskiene, D. Adamoniene, D. Kaziukoniene, A. Romano. Use of a Virtual Instrument to Measure the Mass Concentration of Nitrogen Dioxide // Journal “American Laboratory”. ISC, USA, (August, 2010), Vol.42, No. 8 p. 29 – 35. 6. Кисельова О.Г. Розробка віртуальних лабораторій у навчальному процесі медико-інженерних спеціальностей // Сбірник праць 6-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій РТ-2010», квітень 2010, м. Севастополь, ст. 503. 7. Кисельова О.Г., Яценко В.П. Віртуальні прилади у біомедицині // Матеріали III міжнародної конференції «Актуальні проблеми біомедичної інженерії, інформатики, кібернетики і телемедицини», м. Київ, 11 – 13 березня 2010 р., ст. 93 – 96.