

**В.А. ФАРТУКОВ, М.В. ЗЕМЛЯНИКОВА, Н.В. ХАНОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва Российская Федерация

## **МЕНТАЛЬНЫЙ ПЛАТФОРМОНЕЗАВИСИМЫЙ ИНТЕРФЕЙС УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*В работе представлен платформонезависимый интерфейс, представляющий собой специальную систему программного управления трехкоординатной платформой. Трехкоординатная платформа предназначена для проведения исследований работы физических моделей гидротехнических сооружений, выполненных в масштабе, находящихся в условиях сочетания различных внешних нагрузок. Программа позволит автоматизировать исследования физических моделей гидротехнических сооружений, проводить измерения, обработку и анализ полученных данных, определять амплитудно-частотные характеристики при помощи спектрального анализа, осуществлять планирование исследований. Управление трехкоординатной платформой производится по специальной программе, составленной в G-кодах. Применение G-кодов для управления платформой очень сложно. Поэтому применение такой программы позволит проводить эксперименты в интерактивной форме. Система представляет собой специально разработанную программную надстройку по управлению трехкоординатной платформой. Программа написана на языке программирования C++, который позволяет реализовать управление платформой в режиме вопрос-ответ. В основе управления платформой находится программный пакет Mach3.*

*Трехкоординатная платформа, физическое моделирование, гидравлика, IT-технологии, сбор и обработка данных, спектральный и статистический анализ.*

**Введение.** При выполнении лабораторных исследований по изучению работы как гидротехнических сооружений в целом, так и их элементов применяются физические модели, выполненные в различных геометрических масштабах. Одновременно с проведением масштабных расчетов исследуемого сооружения проводится и масштабирование гидравлических, прочностных и других параметров, которые в последующих обработках должны соответствовать натурным значениям исследуемого сооружения. Объём проводимых исследований, их последующая обработка и интерпретация занимает большое количество времени. В такой большой и рутинной работе неизбежны просчеты, упущения, ошибки в исследованиях. Для исключения этих факторов, а также для упрощения и ускорения проведения испытания гидротехнических сооружений с использованием одновременно нескольких датчиков и приборов, с применением планирования проведения эксперимента применяется некоторая платформа, позволяющая одновременно проводить измерения нескольких интересующих величин. Выполнение условия синхронизации во времени при определении

нескольких гидравлических величин возможно только при условии согласованных между собой процессов измерений на базе единого платформонезависимого интерфейса.

**Цель работы** – создание некоторого понятного исследователю программного интерфейса, который позволит управлять исследовательской трехкоординатной платформой, на которой установлены датчики для измерения исследуемого гидротехнического сооружения.

**Материалы и метод исследования.** Рассматриваемый в данной работе интерфейс базируется на основах ментального моделирования и позволяет учесть профессиональные особенности в области гидравлических исследований гидротехнических сооружений. К таким особенностям относятся: исследования как гидростатических режимов течения водного потока, так и гидродинамическое воздействие на отдельные элементы сооружения; изучение амплитудных и частотных характеристик течения водного потока, его влияние на прочностные характеристики элементов сооружения и на его устойчивость.

Ментальное моделирование позволило определить необходимые интеллектуальные

модули интерфейса, которые делают возможной реализацию программы автоматического проведения измерения исследуемых физических величин водного потока и сооружения в целом. Определенные интеллектуальные модули включают в себя функции по сбору данных, поступающих от датчиков, установленных на модели, и находящихся под контролем платформонезависимого интерфейса. Интерфейс позволяет управлять перемещением датчиков в любое исследуемое место в трехмерном исполнении. Одновременно производится сбор и обработка поступающих от датчиков сигналов с последующей записью в базу данных.

Платформонезависимый интерфейс реализует программу, установленную исследователем по проведению испытания сооружения как в автоматическом, так и в ручном режимах управления. Одновременно с этим производится анализ результатов измерения при помощи специальных программ, установленных на компьютере. Этот же компьютер осуществляет управление трехкоординатным позиционером, который реализует программу перемещения датчиков на исследуемом сооружении, то есть соответствует плану проведения эксперимента.

Управление платформой, на которой установлены датчики, производится специальной программой, выполненной в так называемых G-кодах, которые лежат в основе программ управления многокоординатными станками с ЧПУ.

Применение этих кодов при управлении трехкоординатным позиционером неудобно и сложно. Поэтому для более удобного и понятного управления позиционером была составлена программа «дружественного» интерфейса, позволяющего учесть ментальность исследователя, а также проводить исследования с наименьшими затратами как по времени, так и по трудоемкости.

**Результаты исследований.** Результатом проведенных работ является ментальный платформонезависимый интерфейс, который позволяет исследователю составить предварительный план проведения исследований для масштабной физической модели гидротехнического сооружения, адаптировать трехкоординатный позиционер под геометрические параметры гидравлического лотка, устанавливать начальную точку отсчета позиции датчиков, установленных на модели, производить их перемещение по трем пространственным координатам

на модели, определять продолжительность «стояния» датчика на одной точке измерения, проводить замеры физических величин водного потока и его последующей обработкой, интерпретацией результатов и их хранением в базе данных эксперимента. План исполнения перемещений трехкоординатного позиционера реализуется специальными макросами с последующей генерацией G-кода, который приводит в движение позиционер.

Интерфейс предусматривает возможность подключения программы по статистическому и спектральному анализу результатов измерений. Программа работает под управлением Windows и написана на языке программирования C++ [2, 3, 4].

Управление перемещением платформой трехкоординатного позиционера производится пакетом прикладных программ Mach3, который позволяет при помощи программы LazyCam производить импорт и запись файлов форматов DXF, BMP, JPG, HPGL с генерацией G-кодов и графическим представлением на основе скриптов. Управление частотой вращения шагового двигателя, осуществляющего перемещение платформы датчиками, производится генератором импульсов, установленным в электронном модуле управления платформы [1].

Для обеспечения модульности управления возможности отдельной компиляции программ был применен язык высокого уровня C++.

Управление перемещением платформы производится командами G-кода стандартов программирования ISO 6983-1:2009, RS274D.

Программный интерфейс позволяет производить как двухмерную, так и трехмерную компьютерную графику, которая отображает на экране монитора положение платформы и ее путь движения по трем координатам. Графическая интерпретация перемещения платформы относительно гидравлического лотка осуществляется компьютерным приложением OpenGL.

На рисунке 1 представлено окно интерфейса настройки перемещения платформы относительно гидравлического лотка (рис. 1). На рисунке 2 и рисунке 3 представлен общий и узел программирования и управления трех координатным позиционером.

Последующие действия исследователя заключаются в установлении необходимых гидравлических параметров исследуемого водного потока.

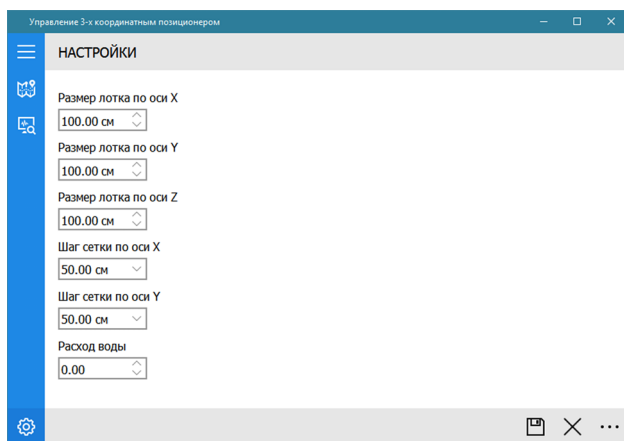


Рис. 1. Интерфейсное окно программы

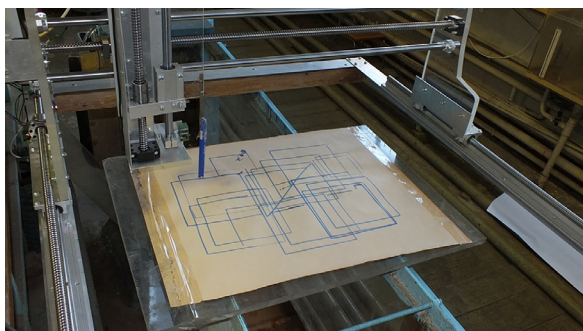


Рис. 2. Общий вид трехкоординатного позиционера

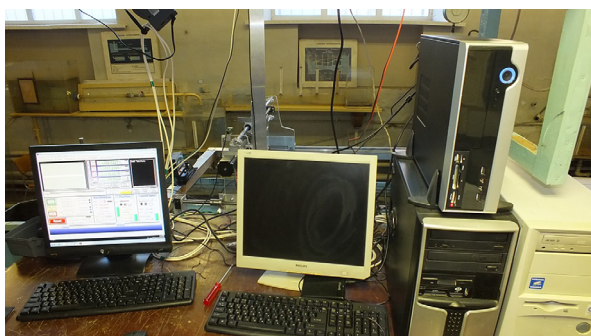


Рис. 3. Узел программирования и управления позиционером

### Выводы

Разработан ментальный платформо-независимый интерфейс, по управлению

трехкоординатной платформой, являющейся основой при проведении лабораторных исследований физических моделей сооружений. Разработанный интерфейс является программной надстройкой, осуществляющей вывод на экран трехмерной визуализации пути перемещения платформы по осям перемещения X, Y и Z в пределах исследуемого водного потока. Программа сохраняет файлы форматов DXF, BMP, JPG и HPGL.

### Библиографический список

1. Официальный веб-сайт компании Newfangled Solutions [Электронный ресурс] URL: <http://www.machsupport.com/>
2. Официальный веб-сайт компании АКТАКОМ [Электронный ресурс] URL: <http://www.aktakom.ru/>
3. Веб-сайт CppStudio [Электронный ресурс] URL: <http://cppstudio.com/>
4. Официальная документация Qt [Электронный ресурс] URL: <http://doc.qt.io/>

### Сведения об авторах

**Фартуков Василий Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехнические сооружения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Земляникова Марина Владимировна**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Прянишникова, 19; e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Ханов Нартмир Владимирович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: [vkhanov@yahoo.com](mailto:vkhanov@yahoo.com)

V.A. FARTUKOV, M.V. ZEMLYANNIKOVA, N.V. KHANOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

## MENTAL PLATFORM-INDEPENDENT INTERFACE OF CONYTOL OF LABORATORY RESEARCH OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES

*The work presents a platform-independent interface which is a special system for software control of the three-coordinate platform. The three-coordinate platform is designed to conduct studies of the physical models work of hydraulic structures made to the scale of a combination*

of various external loads. The program will allow automating the research of physical models of hydraulic structures, measuring, processing and analyzing the data obtained, determining the amplitude-frequency characteristics using spectral analysis and carrying out research planning. Control of the three-coordinate platform is carried out according to a special program made up in G-codes. Using G codes to control the platform is difficult. Therefore, the use of such a program will allow conducting experiments in an interactive form. The system is a specially developed software add-on for managing a three coordinate platform. The program language is in the C++ which allows you to implement platform management in the question-answer mode. The platform management is based on the Mach3 software package.

*Three-coordinate platform, physical modeling, hydraulics, IT technology, data collection and processing, spectral and statistical analysis.*

### References

1. Ofitsialny web-sait kompanii Newfangled Solutions [Elektronny resurs]
2. Ofitsialny web-sait kompanii AKTAKOM [Elektronny resurs] URL: <http://www.aktakom.ru/>
3. Web-sait CppStudio [Elektronny resurs] URL: <http://cppstudio.com/>
4. Ofitsialnaya dokumentatsiya Qt [Elektronny resurs] URL: <http://doc.qt.io/>

The material was received at the editorial office  
24.01.2020

### Information about the authors

**Fartukov Vasilij Alexandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor

of the department of Hydrotechnical Structures, «Russian state agrarian University— MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, 12550, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Zemlyannikova Marina Vladimirovna**, candidate of technical sciences, professor of the department «Hydrology, hydrogeology and regulation of flow», FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Moscow, 12550, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Khanov Nartmir Vladimirovich**, doctor of technical sciences, head of the department of hydrotechnical structures; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, st. B. Academicheskaya, 44; e-mail: [vkhanov@yahoo.com](mailto:vkhanov@yahoo.com)

УДК 502/504:627.82.034.93

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-69-74

**В.Я. ЖАРНИЦКИЙ<sup>1</sup>, Е.В. АНДРЕЕВ<sup>1</sup>, С.В. КОВАЛЬ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», РУТ (МИИТ) г. Москва, Российская Федерация

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕМЕНТЫ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПРИ ВЗРЫВНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

*В связи с большим количеством бесхозных и находящихся в аварийном состоянии гидротехнических сооружений на территории Российской Федерации объективно возрастает угроза техногенного характера в потенциально затопляемых территориях. Актуальной задачей в этой связи становится совершенствование мероприятий по предупреждению и анализу риска аварий на сооружениях такого класса. В связи с отсутствием охранных мероприятий такие сооружения могут стать объектом интересов террористических групп, потому как не требует больших ресурсов по выводу их из строя или полному разрушению, а последствия от разрушения таких объектов будут катастрофическими. В результате бризантного, фугасного, осколочного воздействия взрыва или падения летательного аппарата могут быть разрушены или частично повреждены напорные элементы плотин.*

*Гидротехническое сооружение, разрушение гидротехнического сооружения, динамическое воздействие, протяжённые сооружения, оценка воздействия, прогнозирование воздействия, напорные элементы плотин*