

Underground structures, geological environment, geodynamic monitoring, seismic logging, ultrasonic logging, seismic tomography, geodesic method, geotechnical method, geophysical method.

References

1. Kozyrev A.A., Kalashnik A.I., Kasparyan E.V., Savchenko S.N. Kontseptsiya organizatsii geodinamicheskogo monitoring neftegazovykh objektov zapadnogo sektora rossijskoj Arktiki // Vestnik MGTU. 2011. T. 14. № 3. S. 587-600.
2. Complexnye inzhenerno-geofizicheskie issledovaniya pri stroiteljstve hidrotehnicheskikh sooruzhenij / Pod red. A.I. Savicha, B.P. Kuyundjicha. M.: Nedra, 1990. 463 s.
3. Kotenkov Yu.K., Fedulov A.K. Sovremennoe sostoyanie i zadachi naturnyh issledovaniy podzemnyh hidrotehnicheskikh sooruzhenij // Energeticheskoe stroiteljstvo. 1990. № 1. S. 41-43.

The material was received at the editorial office
03.03.2017

Information about authors:

Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich, chief engineer of design – survey institute “Tajik energy project”; 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; Email: davlatshoev_s@mail.ru; tel. +7 (992) 989 991 924.

Nazirov Jamshed Abdulvokhidovich, Head of Design – survey institute “Tajik energy project”; 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; Email: nazirov-69@mail.ru; tel. +7 (992) 989 990 044.

Kozlov Dmitriy Vyacheslavovich, Doctor of sciences, professor, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev. +7 (499) 976-21-56; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

УДК 502/504:532.5:551.482.215

В.А. ФАРТУКОВ

Закрытое акционерное общество ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации» BSM, г. Москва, Российская Федерация

М.В. ЗЕМЛЯНИКОВА

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

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРАВЛИКИ ГТС

Целью исследования являлась разработка пользовательского интерфейса для управления трехкоординатным позиционером при проведении исследований гидравлики водного потока гидротехнических сооружений. В работе представлена программа, являющаяся надстройкой над специальной программой управления трехкоординатным позиционером. Позиционер предназначен для проведения исследований гидравлических режимов работы гидротехнических сооружений (ГТС). Необходимость в разработке такой системы определяется автоматизацией выполнения лабораторных исследований гидравлики ГТС, составления плана проведения измерений параметров водного потока, обработкой и предварительным анализом полученных результатов. В состав системы входят дополнительные модули, которые осуществляют обработку результатов измерений. Эти модули представлены виртуальными измерительными приборами в виде компьютерных программ, входящих в состав программы управления позиционером. Управление трехкоординатным позиционером осуществляется специальной программой, работающей на G-кодах. Управление позиционером на основе G-кодов неудобно и неэффективно. Поэтому наличие такой подпрограммы, которая позволит исследователю проводить лабораторные исследования в привычной ему среде, крайне желательно. В результате исследования имеет универсальную роботизированную измерительную установку, которой максимально просто и удобно управлять.

Трехкоординатный позиционер, лабораторные исследования гидравлики, подсистема ИТ-технологий управления, сбор и обработка данных с датчиков.

Введение. При решении различных исследовательских задач, связанных с определением гидродинамических на-
грузок на элементы конструкций гидротехнических сооружений и на все сооружение в целом, необходимо проводить большое

количество измерений гидравлических параметров водного потока (скорость, давление, их пульсации и др.) с целью определения степени надежности и безопасности исследуемых объектов. Для решения поставленных исследователем задач необходимо одновременное применение большого количества приборов, которые должны в реальном масштабе времени производить измерения, сбор, обработку, хранение данных об изучаемом процессе в широком диапазоне начальных и граничных условий. Такой объем исследовательской работы является рутинным и требует много времени на выполнение намеченного плана исследований.

Рассматриваемый в статье комплекс предназначен для проведения исследований работ моделей конструкций гидротехнических сооружений, находящихся под воздействием гидродинамических нагрузок, в лабораторных условиях на гидравлическом лотке. Поэтому целью исследования является разработка пользовательского интерфейса для управления трехкоординатным позиционером, который позволит роботизировать процесс проведения исследований гидравлических режимов течения водного потока гидротехнических сооружений.

Материал и методы. Для решения поставленной задачи применена технология управления токарно-фрезерным станком, имеющим шесть степеней свободы управления. В основе управления работой шаговыми двигателями, которые осуществляют перемещение рабочего органа по трем координатам (X, Y, Z), находится специальное программное обеспечение [1, 3]. Оно было применено для управления специально разработанной и собранной конструкции трехкоординатного позиционера.

Для реализации поставленных задач используется метод адаптации специальных машинно-ориентированных пакетов прикладных программ, которые позволяют объединить функции управления трехкоординатным позиционером с функциями сбора и обработки сигналов, поступающих от измерительных приборов, в едином пользовательском интерфейсе.

Результаты и обсуждения. Комплекс состоит из трех основных подсистем:

- подсистема регистрации показаний датчиков, установленных на позиционере;

- трехкоординатный позиционер, позволяющий перемещать и устанавливать платформу с датчиками в любом месте исследуемого водного потока или конструкции сооружения;

- подсистема автоматизированного контроля и управления расходом воды в гидравлическом лотке.

Трехкоординатный (X, Y, Z) позиционер позволяет проводить исследования режимов течения жидкости, нагрузок на исследуемое сооружение, волновых процессов и других нагрузок по заранее подготовленному исследователем плану проведения эксперимента.

Позиционер осуществляет перемещение платформы, на которую устанавливается необходимый для проведения исследования набор датчиков. Управление позиционером и обработка сигналов, поступающих с датчиков, производятся с помощью специализированных программ, установленных на компьютере входящего в состав позиционера.

Для выполнения планов исследований необходимо применять специальные программы на G-коде (язык программирования), чтобы обеспечить перемещение платформы позиционера с датчиками в нужные точки потока и проведение измерений. Такое управление позиционером является крайне неудобным и неэффективным.

Для решения проблемы была поставлена задача разработки программы, которая являлась бы надстройкой над существующей специальной программой управления позиционером, что позволит роботизировать исследования гидравлических режимов работ моделей гидротехнических сооружений, установленных в гидравлических лотках. В результате исследователь получает возможность при составлении плана проведения исследований (измерений) подстраивать позиционер под геометрические размеры гидравлического лотка, в котором проводятся исследования, устанавливать координаты точек водного потока, в которые необходимо будет переместить платформу с датчиками, а также время нахождения в каждой из этих точек. На основе такого плана программа генерирует нужный G-код и создаст специальный файл-макрос.

При загрузке данного файла G-код распознает все необходимые для выполнения плана команды, которые передают-

ся драйверам шаговых двигателей позиционера на исполнение.

В интерфейсе разработанной программы предусмотрена возможность перехода к программному пакету (виртуальный измерительный прибор), который осуществляет измерение, регистрацию и анализ показаний датчиков с последующей обработкой результатов измерений.

Программа управления трехкоординатным позиционером создана на языке программирования C++ с применением кроссплатформенного инструментария Qt, необходимого для создания пользовательского интерфейса. Управление движением позиционера осуществляется при помощи программного пакета Mach3 (рис. 1).

В возможности Mach3 входят [1]:

- управление 6-координатами;
- импорт DXF, BMP, JPG, HP-GL-файлов и генерирование файлов УП G-кодов с помощью программы LazyCam, входящей в пакет;
- трехмерная графическая визуализация УП G-кодов;
- создание пользовательских M-кодов и макросов на основе VB-скриптов;
- управление частотой вращения двигателей;
- многоуровневое релейное регулирование;
- применение ручных генераторов импульсов (MPG);
- окно видеонаблюдения за ходом обработки.

Регистрация измерений и показаний датчиков, их анализ производятся анализатором спектра компании «АКТАКОМ», в комплект которого входит специальное программное обеспечение (рис. 2), осуществляющее обработку результатов измерений [2].

Для разработки программы был выбран язык C++, поддерживающий такие парадигмы программирования, как процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование, обобщенное программирование, модульность, отдельную компиляцию, обработку исключений, абстракцию данных, объявление типов (классов) объектов, виртуальные функции [3, 4].

Язык программирования C++ – один из самых известных и широко используемых языков программирования. Выбор именно C++ был обусловлен во многом тем, что

он является универсальным, имеет широкое распространение и обширную базу прикладных программ.

Для компиляции программы использовался Microsoft Visual C++ (MSVC), входящий в состав Microsoft Visual Studio 2013.

Управление перемещением позиционера осуществляется при помощи команд, записанных в виде так называемого G-кода. G-код – условное наименование языка программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ) [3]. Он был создан компанией Electronic Industries Alliance в начале 1960-х гг., окончательная доработка была одобрена в феврале 1980 г. как стандарт RS274D. Комитет ISO утвердил G-код как стандарт ISO 6983-1:2009, Госкомитет по стандартам СССР утвердил его как ГОСТ 20999-83. Используется G-код в качестве базового подмножества языка программирования, который может быть расширен по своему усмотрению.

Программа, написанная с использованием G-кода, имеет «жесткое» строение. Все команды управления объединяются в кадры – группы, состоящие из одной или более команд.

Для осуществления вывода на экран трехмерной визуализации пути перемещения позиционера, его наглядного представления по трем координатным осям X, Y и Z в пределах исследуемого водного потока в гидравлическом лотке разработан программный интерфейс, использующий двумерную и трехмерную компьютерную графику.

Для реализации этой задачи и составления приложений был выбран язык программирования OpenGL (Open Graphics Library), определяющий платформенно-независимый программный интерфейс [5]. Языковая среда Qt позволяет работать с функциями OpenGL напрямую и использовать специфическую для Qt «надстройку» над OpenGL – Qt3D. Однако «надстройка» Qt3D – относительно новый компонент в Qt, и по сравнению с OpenGL он задокументирован хуже. Применение OpenGL позволило выйти за рамки Qt и перейти к применению программному языку Vulkan, который является продолжением OpenGL и обеспечивает более высокую производительность.

В первую версию программы не включена трехмерная визуализация переме-

щения позиционера. На начальном этапе создан прототип, при котором путь перемещения происходит на основе двухмерной

графики, а функциональность, связанная с осью Z (глубиной), реализована через всплывающие контекстные меню.

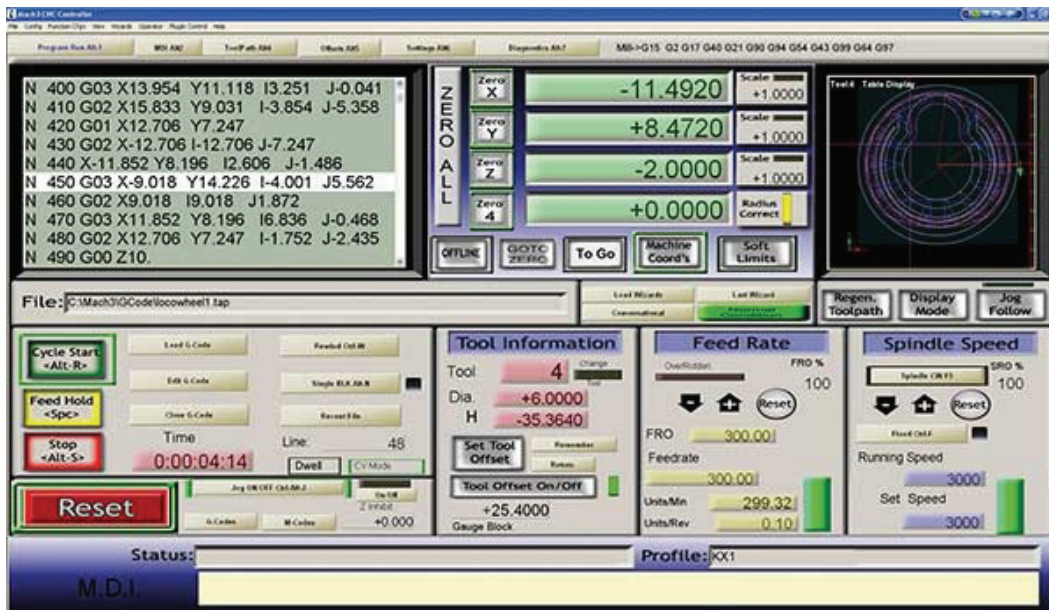


Рис. 1. Пользовательский интерфейс Mach3

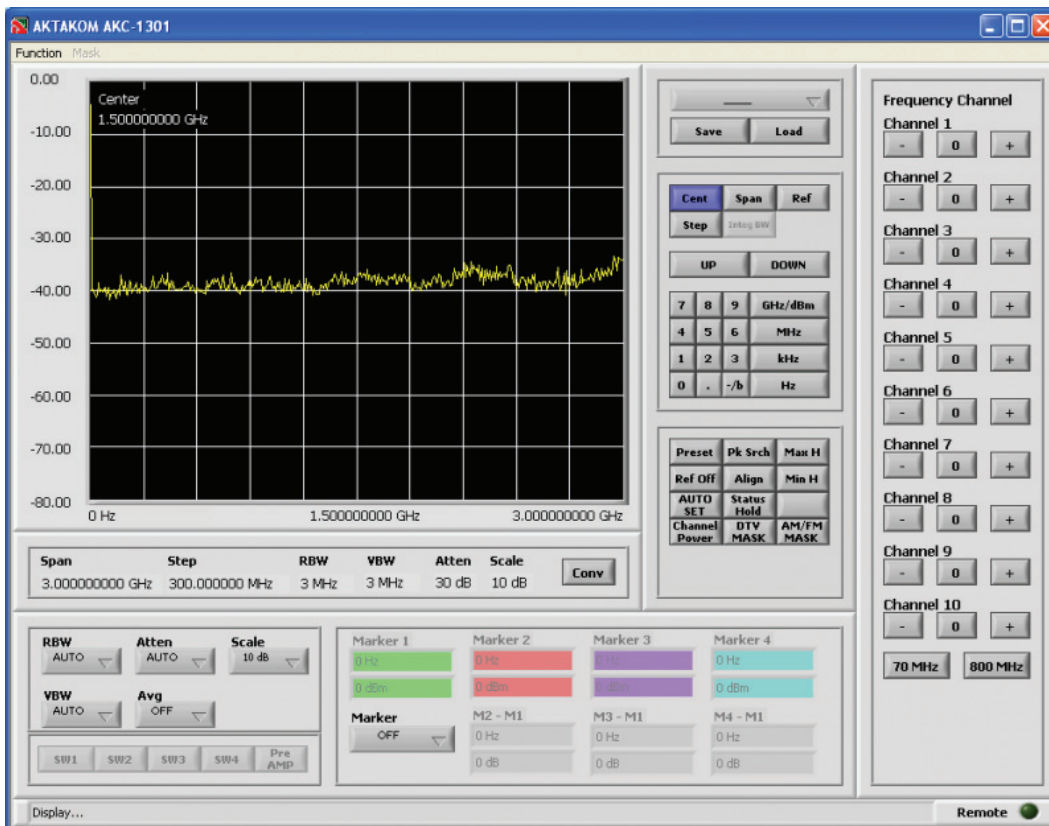


Рис. 2. Вид панели анализатора спектра «АКТАКОМ»

То, как выглядит главное окно в первом прототипе программы, изображено на рисунке 3.

На вкладке «Настройки» (рис. 4) вводятся геометрические размеры гидравлического лотка, шаг сетки с ключевыми точками;

вводится величина расхода воды в гидравлическом лотке. Введенная величина установленного расхода воды в лотке контролируется специальным модулем, входящим в состав универсального измерительного комплекса. На рисунке 4 представлен вид вкладки.

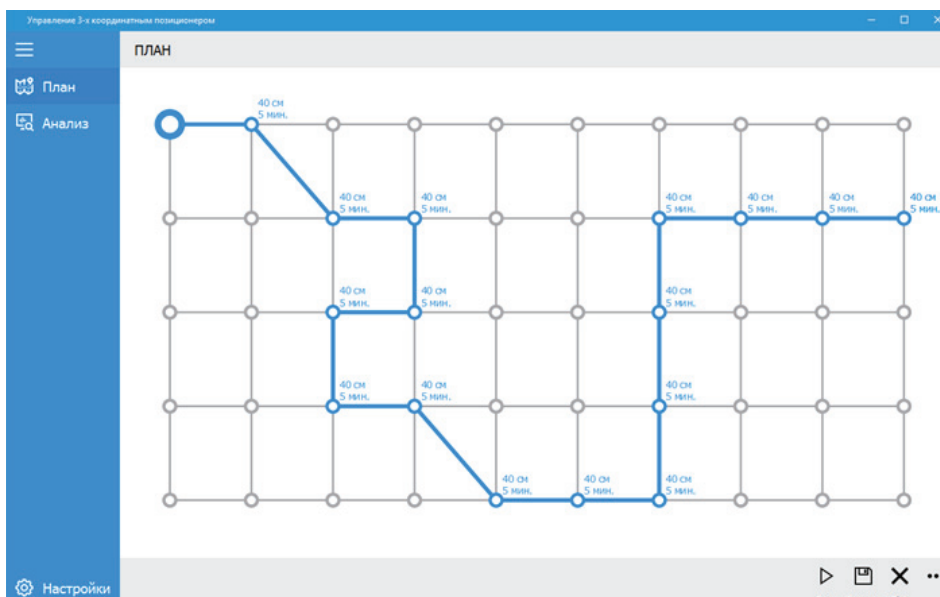


Рис. 3. Главное окно программы

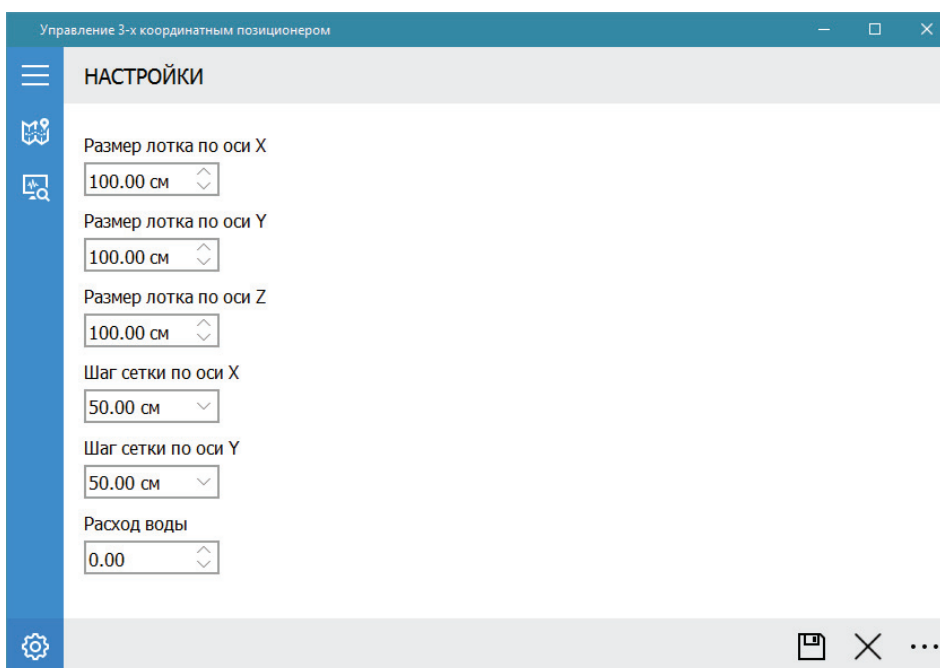


Рис. 4. Вкладка «Настройки»

Выводы

Результатом проделанной работы стала программа, предназначенная для облегчения управления трехкоординатным позиционером, применяемым в гидравлических лабораториях. Программа адаптирована под существующее программное обеспечение и позволяет перемещать установленные на позиционере датчики в любое место исследования водного потока с точностью до 1 мм, осуществлять программирование траектории движения датчиков, производить необходимые измерения режима течения водного потока и статистическую и спектральную обра-

ботку поступающих с датчиков сигналов в реальном масштабе времени, а также хранение и отображение результатов исследований. Выполнение всего комплекса исследовательских работ может выполняться как в ручном управлении, так и в запрограммированном (роботизированном) режиме. Разработан простой и понятный пользовательский интерфейс, позволяющий осуществлять планирование проводимого эксперимента и выполнение исследований гидравлических режимов течения воды. Освоение управлением системой не составляет особого труда для исследователей и просто в освоении.

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. Darxton [Электронный ресурс] URL: <http://www.darxton.ru/> 4. Веб-сайт CppStudio [Электронный ресурс] URL: <http://cppstudio.com/>
5. Официальная документация Qt [Электронный ресурс] URL: <http://doc.qt.io/>

Материал поступил в редакцию 21.03.2017 г.

V.A. FARTUKOV

Close corporation «Bureau of service and operation», BSM, Moscow, Russian Federation

M.V. ZEMLYANNIKOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian University-MAA named after K.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

CONTROL SYSTEM FOR DATA COLLECTION AND ANALYSIS OF LABORATORY RESEARCH OF HYDRAULICS HTS

The aim of the work is the development of a user interface for the control of a three-coordinate positioner when conducting hydraulics research of the water flow of hydraulic structures. In this paper we present a program that is an add-on for a special control program for a three-position positioner. This positioner is intended for research of hydraulic operating modes of hydraulic structures (HTS). The need for the development of such a system is determined by the automation of the performance of laboratory hydraulic studies of hydraulic structures, the development of a plan for measuring parameters of the water flow, processing and preliminary analysis of the obtained results. The system includes additional modules that process the results of measurements. These modules are represented by virtual measuring devices which are represented in the software form included in the program of positioner control. The three coordinate positioner is controlled by a special program running on G-codes. Controlling the positioner based on G-codes is inconvenient and inefficient. Therefore, the existence of such a subprogram which will allow the researcher to conduct laboratory research in his usual environment is highly desirable. As a result, the researcher has a universal robotic measuring unit which is as simple and convenient to operate as possible.

Three-coordinate positioner, laboratory research of hydraulics, subsystem IT management technologies, collection and processing of data from the sensor.

References

1. Official website of Newfangled Solutions [Electronic resource] URL: <http://www.machsupport.com/>
2. The official website of ACTACOM [Electronic resource] URL: <http://www.aktakom.ru/>
3. Darxton [Electronic resource] URL: <http://www.darxton.ru/>
4. Website of CppStudio [Electronic resource] URL: <http://cppstudio.com/>
5. Official Qt documentation [Electronic resource] URL: <http://doc.qt.io/>

The material was received at the editorial office
21.03.2017

Сведения об авторах

Фартуков Василий Александрович, кандидат технических наук, доцент, генеральный директор ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации» «BSM», 119330, г. Москва, ул. Мосфильмовская, д.176; тел.: 8(916) 653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru

Земляникова Марина Владимировна, кандидат технических наук, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; тел.: 8(910) 404-84-21; e-mail: vasfar@mail.ru

Information about the authors

Fartukov Vasilij Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor, general director of LLC «Bureau of service and operation», «BSM», 119330, Moscow, ul. Mosfilmovskaya, d. 176; tel.: 8(916) 653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru

Zemlyannikova Marina Vladimirovna, Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian University – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow Ph.D., Professor 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel.: 8(910) 404-84-21; e-mail: vasfar@mail.ru