

Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: ivglazunova@mail.ru.

Sokolova Svetlana Anatoljevna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Complex use of

water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

УДК 502/504:551.482.215

В. А. ФАРТУКОВ

Закрытое акционерное общество «Бюро сервиса и эксплуатации», г. Москва

М. В. ЗЕМЛЯНИКОВА

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

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНОГО ПОТОКА

Настоящая работа посвящена применению инновационных технологий для проведения гидродинамических исследований различных режимов течения воды в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Установлено, что в случае установившегося режима поступления расхода воды в нижний бьеф в области прыжка всегда будет иметь место неустановившийся колебательный режим течения, который образует волны с характерной амплитудой и длиной. Целью работы является изучение и расчет параметров неустановившегося колебательного режима течения в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Результаты решений ориентированы на определение параметров водного потока для последующего сравнения с расчетными величинами, полученными аналитическим методом. Представлена концепция проведения гидродинамических исследований нестационарного режима водного потока. Разработан алгоритм проведения исследований. Осуществлен подбор приборов, модулей, датчиков и их согласование для совместной работы при проведении измерений. Разработана программа сбора и обработки данных, поступающих от измерительного оборудования, осуществлена адаптация стандартного программного обеспечения для ввода в персональный компьютер. Применен инновационный способ определения колебания уровня водной поверхности и структуры водного потока.

Гидродинамические исследования, колебательный режим, инновационные технологии, нижний бьеф, параметры водного потока, измерительный комплекс, интеллектуальный анализ, экспериментальные исследования.

Введение. Наличие различных режимов водного потока исследуется с давних времен, однако, и в настоящее время этот вопрос остается актуальным. Актуальность вопроса обуславливается снижением стоимости производства работ при строительстве (ремонте, восстановлении) различных водопропускных сооружений, а также повышении их надежности. В публикациях ряда авторов, например [1, 2, 7], отмечалось наличие в открытых водных потоках колебаний скорости и расхода с характерными периодами $T = 1/5 \dots 1/30$ Гц [2]. Одновременно в этих работах [1, 2] приведен анализ уравнений одномерной гидравлической

идеализации, в результате которого доказано существование колебательного режима течения и приведено выражение для определения периода колебаний:

$$T = 2\pi C \sqrt{R} / g \sqrt{(I - i_0)},$$

где T – период колебаний, с.; C – коэффициент Шези, $m^{0.5}/c$; R – гидравлический радиус, м; I – уклон водной поверхности; i_0 – уклон дна.

Неустановившийся колебательный режим течения и уравнение сопряженных глубин имеют место только в случае увеличения периода временного сглаживания. Этот колебательный режим порожден трением на границе «жидкость – омываемая твердая поверхность». В зоне прыжка,

как и во всех других случаях отрывных течений, имеет место макротурбулентность с характерным временным масштабом T_m , который больше временного масштаба T_n , отвечающего обычному уравнению турбулентности без отрывных течений.

Полученное нами нелинейное дифференциальное уравнение показывает, что энергия рассеивается при больших амплитудах и генерируется при малых, при этом образуются предельные циклы, которые колеблются около состояния, при котором приток и диссипация энергии сбалансированы [3, 4].

$$\left[\frac{d^2 \zeta}{dt^2} - \mu^2 \cdot \left[4 \cdot \frac{\zeta \cdot \left(\frac{d \zeta}{dt} \right)^2}{9} \right] - 5 \cdot \frac{\zeta^2}{36} + \frac{\zeta}{18} - \mu \frac{3}{2} \right]$$

$$+ 4 \cdot \frac{(h_{кр})^{\frac{3}{2}}}{3 \cdot \left(\frac{d \zeta}{dt} \right)} + \mu \cdot \left[\frac{\zeta}{3} + 4 \cdot \left(\frac{d \zeta}{dt} \right) \right] = 0$$

Наличие таких предельных циклов приводит к образованию бифуркаций векторных полей в структуре течения воды для случая прыжкового сопряжения бьефов гидротехнических сооружений.

В целях проверки правильности постановки задачи и полученных результатов аналитических исследований была разработана и собрана экспериментальная установка.

Материалы и метод исследований. Решение этой задачи осуществлялось путем проведения исследований физической модели гасителя энергии водного потока (водобойный колодец) в нижнем бьефе гидротехнического сооружения с применением измерительного комплекса. В основе измерительного комплекса лежит принцип взаимодействия приборов: измерительных модулей, преобразователей и датчиков, объединенных системой прямой и обратной взаимосвязями (рис. 1). Общй принцип проведения экспериментальных исследований базируется на интеллектуальном анализе полученных данных (data mining). В основе метода data mining лежат методы классификации, моделирования и прогнозирования. Способы реализации метода представляют собой деревья решений, искусственные нейрон-

ные сети, эволюционное программирование ассоциативной памяти и нечеткой логики.

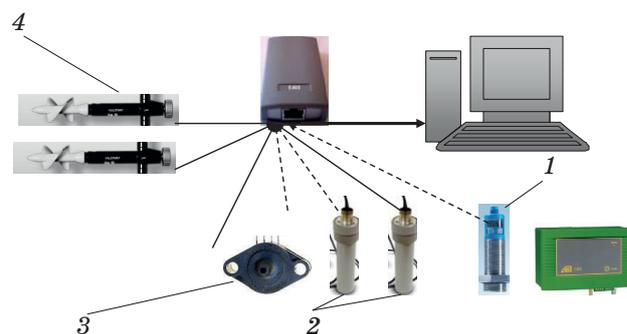


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса: 1 – барботажный уровнемер; 2 – ультразвуковой измеритель уровня; 3 – дифференциальный датчик давления; 4 – микровертушки со скоростью V (м/с)

Используемый нами метод интеллектуального анализа экспериментальных данных представляет собой нейросетевую архитектуру, которая базируется на применении двунаправленной ассоциативной памяти, предложенной Барта Коско [5]. Метод базируется на модели гетеро ассоциативной памяти, в которой запоминаются ассоциации между парами образов, в нашем случае реализации записи гидродинамических параметров, скорости и глубины водного потока, гидравлического уклона. Запоминание происходит так, что при предъявлении нейронной сети одного из образов (записи реализаций), восстанавливается второй член пары, т. е. другая запись реализаций.

На подготовительном этапе определялось положение основного створа, которое с учетом характера движения воды обеспечит автомодельность величины уклона по отношению к длине базы измерения. Далее на основе серий долговременных экспериментов, во время которых проводились измерения колебаний скорости потока на входе, определялись собственные колебания и частотные шумы гидравлической установки. После проведенных подготовительных работ производилась запись исследуемого гидродинамического процесса для различных значений чисел Рейнольдса и Фруда и различных сочетаний гидравлических и геометрических параметров.

Статистическая надежность результатов достигалась продолжительностью

записи процесса. Уклон водной поверхности измерялся дифференциальным манометром с базовым расстоянием не менее 1,0 метра.

Скорость водного потока измерялась микровертушкой, с дискретностью от 1,0...5,0 с. Измерения уровня водной поверхности осуществлялись высокочувствительным барботажным уровнемером с дискретностью не менее 5,0 с. или высокочувствительным ультразвуковым уровнемером.

На подготовительном этапе анализа гидродинамических временных рядов определялись аномальные значения, которые впоследствии заменялись их средними значениями. При дальнейшей обработке определялся тренд, и в случае его выявления он удалялся, с последующим центрированием всего временного ряда. Устранение случайных помех осуществлялось методом скользящего среднего или экспоненциально взвешенного сглаживания. Для всех экспериментальных рядов рассчитывались функции распределения плотности вероятности и спектрограммы.

После расчета спектральной характеристики, иногда, возникала необходимость в решении задачи рассеяния. Это связано с тем, что ординаты спектрограммы являются случайными величинами, следовательно, образуется множество хаотических пиков. Для решения задачи рассеяния определялись частоты с наибольшими спектральными плотностями, т. е. частотные области, состоящие из многих близких частот, вносящие наибольший вклад в периодическое поведение всего ряда, т. е. являющиеся энергонесущими. Рассеяние устранялось путем сглаживания значений осциллограммы с помощью преобразования средневзвешенного скользящего.

Для всех реализаций вычислялась плотность распределения скорости, которая, при наличии в процессе регулярной низкочастотной периодической составляющей, является двух модальной. Действительно, как показано в [6], при возникновении автоколебаний функция распределения становилась двух модальной с максимумами, соответствующими наиболее часто появляющимся величинам.

Результат исследований. Данный информационно-измерительный комплекс позволяет решить сложные задачи по

обработке и регистрации гидродинамических характеристик нестационарности водного потока. На рисунке 2 представлена схема экспериментальной гидравлической установки исследования нестационарного режима водного потока.

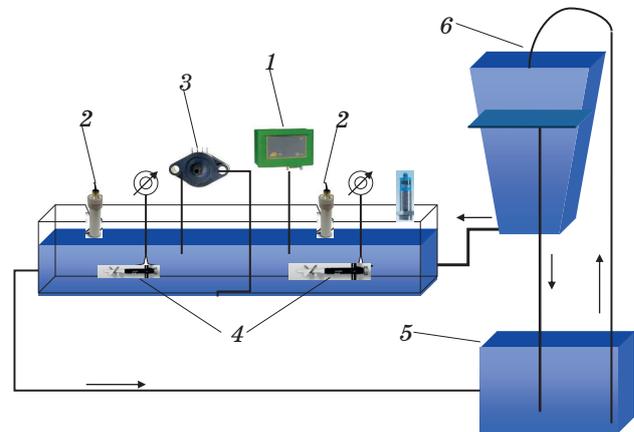


Рис. 2. Схема экспериментальной гидравлической установки исследования нестационарности водного потока и расположения контрольно-измерительного оборудования: 1 – барботажный уровнемер; 2 – ультразвуковой измеритель уровня; 3 – дифференциальный манометр-уклономер; 4 – микровертушки; 5 – подача воды в бак; 6 – сброс воды в резервуар

Выводы

Представлена концепция проведения гидродинамических исследований нестационарного режима водного потока.

Разработан алгоритм проведения исследований.

Осуществлен подбор приборов, модулей, датчиков и их согласование для совместной работы при проведении измерений. Разработана программа сбора и обработки данных, поступающих от измерительного оборудования, осуществлена адаптация стандартного программного обеспечения для ввода в персональный компьютер. Применен инновационный способ определения колебания уровня водной поверхности и структуры водного потока.

Библиографический список

1. Коваленко В. В. Измерение и расчет характеристик неустановившихся речных потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 160 с.

2. Коваленко В. В. Нелинейные аспекты частично инфинитного моделирования в эволюционной гидрометеорологии. – С.-Пб.: РГГМУ, 2002. – 158 с.

3. Земляникова М. В. Фартуков В. А. Обобщенные нелинейные уравнения локальной нестационарности // Экологическая устойчивость природных систем и роль природообустройства в ее обеспечении: сб. материалов конференции. – М.: МГУП, 2003. – С. 136–137.

4. Земляникова М. В. Фартуков В. А. Качественная оценка динамической системы нелинейных колебаний прыжкового сопряжения бьефов // Роль природообустройств в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем: материалы междунар. конференции. – Ч. 1. – М.: МГУП, 2006. – С. 398–401.

5. Blackman R. V., Tukey J. The measurement of power spectral from the point of view of communication engineering. – New York: Dover, 1958.

6. Коваленко В. В. Моделирование гидрологических процессов. – С.-Пб.:

Гидрометеиздат, 1993. – 256 с.

7. Илларионов А. В. Информационно-измерительный комплекс для экспериментальных исследований квазипериодических явлений в открытых водных потоках (Электронный ресурс). – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/164.pdf> (Дата обращения 10.03.2016).

Материал поступил в редакцию 10.03.2016.

Сведения об авторах

Фартуков Василий Александрович, кандидат технических наук, доцент; генеральный директор ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации»; 119330, г. Москва, ул. Мосфильмовская, д. 17 Б; тел.: +7-916-653-17-59; e-mail: 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, ул. Прянишникова, д.19; тел.: +7-910-404-84-21.

V. A. FARTUKOV

ZAO (Close Corporation) «Bureau of service and operation», Moscow

M. V. ZEMLYANNIKOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

INNOVATION SYSTEM OF HYDRODYNAMIC INVESTIGATIONS OF WATER FLOW

The present work deals with the usage of innovation technologies for different regimes of water flow downstream of hydraulic structures. It is found that in case of water getting into the low pond in the field of jumping there is always an unsteady oscillation regime of the flow which forms waves with a character amplitude and length. The aim of the work is studying and calculation of parameters of the unsteady oscillation regime of the flow downstream of hydraulic structures. The results of decisions are oriented to the determination of parameters of the water flow for further comparison with the rated values obtained by the analytical method. There is given a concept of carrying out hydrodynamic investigations of the unsteady oscillation regime of the flow. The algorithm of fulfillment of investigations is developed. Selection of devices, modules, sensors and their concordance is fulfilled for their joint work for carrying out measuring. The program is developed for collection and processing of the data coming from the measuring equipment, adaptation of the standard software provision is fulfilled for introduction into a personal computer. There is applied an innovation method of determination of the water surface level oscillation and structure of the water flow.

Hydrodynamic investigations, oscillation regime, innovation technologies, low pond, parameters of water flow, measuring complex, intellectual analysis, experimental investigations.

References

1. Kovalenko V. V. Izmereniye i raschet

haracteristik neustanovivshihhsya rechnyh potokov. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 160 s.

2. **Kovalenko V. V.** Nelinejnye aspekty chastichno infinitnogo modelirovaniya v evolyutsionnoj gidrometeorologii.– S.-Pb.: RGGMU, 2002. – 158 s.

3. **Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A.** Obobshchennyye nelinejnye uravneniya lokal'noj nestatsionarnosti // Ecologicheskaya ustojchivost' prirodnyh system i rol' prirodoobustrojstva v ee obespechenii: sb. materialov konferentsii. – M.: MGUP, 2003. – S. 136–137.

4. **Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A.** Kachestvennaya otsenka dinamicheskoy sistemy nelinejnyh kolebanij pryzhkovogo sopryazheniya bjefov // Rol' prirodoobustrojstva v obespechenii ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya ecosystem: materialy mezhdun. konferentsii. /мРоль природообустройств в обеспечении устойчивого функциони– Ч. 1. – M.: MGUP, 2006. – S. 398–401.

5. **Blackman R. B., Tukey J.** The measurement of power spectral from the point of view of communication engineering. – New York: Dover, 1958.

6. **Kovalenko V. V.** Modelirovaniye

gidrologicheskikh protsessov. – S.-Pb.: Gidrometeoizdat, 1993. – 256 s.

7. **Illarionov A. V.** Informatsionno-izmeritel'nyy complex dlya experimental'nyh issledovaniy quasi-periodicheskikh yavlenij v otkrytyh vodnyh potokah (Electronnyy resurs). – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/164.pdf> (Data obrashcheniya 10.03.2016).

Received on 10.03.2016.

Information about the authors

Fartukov Vasilij Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor; general director ZAO «Bureau of service and operation»; 119330, Moscow, ul. Mosfilmovskaya, d. 17 B; tel.: +7-916-653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru.

Zemlyannikova Marina Vladimirovna, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation»; FSBEI HERSAU – MAA named after C. A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel.: +7-910-404-84-21.

УДК 502/504:624.94.012.45

МИКЕРЕГО ЭММАНУЭЛЬ

Федеральное государственное автономное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский Университет Дружбы Народов», г. Москва

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ

Статья посвящена количественной оценке максимальных вертикальных и горизонтальных перемещений пространственного 9 этажного монолитного каркасного здания с кирпичными стенами из местных материалов в Республике Бурунди. На основе построенной пространственной численной модели типового монолитного каркасного здания количественно оцениваются максимальные вертикальные и горизонтальные перемещения здания с кирпичными стенами заполнения. Перемещения исследовались при действии вертикальных и ветровых нагрузок, а также при выходе из строя кирпичных стен нижнего этажа. При использованных расчетных прочностях кладки заполнения установлено, что в пространственной модели монолитного каркасного здания максимальные вертикальные перемещения будут в плитах перекрытия верхних этажей. Также установлено, что максимальные горизонтальные перемещения возникают в верхней точке исследованной пространственной модели монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения. Полученные результаты показывают, что значительное снижение вертикальных и горизонтальных перемещений монолитных каркасных зданий наблюдается в железобетонных элементах верхних этажей и вызвано включением стеновых заполнений в пространственную работу исследованного объекта.

Каркасные здания, местные материалы заполнения, вертикальные и горизонтальные перемещения, численная модель.