



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### АНАЛИЗ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИЙ ВОРОТ ДАМБЫ

*Signal analysis of flood gate vibrations*

Chirkin, A.M.; Erdbrink, C.D.; Krzhizhanovskaya, V.V.

#### Publication date

2012

#### Document Version

Final published version

[Link to publication](#)

#### Citation for published version (APA):

Chirkin, A. M., Erdbrink, C. D., & Krzhizhanovskaya, V. V. (2012). *АНАЛИЗ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИЙ ВОРОТ ДАМБЫ: Signal analysis of flood gate vibrations*. 251-252. Abstract from All-Russian Congress of Young Scientists.  
[http://fppo.ifmo.ru/kmu/kmu9/edition\\_2/2\\_6.pdf](http://fppo.ifmo.ru/kmu/kmu9/edition_2/2_6.pdf)

#### General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

#### Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

**Сборник  
тезисов докладов  
конгресса молодых  
ученых**

**Выпуск 2**



Санкт-Петербург

2012

**Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, Выпуск 2. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 414 с.**

В издании «Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, Выпуск 1, публикуются работы, представленные в рамках I Всероссийского конгресса молодых ученых, который будет проходить 10–13 апреля 2012 года в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2012

© Авторы, 2012

**АНАЛИЗ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИЙ ВОРОТ ДАМБЫ**  
**А.М. Чиркин, К.Д. Эрдбринк**  
**Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Кржижановская**

Системы защиты от наводнений имеют первостепенное значение для безопасности низменных районов в прибрежных регионах, которые подвержены затоплению. Подвижные барьеры являются основной частью большинства систем защиты от наводнений. Прибрежные защитные сооружения используют гидравлические ворота, чтобы обеспечить защиту от штормовых нагонных приливов и регулировать скорость речного стока в море. Комплекс защитных сооружений в Санкт-Петербурге включает восемь таких ворот [1].

Целью гидравлических ворот является регулирование потока, давления и уровня воды. В зависимости от задач, ворота гидротехнических сооружений могут быть полностью открыты или закрыты, но они также могут быть частично открыты в течение длительных периодов времени. Это создает проблемы проектирования и эксплуатации гидравлических ворот. Ворота должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать самые экстремальные силы, но они также должны быть открыты или закрыты в нужный момент. Известно, что взаимодействие гидравлических ворот с водными потоками вызывает динамические нагрузки на конструкции [3]. Для достижения безопасной и надежной работы дамбы, необходимо понимать и контролировать колебания, вызванные этими нагрузками [2].

Настоящая работа посвящена исследованию вибраций ворот, вызванных придонным потоком. Были проанализированы данные, полученные в ходе экспериментов, проведенных в исследовательском институте Deltares (Нидерланды). Исследуемые данные представляют собой набор сигналов, полученных измерительными приборами в ходе более 300 экспериментов: силы, действующие на ворота, а также уровни воды до и после прохождения потоком ворот [3].

Основными задачами, поставленными в работе, являются:

1. Отделение «значимого» сигнала от шума, вызванного неточностью приборов и мелкомасштабной турбулентностью потока воды.
2. Определение условий, при которых амплитуда периодических колебаний сил под влиянием эффектов турбулентных течений сопоставима со средней силой, действующей на конструкцию и медленно меняющейся со временем.
3. Выделение характерных частот и амплитуд периодических составляющих сигналов и анализ их зависимости от параметров системы.
4. Приближение зависимости сигнала от времени аналитическими функциями. Здесь представляет интерес проблема выбора класса функций для приближения реального сигнала

В ходе работы был создан набор программ Matlab для фильтрации изучаемых сигналов, изучения их особенностей, построения вспомогательных наборов данных и графиков. Для выборки данных [3] были построены и проанализированы графики скользящего среднего, модуля непрерывности, комплексной огибающей, и свертки сигнала с некоторыми типами оконных функций [4]. В связи с постановкой задачи 2 возникла проблема определения критического интервала времени  $\theta$ , который разграничивал бы флуктуации действующих сил и медленное изменение их среднего значения. Очевидно, выбор такого параметра зависит от

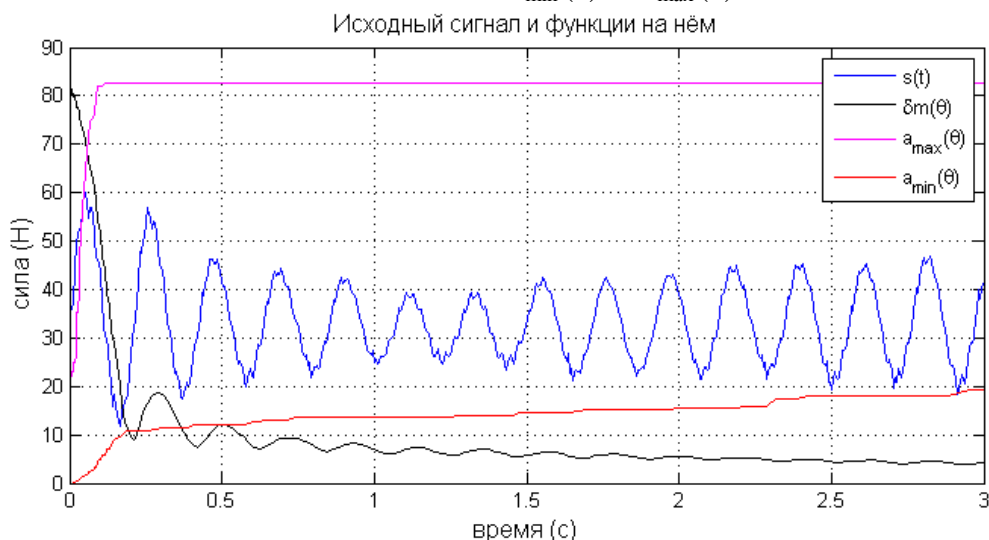
физических свойств системы и не определен однозначно, однако его можно выбирать исходя из статистических данных. Для всех экспериментальных данных сигнала  $s(t)$  были построены функции, позволяющие судить о свойствах сигналов:

$$a_{\max}(\theta) = \max_{t \in \mathbb{Z}} a(\theta, t), \quad a_{\min}(\theta) = \min_{t \in \mathbb{Z}} a(\theta, t), \quad \delta m(\theta) = \max_{t \in \mathbb{Z}} m(\theta, t) - \min_{t \in \mathbb{Z}} m(\theta, t),$$

где  $a(\theta, t) = \max_{t_1, t_2 \in [0, \theta]} |s(t-t_1) - s(t-t_2)| = \omega_s(\theta, t)|_{E=[t-\theta, t]}$  – модуль непрерывности функции  $s(t)$  на

отрезке  $[t-\theta, t]$ ;  $m(\theta, t) = \frac{1}{\theta} \int_{t-\theta}^t s(\tau) d\tau$  – скользящее среднее.

Выдвинуты и обсуждаются гипотезы о поведении таких функций и их влиянии на свойства изучаемых сигналов. Например, первый локальный минимум  $\delta m(\theta)$ , если их более одного, отвечает характерной частоте сигнала. Из определений и графика функций видно, что «скачки» сигнала всегда лежат в полосе между  $a_{\min}(\theta)$  и  $a_{\max}(\theta)$ .



На рисунке отображена часть графика одного из сигналов  $s(t)$ , полученных в экспериментах и описанных выше функций.

В дальнейшем планируется изучить зависимость поведения сигналов от изменяющихся параметров в нестационарных условиях, применить аппарат вейвлет преобразований, построить модели сигналов на основе имеющихся экспериментальных данных.

Данная работа частично поддержана грантом Правительства Российской Федерации № 11.G34.31.0019, а также Европейским проектом UrbanFlood (EU FP7 #248767).

### Литература

1. Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений <http://dambaspb.ru>
2. Erdbrink C.D., Krzhizhanovskaya V.V., Slood P.M.A. Modelling Flow-Induced Vibrations of Flood Barrier Gates. Proc. 2nd European Conference on FLOODrisk Management. – 20–22 November 2012, Rotterdam, The Netherlands (accepted for publication).
3. Erdbrink C.D. Physical model tests of cross-flow vibrations of underflow gate, 2012 (forthcoming). – Deltares research report 1202229-004. – <http://kennisonline.deltares.nl/>
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / учебник для вузов. 2-е изд. – СПб: Питер, 2007.