

УДК 627/628

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
СТРУКТУРЫ ПОТОКА  
НА КРУПНОМАСШТАБНОМ  
ГИДРАВЛИЧЕСКОМ СТЕНДЕ**

*Цурикова Е. Г.<sup>1</sup>, Смоляниченко А. С.<sup>1,2</sup>,  
Шишова О. П.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Донской государственный  
технический университет, Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация

<sup>2</sup>Государственный морской  
университет им. адмирала Ф. Ф. Ушакова,  
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[tsurikova-eg@mail.ru](mailto:tsurikova-eg@mail.ru)

[arpis-2006@mail.ru](mailto:arpis-2006@mail.ru)

[shioska@yandex.ru](mailto:shioska@yandex.ru)

Рассматриваются задачи, выполнение которых возможно на крупномасштабном гидравлическом стенде. Гидравлический стенд позволяет проводить исследования по моделированию открытого потока, которые помогут, например, в изучении наносного режима в условиях речных портов, а также влияния дноуглубительных работ на условия судоходства.

**Ключевые слова:** гидравлический стенд, гидравлическое моделирование, открытый поток, структура потока, коэффициент Кориолиса, поля скоростей, гидротехнические сооружения.

**Введение.** При исследовании структуры потока в речных и искусственных руслах большое практическое значение имеет моделирование потока на гидравлической экспериментальной установке. Это связано с тем, что теоретические исследования математическими моделями не могут учесть все действующие факторы течения, возникающие при движении потока. Только экспериментальные исследования дадут ответы на вопросы, возникающие при работе натуральных объектов гидротехнических сооружений (ГТС). Натурные исследования чаще всего проводятся для решения определенных проблем, возникающих при движении потока в строго определенных рамках русла, поэтому они немногочисленны и узконаправлены [1, 2, 3]. Цель данной работы — показать возможность получения аналитической и экспериментальной картины структуры потока в живом сечении на крупномасштабной гидравлической установке.

**Основной целью гидравлического моделирования является наиболее точное воспроизведение всех особенностей натурального потока (в определенных технических условиях) на экспериментальной модели.** Так как экспериментальная гидравлическая установка — дело затратное,

UDC 627/628

**POSSIBILITY OF CONDUCTING FLOW  
STRUCTURE STUDIES ON  
A LARGE-SCALE HYDRAULIC TEST  
BENCH.**

*Tsurikov<sup>1</sup> E. G., Smolyanichenko<sup>1,2</sup> A. S.,  
Shishova<sup>1</sup> O. P.*

<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

<sup>2</sup>The State Maritime University named after Admiral  
F.F. Ushakov, Rostov-on-Don, Russian Federation

[tsurikova-eg@mail.ru](mailto:tsurikova-eg@mail.ru)

[arpis-2006@mail.ru](mailto:arpis-2006@mail.ru)

[shioska@yandex.ru](mailto:shioska@yandex.ru)

This article deals with tasks that can be performed on a large-scale hydraulic test bench. Overall dimensions of the stand are shown in Fig.1. Hydraulic test bench will carry out open flow modeling studies that will help to solve a number of tasks, for example, studying of the alluvial regime in river port conditions, as well as the impact of dredging on shipping conditions.

**Keywords:** hydraulic test bench, hydraulic modeling, open flow, flow structure, Coriolis coefficient, velocity fields, hydraulic technical systems

она должна отвечать условиям универсальности для решения разных задач движения потока в руслах, чтобы на ней можно было бы ставить специальные гидравлические эксперименты различной направленности [3, 4, 5].

Первым шагом к моделированию потока является физическое моделирование, т. е. воспроизведение в уменьшенном масштабе природных явлений. Такое воспроизведение необходимо начинать с полного геометрического подобия двух объектов (натуры и модели) с сохранением присущих природе особенностей движения потока [1, 6, 7, 8].

Основные задачи гидравлического моделирования можно определить так:

1. Изучение природного механизма явления и его основных закономерностей.
2. Проверка допущений и гипотез (с применением дифференциальных уравнений) для изучаемого явления.
3. Исследование формы перехода смоделированного гидравлического явления от одного состояния к другому.
4. Разработка методов расчета основных характеристик природного потока для определенных условий движения этого потока на основе модельных исследований [2, 3, 4, 9].

В гидравлической лаборатории института водного транспорта им. Г. Я. Седова, филиала ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова», Ростова-на-Дону собран гидравлический стенд — крупномасштабная гидравлическая установка для исследования гидравлических явлений открытого потока в отдельных частях гидротехнических сооружений (акватории порта, русла рек и каналов) (рис. 1).

Данная металлическая крупномасштабная модель позволяет трансформировать ее с помощью различных современных материалов (пенобетон, пеноплекс, пенопласт и т.д.) в экспериментальные гидравлические модели различных гидротехнических сооружений и их узлов.

Созданная модель предполагает экспериментальный поиск решений при изменении уровня потока перед ГТС, уклонов водной поверхности, расходов воды, структуры скоростей потока и их направлений.

Это позволяет решать много актуальных гидравлических задач, например:

- определение зависимости между расходом воды и ее уровнем  $Q=f(H)$  на ГТС;
- определение способов выравнивания скоростей потока при подводе воды к всасывающим трубам насосных станций и подводным трубам ГЭС (эта задача становится актуальной год от года в условиях маловодья рек, на которых стоят насосные станции и ГЭС);
- изучение руслового процесса, ветрового и волнового режимов в определенных условиях работы ГТС;
- влияние дноуглубительных работ на судоходство в районе устройства карьера;
- определение особенностей воздействия на структуру потока инженерных мероприятий на судоходных реках (влияние берегоукрепляющих стенок различного вида на судоходство в их акватории);
- экспериментальное определение режимов движения потоков в естественных и искусственных руслах рек в условиях маловодья, на основании которых выдаются рекомендации для работы гидротехнических сооружений, расположенных на этих руслах [10–15].

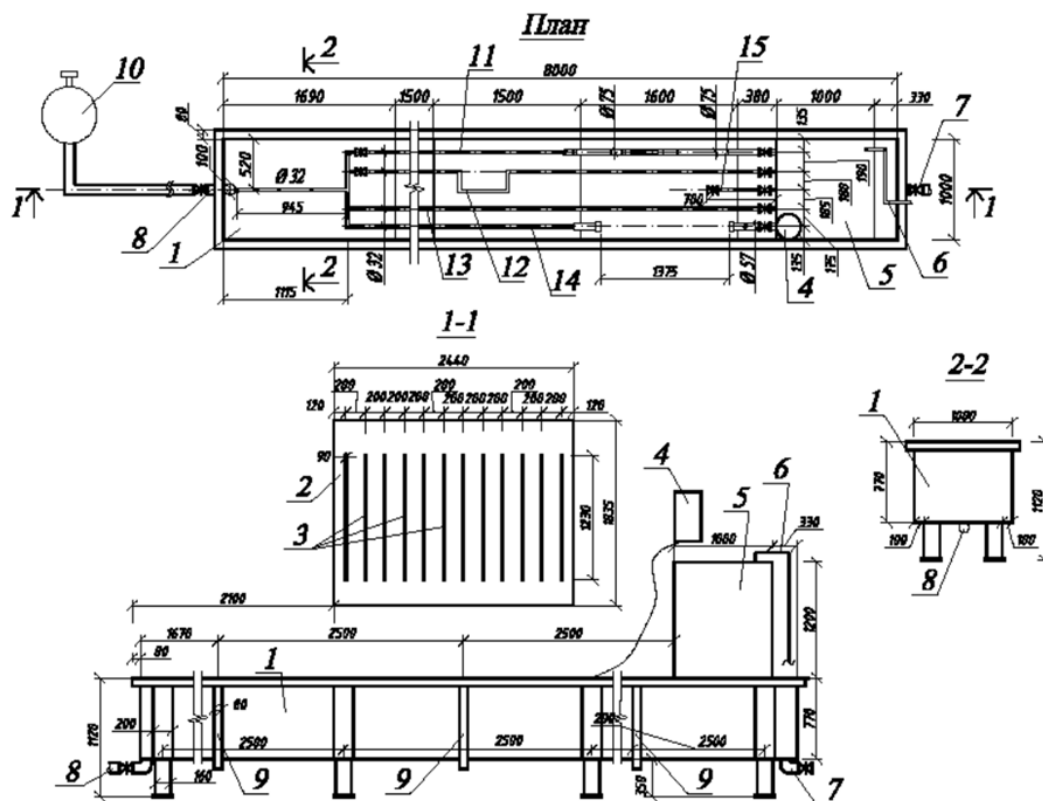


Рис.1. Крупномасштабная гидравлическая установка для исследования гидравлических явлений открытого потока в отдельных частях гидротехнических сооружений (акватории порта, русла рек и каналов): 1 – стальной резервуар 8000x1000x770(h); 2 – доска с измерительными приборами; 3 – пьезометры; 4 – резервуар для чернил; 5 – напорный бак; 6 – подающий трубопровод Ду25 из водопроводной сети; 7 – спускной трубопровод в дренажный приямок Ду100; 8 – спускной трубопровод в сеть канализации Ду100; 9 – ребра жесткости; 10 – гидрозатвор; 11 – трубопровод для определения потерь напора согласно уравнению Бернулли; 12 – трубопровод для определения местных потерь напора; 13 – трубопровод для определения потерь напора по длине; 14 – трубопровод для определения режима движения жидкости; 15 – патрубок

Особенно интересными могут стать исследования на созданном крупномасштабном стенде по изучению наносного режима в условиях речных портов, а также по влиянию дноуглубительных работ на условия судоходства. Изменение формы и размера живого сечения потока в районе производимых дноуглубительных работ ведет к изменению структуры потока в этом месте [16–18].

Для проведения экспериментов по решению вышеперечисленных задач необходимо модельно имитировать существующее движение потока на созданном стенде, исследовать поля скоростей в интересующих створах ГТС для различных гидравлических режимов, разработать и испытать конструктивные изменения русла для оптимизации существующих полей скоростей [19–21].

Критерием неравномерности распределения скоростей в потоке принято считать коэффициент Кориолиса  $\alpha$  (1), который является (по рекомендации комитета технической терминологии АН РФ) коэффициентом кинетической энергии. В соответствии с физическим смыслом этого коэффициента для его нахождения необходимо определить отношение:

$$\alpha = \frac{\sum v_i^3 F_i}{v_{cp}^3 F}, \quad (1)$$

где  $v_i$  — скорость в  $i$ -той точке живого сечения,

$v_{cp}$  — средняя скорость потока в живом сечении,

$f_i$  — элементарная площадь сечения (относящаяся к точке замера),

$f$  — площадь полного живого сечения [1, 12].

Число мерных точек в живом сечении определяют по «формуле швейцарских архитекторов»:

$$Z = n \sqrt{F}, \quad (2)$$

где  $n$  — насыщенность мерных точек в живом сечении для экспериментальных моделей принимают = 14 [2, 3].

По проведенным замерам вычисляют значение коэффициента  $\alpha$  (которого считают одной из характеристик потока) и строят эпюры скоростей в сечении (поля скоростей).

**Заключение.** Таким образом, изучив действие крупномасштабной гидравлической установки для исследования гидравлических явлений открытого потока в отдельных частях гидротехнических сооружений, можно сделать вывод, что на такой установке возможно получить аналитическую и экспериментальную картину структуры потока в живом сечении. На основании смоделированных данных структуры потока можно проводить экспериментальные исследования для оптимизации структуры движения потока. Данные проведенных экспериментов станут твердой основой для новых решений задач, возникающих при эксплуатации ГТС, и для прогнозов русловых процессов [9–12].

#### Библиографический список

1. Лапшев, Н. Н. Гидравлика : учебник / Н.Н. Лапшев. — Москва : Академия, 2007. — С.225–235.
2. Чугаев, Р. Р. Гидравлика : учебник / Р. Р. Чугаев. — Ленинград : Энергоиздат, 1982. — С. 520–535.
3. Киселев, П. Г. Справочник по гидротехническим расчетам / П. Г. Киселев. — Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1957. — 352 с.
4. Альтшуль, А. Д. Гидравлические сопротивления / А. Д. Альтшуль. — Москва : Недра, 1970. — 216 с.
5. Рабинович, Е. З. Гидравлика: учебник / Е. З. Рабинович. — Москва : Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. — С. 140.
6. Гайрабеков, И. Г. Геодезическое обследование технического состояния зданий / И. Г. Гайрабеков, Ю. И. Пимшин // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2011. — № 2. — С. 130–135.
7. Гайрабеков, И. Г. Оценка точности вычисления геодезической высоты по результатам спутниковых измерений / И. Г. Гайрабеков, И. М. Кравчук // Геодезия и картография. — 2010. — № 6. — С. 5–7.
8. Ускорение обработки и организация вычислений при фильтрации изображений на основе ДКП / С. С. Кривенко [и др.] // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2013. — № 1(138). — С. 67–74.
9. Волосухин, Я. В. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений / Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин // Мониторинг. Наука и безопасность. — 2011. — № 3. — С. 88–93.
10. Тимофеева, В. В. Русловые процессы Нижнего Дона и их антропогенные изменения : дисс. ... канд. геогр. наук / В. В. Тимофеева. — Москва. — 2007. — 154 с.
11. Нижний Дон [Электронный ресурс] / Водно-болотные угодья России. — Режим доступа: <http://www.fesk.ru/wetlands/141.html> (дата обращения: 09.11.18).

12. Баев, О. А. Моделирование процесса водопроницаемости противofильтрационных экранов из геомембран / О. А. Баев [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. — Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818) (дата обращения: 09.11.18).

13. Семенова, Е. А. От экологически ответственного хозяйствования к сохранению водных и энергетических ресурсов / Е. А. Семенова, М. Ф. Маршалкин, С. Г. Саркисова [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. — Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2375](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2375) (дата обращения: 09.11.18).

14. Тимофеева, В. В. Условия формирования русла Нижнего Дона / В. В. Тимофеева // Эрозия почв и русловые процессы. — 2005. — Вып.15. — С. 207–218.

15. Olmstead, S. M., & Stavins, R. N. Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation. *Water Resources Research*, 2009. V.45, N4. pp. W04301. DOI: 10.1029/2008WR007227.

16. Kirkwood, James Pugh. Report on the filtration of river waters: for the supply of cities, as practised in Europe, made to the Board of water commissioners of the city of St. Louis. *Forgotten Books*, 2015. 182 p.

17. Дегтярев, В. В. Проектирование и эксплуатация выправительных сооружений на внутренних водных путях / В. В. Дегтярев. — Москва : Транспорт, 1981. — 224 с.

18. МИ 1759-87. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь»; введены в действие с 01.01.1988. — Москва : Изд-во стандартов, 1987. — 28 с.

19. ГОСТ Р 51657.2-2000. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Методы измерения расхода и объема воды. Классификация; введен в действие 1.07.01. — Москва : Изд-во стандартов, 2001. — 7 с.

20. Гладков, Г. Л. Обеспечение устойчивости русел судоходных рек при дноуглублении и разработке карьеров: автореферат дисс. ... д-ра техн. наук / Г. Л. Гладков. — Санкт-Петербург, 1996. — 33 с.

21. Барышников, Н. Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Н. Б. Барышников. — Ленинград : РГГМИ, 1990. — 140 с.