

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**доктора физико-математических наук, доцента Коротаевой Татьяны Александровны на диссертационную работу Гармаковой Маргариты Егоровны на тему «Численное моделирование гидрофизических процессов при обтекании подводных трубопроводов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.**

### **Актуальность темы исследования**

В период выбора створа подводных переходов трубопроводов через водные объекты и последующей их эксплуатации возникает необходимость учитывать деформации русла, так как этот фактор в значительной степени влияет на возможность деформаций и механических повреждений сооружения, что, в свою очередь, определяет риски загрязнения окружающей среды.

Прогресс вычислительной техники и программных комплексов позволяет решать подобные задачи с учетом большого числа факторов, влияющих на процессы переформирования донного грунта в зоне расположения подводных переходов трубопроводов, появляется возможность более точно прогнозировать такие явления как образование воронок размыва. Каждое новое исследование этих вопросов пополняет базу научных знаний и является ценным научным результатом.

### **Структура и содержание работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы в количестве 109 наименований, одного приложения. Объем диссертации без учёта приложения составляет 121 страницу машинописного текста, общий объём, включая приложение 140 страниц.

**Введение** посвящено актуальности темы исследований, произведен анализ ее разработанности, сформулированы цели и задачи работы, ее новизна и значимость результатов, изложены основные положения, выносимые на защиту, описан личный вклад автора, достоверность и результаты апробации разработанных моделей.

**В первой главе** проанализированы причины, приводящих к аварийным ситуациям на подводных переходах трубопроводов через реки и на основе этого сформулирована цель диссертационного исследования.

**Во второй главе** выполнен обзор существующих методик расчета деформаций русла; исследований по изучению местного размыва, выполненных отечественными и зарубежными авторами в лабораторных условиях, а также с применением численного моделирования.

**Третья глава** посвящена физическому эксперименту, выполненного автором диссертации. В рамках этого эксперимента было рассмотрено три схемы расположения цилиндра относительно песчаного дна. По результатам экспериментов выявлены особенности переформирования дна в зависимости от расположения цилиндров и их количества.

**В четвертой главе** дается описание существующих подходов к моделированию турбулентного режима движения. Представлены результаты численного моделирования для трех разных экспериментов.

Выполнено численное моделирование по исследованию полей скоростей при обтекании цилиндра с использованием  $k-\omega$  SST модели турбулентности со стандартной пристеночной функцией и моделью многофазности Volume of Fluid. Построены графики изменения продольной и вертикальной компоненты скорости для семи поперечных сечений, и выполнено их сравнение с результатами физического эксперимента другого автора. Была получена хорошая сходимость результатов. Также было проанализировано изменение касательных напряжений.

Приведены результаты численного моделирования по выявлению механизма начала размыва. Для моделирования турбулентного потока используются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, которые замыкаются с помощью двухпараметрических моделей турбулентности  $k-\epsilon$  Realizable. В качестве модели многофазности используется эйлерова модель с учетом гранулярности фаз. По результатам расчетов получены векторные поля течения, распределение динамического давления в окрестности трубы. Выявлены механизмы начального этапа размыва под трубопроводом, которые

не противоречат результатам других авторов. Разработанная методика моделирования была в дальнейшем применена для численного моделирования в 3D постановке, выполненного для условий эксперимента описанного в третьей главе. По результатам этого численного моделирования были построены графики, с помощью которых оценено изменение глубины ямы размыва с течением времени.

**В заключении** представлены основные выводы диссертационной работы, а также направления для выполнения дальнейших исследований.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность полученных результатов подтверждена сериями тестовых и расчетных сопоставлений и обосновывается расчетами в широко известном программном комплексе ANSYS.

Достоверность результатов работы признана публикациями статей по теме диссертации в рецензируемых научных журналах в Российской Федерации и в зарубежных изданиях.

Научная новизна диссертационной работы основана на выполнении лабораторных экспериментов, по изучению особенностей процесса переформирования дна в зависимости от количества цилиндров, имитирующих подводный трубопровод, а также в разработке методики численного моделирования образования воронок размыва в зоне расположения трубопроводов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы заключается в математическом моделировании и экспериментальном исследовании процесса переформирования донного грунта в зоне расположения подводных трубопроводов. Разработанная методика численного моделирования имеет практическую значимость и может быть использована в проектной деятельности.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается результатами численного моделирования. Изучен и использован накопленный опыт отечественных и зарубежных ученых в области изучения и прогнозирования воронок размыва в зоне расположения подводных переходов. Степень обоснованности выводов подтверждается теоретическим и практическим подходом к анализу результатов проведенных лабораторных и численных исследований и формированию изложенных научных положений.

### **Замечания**

В целом, диссертационная работа соискателя оставляет положительное впечатление, замечания несущественные и относятся, скорее к оформлению работы:

1. Достаточный по количеству список цитируемой литературы все же содержит мало ссылок на исследования в данной области, относящиеся к последнему десятилетию, за исключением работ автора диссертации, либо его соавторов. Казалось бы, тема исследования должна вызывать живой интерес, как в России, так и за рубежом.

2. Более привычным является формулировка выводов по каждой главе отдельно и в конце по диссертационной работе в целом.

3. На стр. 31 диссертации есть ссылка на уравнение (2.17), хотя видимо, имеется в виду уравнение (2.15), и параграф заканчивается формулой под номером (2.16).

4. Известно, что от качества используемой при численном моделировании расчетной сетки во многом зависит качество получаемого численного решения. Из текста диссертации не ясно, проводилось ли исследование на сходимости численных решений по сетке, и как определялось количество узлов расчетной сетки, достаточное для получения адекватного решения.

## Заключение

Сделанные замечания не снижают значимости полученных результатов и ценности выводов и рекомендаций.

Диссертационная работа Гармаковой Маргариты Егоровны является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Численное моделирование гидрофизических процессов при обтекании подводных трубопроводов» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Гармакова Маргарита Егоровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

### Официальный оппонент:

**доктор физико-математических наук, доцент,**  
старший научный сотрудник  
лаборатории «Физических проблем  
управления газодинамическими  
течениями», **Федерального**  
государственного бюджетного  
учреждения науки **Институт**  
теоретической и прикладной  
механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской  
академии наук (ИТПМ СО РАН),

**Коротаева**  
**Татьяна Александровна**

«29» 05 2023 г.

Адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск,  
ул. Институтская, 4/1  
E-mail: korta@itam.nsc.ru  
Тел.: +7 913 902 00 87



Собственноручную подпись  
подтверяю *Т.А. Коротаева*  
зам. канцелярией Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института теоретической и прикладной механики  
им. С.А. Христиановича Сибирского отделения  
Российской академии наук