



УДК 656.627

И.В. Липатов, д.т.н., проф. кафедры ВП и ГС ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭНЕРГИИ ПОТОКА В СУДОХОДНОМ СООРУЖЕНИИ

Ключевые слова: безопасность судопропуска, шлюз, гасительные элементы, энергия потока, уравнения Навье - Стокса

Представлен теоретический подход к исследованию процесса гашения энергии гасительными элементами системы питания шлюза. Анализ базируется на решении уравнений сохранения импульса. Для анализа компонент влияния на энергию потока предлагается использование комплексных потенциалов составляющих энергии.

Шлюзы являются ключевым звеном в организации движения флота по внутренним водным путям России. Большинство из них имеют головную систему наполнения. Ключевым моментом при эксплуатации этих систем и обеспечении безопасности эксплуатации флота является гашение энергии потока поступающего в шлюз через камеру гашения. Традиционно анализ характера гашения энергии исследовался на лабораторных установках, либо на реальных сооружениях. Если последний путь связан с громадными рисками для судна, то первый позволяет исследовать только интегральные параметры процесса по принципу «черного ящика». В результате исследователи лишены возможности проанализировать физическую картину процесса и наметить пути совершенствования гидродинамических процессов в сложных областях.

Для выхода из создавшегося затруднения предлагается использовать численное моделирование характера распределения энергии потока в судоходном шлюзе. В качестве отправной точки решения берется система уравнений Навье-Стокса [1]. Это позволяет не только рассчитать поля скоростей, турбулентности и давления, но и определить поля энергии в произвольных сечениях потока и суммарную мощность в границах заданного объема движущейся среды. Для этого классическое уравнение Навье-Стокса переписывается в соответствии с законом сохранения импульса всего потока. При этом рассматриваются: конвергентный перенос количества движения с границ потока; внешние силы, действующие на границах расчетной области; присутствие внешнего гравитационного силового поля; внутренние силы (турбулициация, кавитация, аэрация и т.д.). Рассматриваемые значения получаются интегрированием соответствующих величин по интересующему объему с помощью тройных интегралов, а также с помощью поверхностных интегралов по периметру расчетной области. С помощью созданных автором макросов суммарные интегральные величины выдаются в постпроцессинг в виде конкретных численных величин.

Для удобства анализа векторов компонент, формирующих суммарный импульс энергии потока, автором предлагается использовать соответствующие диаграммы комплексных переменных энергий потока. При этом горизонтальные составляющие

принимаются за вещественную часть комплексного числа, а вертикальные, соответственно, за мнимые. При идеальной работе гасящих элементов суммарное значение комплексных величин функций энергии должно быть равно нулю. То есть, все вектора входной энергии в расчетную область либо дивергируются внутренними силами, либо гасят свой импульс ударом о гасящие элементы и стенку камеры гашения. Таким образом, отклонение суммарного вектора комплексного потенциала энергии от нулевого значения в ту или иную сторону однозначно показывает слабые места в ее работе и направление совершенствования работы гасительных элементов.

Существенным преимуществом предлагаемого теоретического подхода является то, что мы можем точно получить ряд знаковых величин процесса гашения энергии в количественном исчислении. Это невозможно в натурном эксперименте и еще никому не удавалось реализовать в лаборатории. При этом знание точной картины распределения усилий на гасительных элементах в каждый момент времени процесса наполнения камеры позволяет на новом качественном уровне проанализировать гидродинамические процессы гашения энергии в потоке. Последнее дает возможность улучшить условия безопасной эксплуатации сооружения и флота, а также сократить продолжительность цикла шлюзования.

Список литературы:

[1] Чугаев, Р.Р. Гидравлика / Р.Р. Чугаев – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

THEORETICAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF FLOW ENERGY IN NAVIGABLE STRUCTURES

Lipatov I. V.

Keywords: security of passage, locks, extinguishing elements, flow energy, Navier-Stokes equations.

A theoretical approach is presented to the investigation of the process of energy quenching by quenching elements of the gateway feed system. The analysis is based on solving the equations of conservation of momentum. To analyze the components of the influence on the energy of the flow, it is proposed to use complex potentials of the energy components.