



УДК 626.421.4

Липатов Игорь Викторович, доцент, д.т.н., профессор кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ВЕКТОРНЫЕ ДИАГРАММЫ В ЗАДАЧАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ ГАСИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается оценка эффективности работы камеры гашения шлюза с головной системой питания. В качестве альтернативы традиционному, лабораторному эксперименту предлагается использование численного моделирования для воспроизведения энергетической структуры потока. Последующий анализ векторной диаграммы интегральных компонент моментов импульса энергии в потоке позволяет наметить пути совершенствования камеры гашения и оценить эффект через потерю импульса и мощность потока.

Ключевые слова: шлюз, камера гашения, векторная диаграмма момента импульса

Судоходные шлюзы являются неотъемлемым элементом системы внутренних водных путей страны. Выполняя непосредственные операции по пропуску судов, шлюзы стали определяющим фактором безопасности, ритмичности и устойчивости судопотока на внутренних водных путях.

Наиболее значимой операцией при эксплуатации шлюзов с головной системой питания (которых в нашей стране 85 %), является процесс наполнения. После захода судна в камеру открываются верхние рабочие ворота, поток воды начинает поступать в камеру шлюза. Входящий поток воды в камеру сосредоточен в одной точке, и судно в начальный момент занимает до 80% начального объема камеры. В результате волновые процессы в камере резко интенсифицируются, увеличивая амплитуду раскачки судна и усилие в швартовых канатах (гидродинамические силы) за которые учаливается судно в камере в процессе шлюзования. В результате перед эксплуатационным персоналом встает дилемма. Быстро наполняем камеру – сокращаем время шлюзования, но не гарантируем срыв судна со швартовых и последующий навал/пролом рабочих ворот. Медленно наполняем камеру – гарантируем безаварийность процесса судопропуска, но резко удлиняем цикл шлюзования.

Первопричиной роста гидродинамических сил в швартовых каната является громадная энергия в потоке, поступающем в камеру шлюза. Для ее минимизации в точке входа потока в камеру имеется камера гашения энергии. Она представляет собой группу гасящих элементов (гасящий экран, стенка падения, гасящий колодец, балки гашения и т.д.) соударяясь с которыми поток воды в результате обмена импульсами энергии и изменения внутренней кинематической структуры теряет часть энергии. В результате волновое воздействие на судно и швартовые канаты становится менее интенсивным и уровень безопасности и безаварийности шлюзования расчет.

Традиционным методом исследования гидродинамических процессов в камере шлюза было лабораторное моделирование гидравлики потока в масштабе 1:25. Но на сегодняшний день такая практика себя изживает, так как с ростом водоизмещения судов и усложнения гидродинамических процессов при наполнении камеры, масштабный фактор дает все большую ошибку при лабораторном воспроизведении. И на сегодняшний день она стремительно приближается к 70% ошибке при определении максимума гидродинамической силы. В первую очередь, это связано с тем, что водоизмещение эксплуатирующихся судов выросло до 5000 тонн (в то время как шлюзы ВДСКа проектировались на суда водоизмещением 2000-2500 т), а в перспективе рассматриваются варианты использования 6000-7000 т.

Для решения задачи гашения энергии в камере судоходного шлюза нами предлагается гидродинамический подход к решению задачи, базирующийся на решении уравнений сохранения момента импульса энергии в потоке (уравнения Навье-Стокса с математическими моделями турбулентности). При расчете величины импульса интегральной силы принимаются во внимание следующие факторы [1, 2, 3, 4]:

- 1) конвергентный перенос количества движения с границ камеры шлюза.
- 2) внешние силы, действующие на границах (реакция гасительных элементов и контура камеры гашения и шлюза).
- 3) воздействие внешнего гравитационного силового поля.
- 4) внутренние силы (турбулизация, кавитация, аэрация и т.д.).

Так как полученные величины имеют векторную природу, а их количество может достигать 7-12 элементов, то для их анализа был применен метод векторных диаграмм, существенно повышающий наглядность и информативность получаемых результатов. Подобный подход применяется в ряде инженерных дисциплин различного профиля, в частности, в электротехнике, при анализе цепей переменного тока, когда вектор напряжения и тока смещаются друг относительно друга по фазе и вызывают существенное изменение энергии потока. Откладывая векторную сумму импульса силы от каждого фактора, с раскладкой внешних воздействий по каждому элементу гашения, мы получаем наглядную картину уменьшения импульса энергии на выходе из камеры гашения. Тем самым мы получим возможность оценки эффективности работы камеры гашения и наметим пути по совершенствованию ее эксплуатации.

Подобный подход был апробирован для оптимизации камеры гашения шлюза ВДСК. Рассматривался вариант использования вертикальной балки гашения. В качестве дополнительного интегрального критерия эффективности работы гасительного элемента использовалась мощность потока на входе в камеру и ее выходе в ваттах. Если в начальном состоянии, при обтекании ворот без струенаправляющего козырька, энергия на выходе увеличивалась за счет действия силы гравитации в 5,73 раза, то при наличии углового струенаправляющего козырька уменьшила приращение до 3,50.

Последующий анализ векторной диаграммы импульсов действующих сил показал, что оптимальным гасительным элементом может стать горизонтальная плита, расположенная под подающей вытекающей струей. Использование плиты (балки) гашения с размером в 50 % от площади живого сечения потока позволило сократить рост энергии потока до 2,12. Дальнейший анализ векторной диаграммы показал, что предпочтительнее увеличить размер балки и придвинуть ее ближе к стенке основной конструкции камеры гашения. Это позволило уменьшить исходные потоки путем разделения их пополам, а также уменьшить энергию импульса из за дополнительного взаимодействия со стенками. Дополнительная диссипация энергии была осуществлена в турбулентном вальце над балкой гашения. В конечном итоге соотношение мощности потока на входе и на выходе снизилось до 1.01. Таким образом, предложенный метод позволил создать камеру гашения, позволяющую полностью поглотить отрицательную энергию и максимально улучшить условия отстоя судна в процессе шлюзования.

Список литературы:

1. Липатов И. В., Отделкин Н.С., Чичкин О.И., Слюсарев А.С. «Совершенствование гасительных элементов судоводных шлюзов ВДСКа на базе численного моделирования». - Научный журнал Научный журнал № 4, Т.2 2019, www.morintex.ru Электронное сетевое (ISSN 2588-0233) и печатное (ISSN № 2073-7173) издание. с 202-208 с.
2. Липатов И. В., Ситнов А.Н., Решняк В.И., Слюсарев А.С. «Совершенствование методологии исследования гидродинамических процессов в камере судоводного шлюза для обеспечения ускоренного и безопасного судопропуска». - Научный журнал Научный журнал № 4, Т.2 2019, www.morintex.ru Электронное сетевое (ISSN 2588-0233) и печатное (ISSN № 2073-7173) издание. с 194-202
3. Липатов И. В., Чичкин О.И. – «Методические вопросы моделирования процесса наполнения камеры шлюза», Гришанинские чтения – водные пути и русловые процессы, гидротехнические сооружения водных путей. Международная научно-практическая конференция. – Санкт-Петербургский университет водных коммуникаций.- С.Петербург. - 2019г с.282 – 287.
4. Липатов И.В., Ситнов А.Н., Чичкин О.И. - Инновационный подход к оценке эффективности работы элементов гашения энергии потока в транспортных и энергетических гидротехнических. - Морские интеллектуальные технологии. Научный журнал Научный журнал № 4 (42) Т.2 2018 www.morintex.ru Электронное сетевое (ISSN 2588-0233) и печатное (ISSN № 2073-7173) издание. с 170-176.

VECTOR DIAGRAMS IN THE PROBLEMS OF IMPROVING THE OPERATION OF DAMPENING ELEMENTS OF HYDRAULIC STRUCTURES.

Annotation. The article considers the evaluation of the efficiency of the damping chamber of the lock with the head system. As an alternative to the traditional laboratory experiment, it is proposed to use numerical modeling to reproduce the energy structure of the flow. The subsequent analysis of the vector diagram of the integral components of the energy momentum moment in the flow, allows us to outline ways to improve the quenching rate and evaluate the effect through the loss of momentum and flow power.

Keywords: lock, damping chamber, vector diagram of the moment of impulse