

У.Д.К. 627.09:627

Липатов Игорь Викторович, доцент, д.т.н., профессор кафедры ВП и ГС
e-mail: i_lipatov@mail.ru

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Россия

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТОКА НА СУДНО В ПРОЦЕССЕ ШЛЮЗОВАНИЯ

Аннотация. Ускорение прохождения судов через шлюзы является одним из основных факторов интенсификации движения флота. Для шлюзов с головной системой питания важным являются гидродинамические силы, действующие на шлюзующееся судно. Традиционно их величину ставят в зависимость от уклона свободной поверхности воды. Последний определяют по уровням воды в начале и конце камеры. В работе показано, что такой подход завышает экстремальные значения силы в 1.5 – 2 раза и исключает из транспортного процесса значительные резервы судопропуска.

Ключевые слова: шлюз, уклон свободной поверхности, гидродинамические силы.

Судоходные шлюзы объективно являются фактором, сдерживающим интенсификацию движения флота по внутренним водным путям. Это связано с тем, что большинство шлюзов имеют головную систему питания и особенности гидродинамических процессов, которыми сопровождается процесс наполнения камеры шлюза.

Стремясь к сокращению времени наполнения камеры шлюза, диспетчерский аппарат предпочел бы максимально быстро ее наполнять. Но расплатой за это является усиление волновых процессов в камере шлюза, возрастание нагрузок на швартовные устройства, возможный обрыв швартового каната и навал судна на нижние ворота шлюза.

Для предотвращения подобных техногенных аварий, в процессе шлюзования уменьшают скорость наполнения камеры шлюза, посредством уменьшения скорости поднятия затвора. Но ее уменьшение ведет к росту времени наполнения камеры и удлинению продолжительности цикла шлюзования. В результате скорость поднятия затвора должна обеспечивать максимально быстрое наполнение камеры, но при этом гидродинамическая сила, действующая на шлюзующееся судно не должна превышать максимально допустимой величины.

Нормирование гидродинамической силы, возникающей в швартовных канатах шлюзующегося судна, осуществляется в соответствии с руководящими документами по проектированию. Расчетную величину усилия в швартовном канате, определяют через уклон свободной поверхности воды в камере шлюза. При этом подразумевается, что дифферент судна соответствует уклону свободной поверхности воды.

Не останавливаясь на корректности данной гипотезы, обратим основное внимание на методику замера уклона свободной поверхности воды в камере шлюза. Традиционно замер выполняется по двум рейкам (или датчикам), установленным в начале и в конце камеры. С точки зрения реализации исследований, такой подход является оптимальным, но имеет ряд недостатков. Дело в том, что пробегая от одной головы шлюза к другой, поток постепенно изменяет волновую, а, соответственно, и свободную поверхность воды. В результате, в начальный момент прохождения полуфазы колебания волны, уровень воды

на первой точке замера уже поднялся и только начал свое движение к противоположной точке. При этом уклон свободной поверхности между точками замера постепенно изменяет свое положение, подчиняясь развитию волнового фронта. Поэтому в начальный момент, когда фронт волны практически не развился, и фиксируя перепад уровней по крайним точкам, исследователь получает существенно завышенную величину уклона свободной поверхности.

Аналогичная ситуация наблюдается и при движении обратной волны. Отраженная волна имеет локальный подъем у нижней головы камеры шлюза, по которому фиксируется уклон свободной поверхности воды. При этом в самой камере свободная поверхность только переходит (или приближается) к равновесному горизонтальному положению. В обоих случаях получают существенно завышенные значения уклонов судна и гидродинамических сил, которые ограничивают скорость наполнения камеры шлюза.

Для оценки количественной величины ошибки в определении гидравлического уклона воды в камере, автором была разработана математическая модель процесса наполнения камеры шлюза Волго-Донского судоходного канала. /1,2/. Наличие виртуальной модели процесса наполнения дает возможность более детально проанализировать ход волновых процессов и получить принципиально новые данные о гидродинамическом воздействии волн на шлюзующее судно.

В частности, в виртуальной модели было размещено не два, а семь равноотстоящих друг от друга датчиков уровня воды. Уклон поверхности воды определялся линейной аппроксимацией на основе метода наименьших квадратов./3/. Анализ изменяющихся значений уклонов свободной поверхности с помощью кривой Веллера по измерениям в двух, трех, пяти и семи точкам показал, что уклон при семиточечном измерении дает наиболее точные результаты. При определении уклонов свободной поверхности по 5 – 7 точкам, возможная ошибка не превысит 10 %. В случае же использования 2 или 3-точечных наблюдений ошибки составят уже 70-90%. Использование предлагаемого способа позволяет более точно определить гидродинамические силы, действующие на судно, усилия в швартовном тросе, оптимизировать скорости подъема затвора и время наполнения камеры, что отразится на ускорении судопропуска не в ущерб его безопасности.

Список литературы:

1. 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.
2. Ситнов А.Н., Решняк В.И., Слюсарев А.С. Липатов И.В. «Совершенствование методологии исследования гидродинамических процессов в камере судоходного 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. Оценка воздействия потока на судно в процессе шлюзования. Сб. науч. тр. Вып.5 Ч.2 «Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей». Изд-во ГУМРФ им.адм.С.О. Макарова, 2021, с.5-16.

METHODOLOGICAL ISSUES OF ASSESSING THE IMPACT OF THE FLOW ON THE VESSEL DURING THE SLUICING PROCESS.

Igor V Lipatov

Annotation. The acceleration of the passage of ships through the locks is one of the main factors in the intensification of fleet movement. For locks with a head-mounted power supply system, the hydrodynamic forces acting on the lockable vessel are important. Traditionally, their value is made dependent on the slope of the free water surface. The latter is determined by the water levels at the beginning and end of the chamber. The paper shows that this approach overestimates the extreme values of force by 1.5 – 2 times and excludes significant reserves of ship passage from the transport process.

Keywords: locks, slope of free surface, hydrodynamic forces.