



УДК 532.5.032:629.5

## ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СУДНА НА ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

**Лукина Евгения Александровна**, доцент, к.т.н., доцент кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**Чебан Егор Юрьевич**, д.т.н., профессор кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**Глухова Вероника Сергеевна**, магистрант кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов по специальности 26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры, профиль «Гидродинамика»  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

*Аннотация. В статье отмечена актуальность разработки методики оценки гидродинамического воздействия глиссирующего маломерного судна на водный объект. Показана укрупнённая последовательность действий с использованием вычислительной гидродинамики для определения характеристик возмущённого потока. Приведены результаты количественной оценки характеристик возмущённого потока и показателей гидродинамического воздействия на рассмотренные водные объекты.*

*Ключевые слова: гидродинамическое воздействие, характеристики потока, вызванные скорости, глиссирование, показатели устойчивости грунта, экологическая безопасность.*

Повышение скорости движения маломерных судов [1] может оказывать существенное негативное влияние на водные объекты: взмучивание донных отложений, возможное разрушение дна и берегов водоемов за счет вызванных скоростей от корпуса судна и движителя [2]. Это вызывает необходимость оценки его экологического воздействия на водные объекты, в первую очередь малые реки.

По предложению В.Г. Павленко [3] оценка экологического воздействия судна на водный объект может быть выполнена на основании сравнения параметров естественного

потока с его характеристиками в возмущённом присутствием судна состоянии, которые зависят от типа судна и скорости его движения.

Движение глиссирующих судов имеет свои гидродинамические особенности: перераспределение сил взаимодействия корпуса с жидкостью и связанные с этим изменения посадки судна во время движения; образование брызговой струи; отличная от водоизмещающих судов система волн; увеличение давлений на поверхности скольжения и стеснение потока под корпусом судна; локальный упор высокооборотных движителей. Каждая из этих составляющих образует вызванные скорости в потоке, распределение величин которых в суммарной вызванной скорости судна, будет различным.

Для исследования полей скоростей, возникающих вокруг глиссирующего маломерного судна длиной  $L=4,77\text{м}$ , шириной  $B=1,78\text{м}$ , с килеватостью  $\beta=14^\circ$  в эксплуатационном диапазоне скоростей движения от 30 до 60 км/ч. было использовано численное моделирование с помощью программы NUMECA FINE/Marine© [4].

В качестве характеристики возмущённого потока с целью оценки его воздействия на грунт дна водоема было использовано поле абсолютных скоростей, построенное в виде 3D-поверхности для свободной поверхности жидкости в 6 видах расчётной области: изометрии, вид сверху, вид сбоку, вид в корму и вид в нос.

При сопоставлении рисунков с изображениями гидродинамического следа за глиссирующим судном была получена качественная картина его изменения при возрастании скорости судна от 9 до 17 м/с, которая показала, что наиболее существенный вклад в вызванные скорости вносят корабельные волны.

В первом приближении оценка абсолютной скорости Magnitude of Velocity, была выполнена по цветовой заливке в соответствии с цветовой шкалой (рис.2). Более точная оценка выполнялась с помощью построения графиков скорости для ДП судна в точке максимального подъёма жидкости после впадины за кормой, которая рассматривается как точка зарождения системы расходящихся волн от судна (рис.1). Численное значение скорости было получено путём экспорта данных по красной и жёлтой трассировке в текстовый файл и нахождения точки пересечения как совпадающих с точностью до второго знака значений скорости и координаты вдоль расчётной области.

Для получения картины волнового рельефа и количественной оценки волновых характеристик были построены изоповерхности и графики высоты волны в ДП судна (рис.2).

На основе графической и числовой информации были определены значения вызванных скоростей в точке зарождения системы расходящихся волн  $v_B$ , расстояние указанной точки от транца судна  $l_B$ , высоты волны в точке её зарождения  $h_B$  и длины волны  $\lambda_B$ .

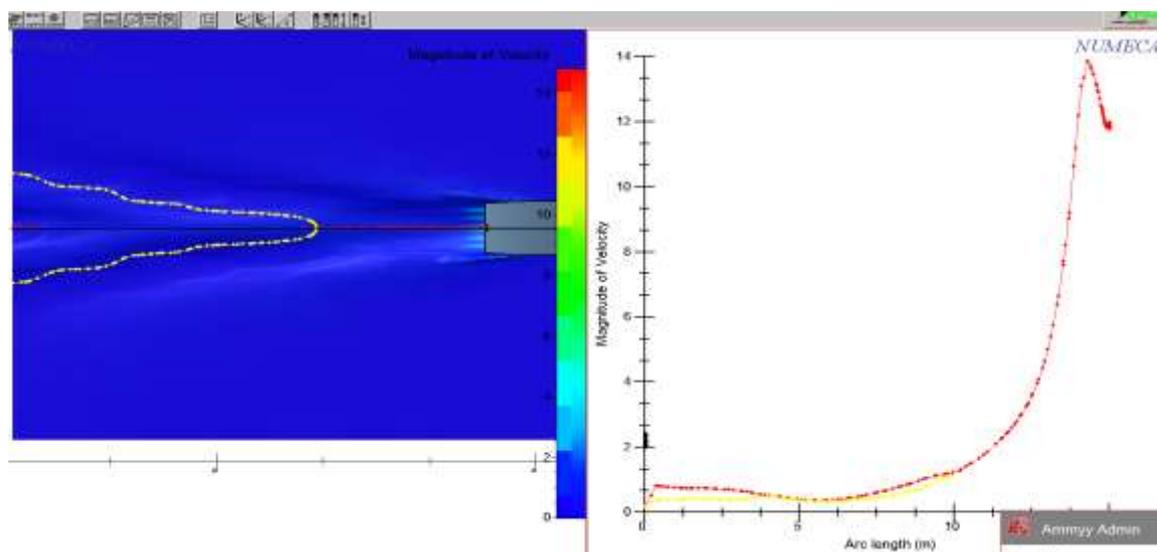


Рис. 1. График Magnitude of Velocity для 11м/с

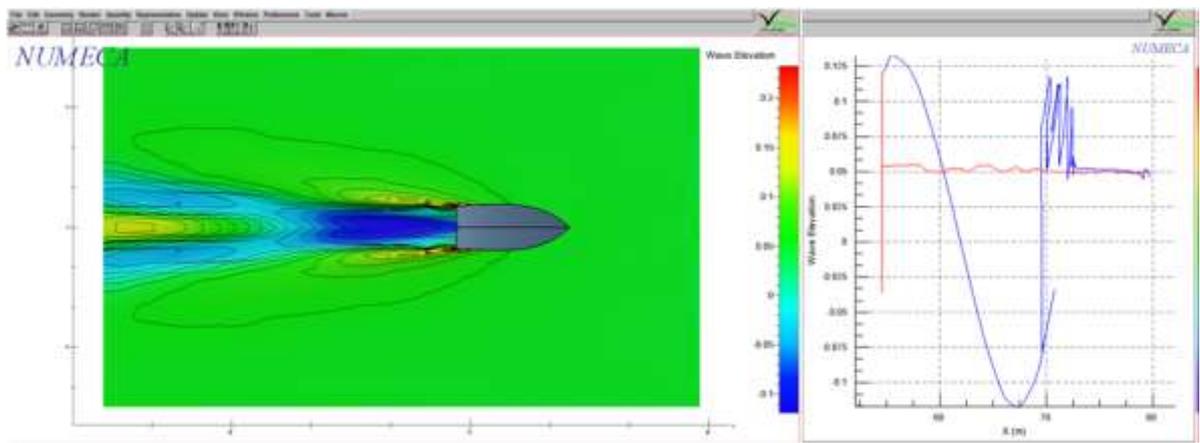


Рис.2. Рельеф свободной поверхности и график высоты волны (для  $v_c=15\text{м/с}$ )

Графически взаимосвязь характеристик потока и скорости движения заданного судна показана на рис.3.

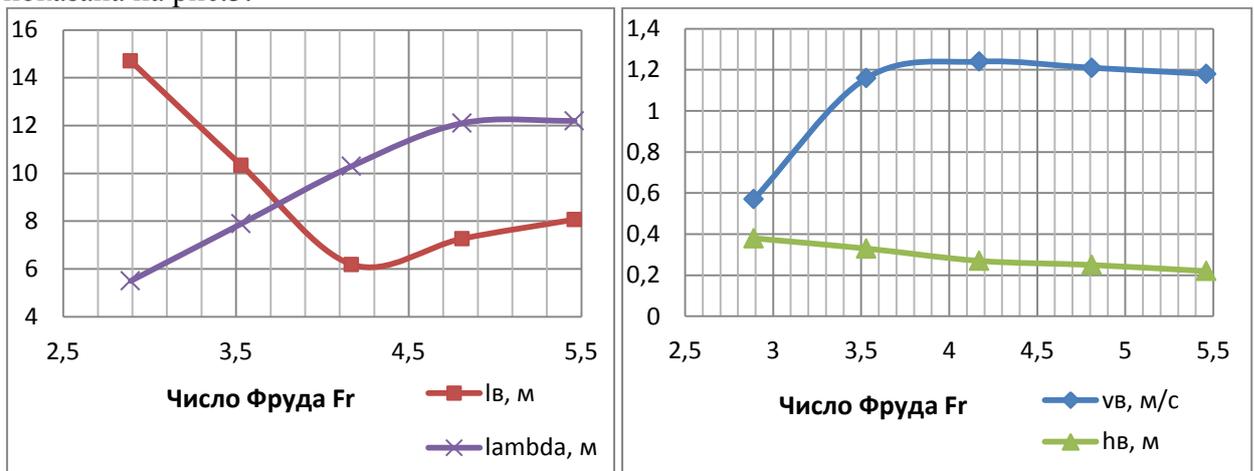


Рис.3. Количественные оценки характеристик потока за глиссирующим судном

Сравнение волновых поверхностей показало, что при увеличении скорости впадина за кормой удлиняется, отдаляя зарождающуюся систему волн, угол между расходящимися волнами уменьшается. Расстояние от транца судна до точки первой волны при выходе на глиссирование уменьшается, совпадая с моментом наибольшего погружения кормы [5]. Вызванные волновые скорости в этом диапазоне чисел Фруда возрастают. При выходе судна на устойчивое глиссирование значения полученных характеристик плавно стабилизируются: расстояние до точки зарождения первой волны начинает плавно увеличиваться, отдаляя систему волн от транца; вызванные скорости незначительно снижаются.

Полученные характеристики потоков позволили определить придонные касательные напряжения в выбранных водных объектах в их естественном и возмущённом присутствии судна. Проведено сравнение рассчитанных касательных напряжений с пороговыми значениями, позволяющее выявить диапазон скорости движения судна с заданной геометрией, безопасной с точки зрения разрушения грунта и взмучивания донных отложений.

Придонные касательные напряжения рассчитаны с использованием коэффициента Шези по известной из гидравлики формуле [6], в которой естественная характеристика течения складывается с вызванной скоростью. Значения вызванной волновой придонной скорости  $v_{вmax}$  определены по формуле из линейной теории волн малой амплитуды на ограниченной глубине.

Оценка гидродинамического воздействия на водоём была проведена для двух притоков Волги – р.Керженец и р.Сура, характеристики которых получены в ходе

«Экспедиции: плавучий университет Волжского бассейна» [7]. Гидравлические характеристики потока рассчитаны по общепринятым формулам [6].

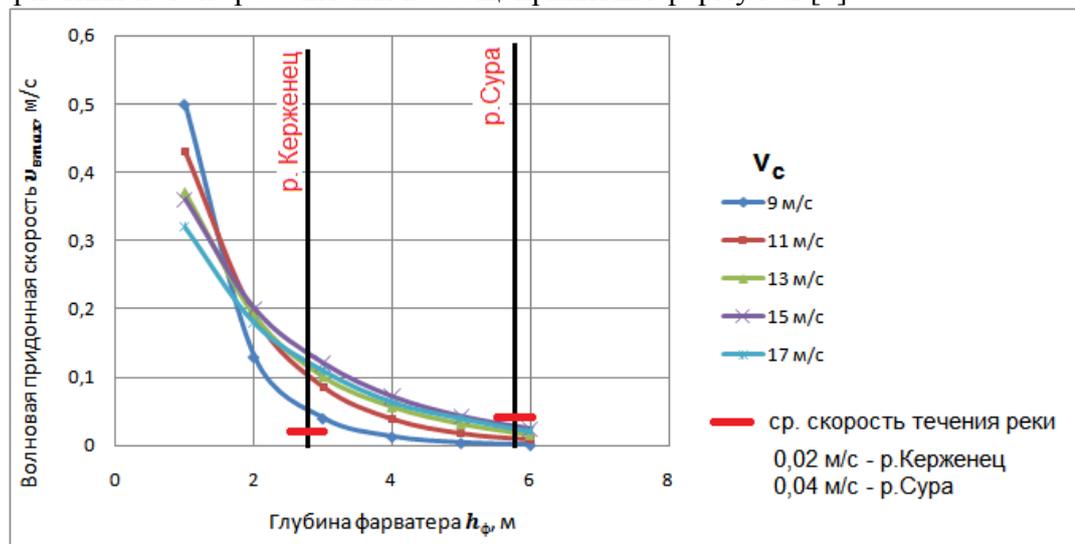


Рис. 4. Вызванные волновые придонные скорости относительно характеристик р. Керженец ( $h_{ф} = 2,8$  м) и р. Сура ( $h_{ф} = 5,8$  м).

При рассмотренных характеристиках судна и водного объекта волновое воздействие глиссирующего маломерного судна не будет приводить к существенным изменениям в донном грунте рассмотренных водных объектов. Однако, превышение вызванных скоростей в р. Керженец над средними естественными значениями может приводить к поддержанию уровня мутности водного объекта.

#### Список литературы:

1. Лукина Е.А, Самосюк А.И., Лискович Е.Е., Кропова Н.В. Оценка сопротивления современных глиссирующих маломерных судов // Труды конгресса «Великие реки» 2020. Выпуск 9, 2020 г.; Материалы науч.-метод. конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. Секция I. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – Режим доступа [http://vf-река-море.рф/2020/PDF/1\\_10.pdf](http://vf-река-море.рф/2020/PDF/1_10.pdf)
2. Лукина Е.А. Воздействие корабельных волн на водоёмы и водотоки // Экология и безопасность эксплуатации судов и водных путей. Труды ВГАВТ, Вып. 298. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2001. – С. 29 – 35.
3. Павленко В.Г. Гидродинамические аспекты экологически чистого судна. // Речной транспорт. – 1990. – №9. – С.30-31.
4. Чебан Е.Ю., Никущенко Д.В. Исследование влияния некоторых особенностей формы корпусов глиссирующих судов на их сопротивление численными методами // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. - 2017. - №48/49. - С. 59-69.
5. А. Даняев. Глиссирование – что же это такое? / КиЯ. 1(259) 2016.– с.46-49.
6. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Гидрология и гидротехнические сооружения: Учебник для вузов по специальности водоснабжение и канализация – Л.: Энергия, 1982. – 598 с., Г.Н. Смирнов, Е.В. Курлович и др.; под ред. Г.Н. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1988. – 472с.
7. Капустин И.А., Мольков А.А., Ермаков С.А., Смирнова М.В. Общая характеристика и особенности структуры течения в акватории Чебоксарского водохранилища от Нижнего Новгорода до Козьмодемьянска // Проблемы экологии Волжского бассейна. – 2019. – URL: <https://www.elibrary.ru>.

#### ASSESSMENT OF THE HYDRODYNAMIC IMPACT OF A VESSEL ON A WATER BODY USING NUMERICAL METHODS

*Abstract.* The article notes the relevance of the development of a methodology for assessing the hydrodynamic impact of a planing small vessel on a water body. An enlarged sequence of actions using the selected CFD method to determine the characteristics of the perturbed flow is shown. The results of a quantitative assessment of the characteristics of the disturbed flow and indicators of hydrodynamic effects on the considered water bodies are presented.

*Keywords:* hydrodynamic impact, flow characteristics, induced velocities, planing, soil stability indicators, environmental safety.