



«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»
(«ВОЛГА-2023»)

Труды 8-й всероссийской научной конференции
Выпуск 6, 2023г.



ISBN 978-5-901722-85-5

УДК 626/627

**ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РЕКИ В СТВОРЕ
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА С ПОМОЩЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Куприна Екатерина Максимовна, аспирант кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В статье приведено исследование скоростного режима реки в створе мостового перехода с помощью математического моделирования. Для оценки влияния мостовых опор на русло реки на начальном этапе исследований выполнено построение математической модели элементарной геометрии русла с постоянной глубиной с добавлением опор моста прямоугольного сечения. Исследования проведены в программном комплексе FlowVision. Основным критерием анализа является скоростное поле потока в районе опор и ниже по участку, что обуславливается сложностью процесса взаимодействия потока с конструкцией опор.

Ключевые слова: Скоростной режим, опоры моста, математическая модель, скорость течения, водный поток, эпюра скоростей, поток.

Мосты являются неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры Российской Федерации, которые обеспечивают связь между различными территориями. Однако все возводимые мостовые переходы в той или иной мере оказывают негативное влияние на русловые процессы и судоходство. Это связано с тем, что мосты частично перекрывают русло, что приводит к изменениям в гидравлике потока речного русла. В случае установки опор без учета особенностей руслового режима реки может привести к значительному ухудшению условий судоходства в районе мостового перехода. Для ряда регионов России, где социально-экономическое развитие во многом зависит от регулярного судоходства по рекам, затруднения, связанные с проводкой судов под мостами, могут привести к возникновению аварийных ситуаций, связанных с навалом судов на опоры моста, посадкой на мель при развороте судов с частичным или полным перекрытием судового хода на участке.

Оценку влияния мостовых переходов на русловой режим и судоходство целесообразно производить с помощью математического программного комплекса, который позволяет спрогнозировать поведения потока и тенденцию развития русла на исследуемом участке реки.

На первом этапе исследований, результаты которых приведены в статье, за математическую модель принято русло реки с постоянной глубиной $T=2\text{м}$ и

установленными в потоке мостовыми опорами прямоугольного сечения шириной $B=3\text{м}$. Расчет и анализ результатов проводился на базе программного комплекса FlowVision.

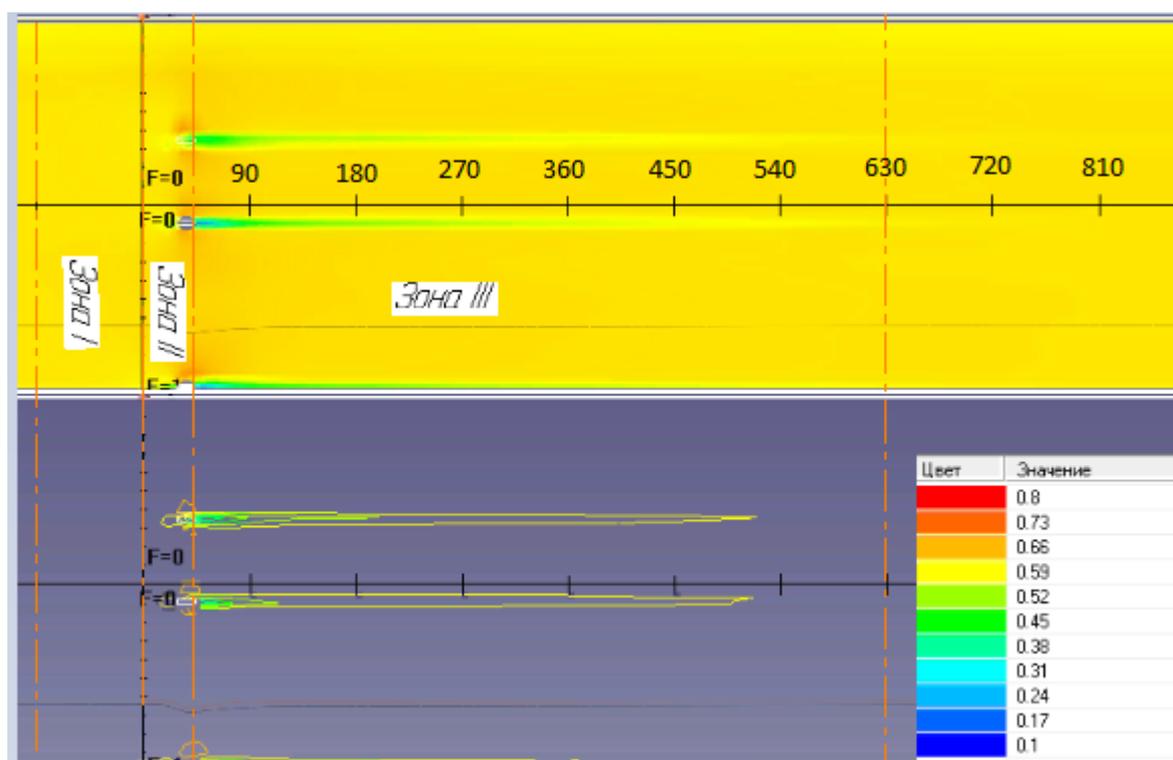


Рис. 1. Распределение скоростей на участке.
(А-общее распределение скоростей; Б- изолинии распределения скоростей в створе мостового перехода)

Согласно полученным результатам (Рис.1), работу опор в потоке можно условно разделить на три зоны. Первая зона (I) находится выше створа мостовых опор и характеризуется постепенным отклонением потока в сторону свободной части. Ее длина в рассматриваемой модели составляет 90м. Анализ поля скоростей показал отсутствие каких-либо отклонений в сторону увеличения или уменьшения в значениях или изменений направления потока и наличия резких перепадов в уровне воды между верхней и нижней границами рассматриваемой зоны.

Вторая, относительно короткая (45м), зона (II) расположена в пределах мостового перехода и представляет собой наиболее сжатое для транзитного потока сечение. Здесь происходит повышение отметки свободной поверхности воды в результате турбулентного обмена, вызванного набеганием и перемешиванием водного потока вблизи искусственных преград в русле в виде опор моста. В пределах зоны II образуется начальный подпор с выравниванием уклонов свободной поверхности и локальным замедлением скоростей. Далее происходит «прорыв» потока из зоны турбулентности и скорости течения увеличиваются (Рис 2), достигая своих максимальных значений непосредственно в самом сжатом сечении (между опор моста).

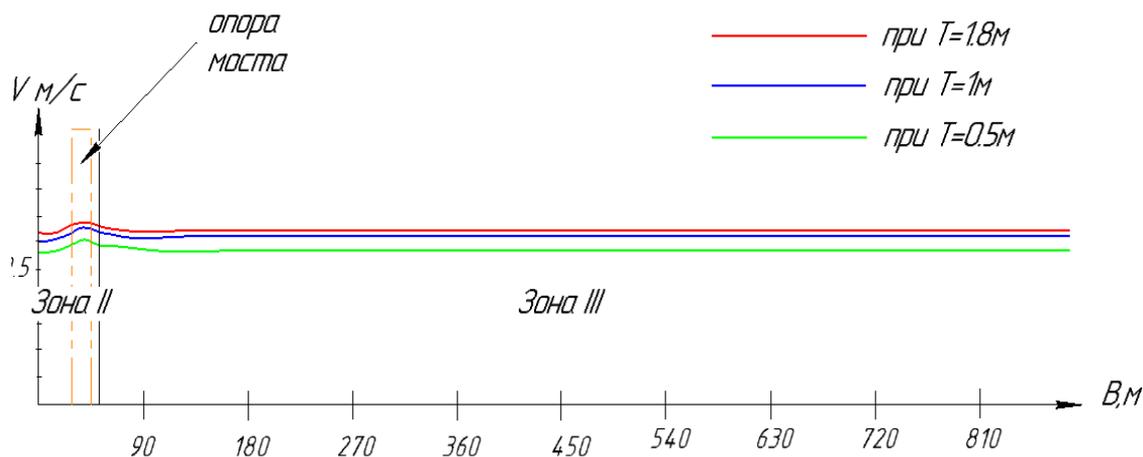


Рис. 2. Продольное сечение распределения скоростей по судоходному пролету

III зона является самой протяженной из трех. В рассматриваемой математической модели её протяженность составляет 630м. Здесь происходит постепенное успокоение потока, скорости уменьшаются, поток приходит в свое обычное состояние.

Представляет интерес падение скоростей в «послеопорной» зоне (зона II и III). Эффект скоростной неравномерности «нижнего бьефа» мостового перехода, вызывается между опорным перераспределением, протяженность которого составляет 510м.

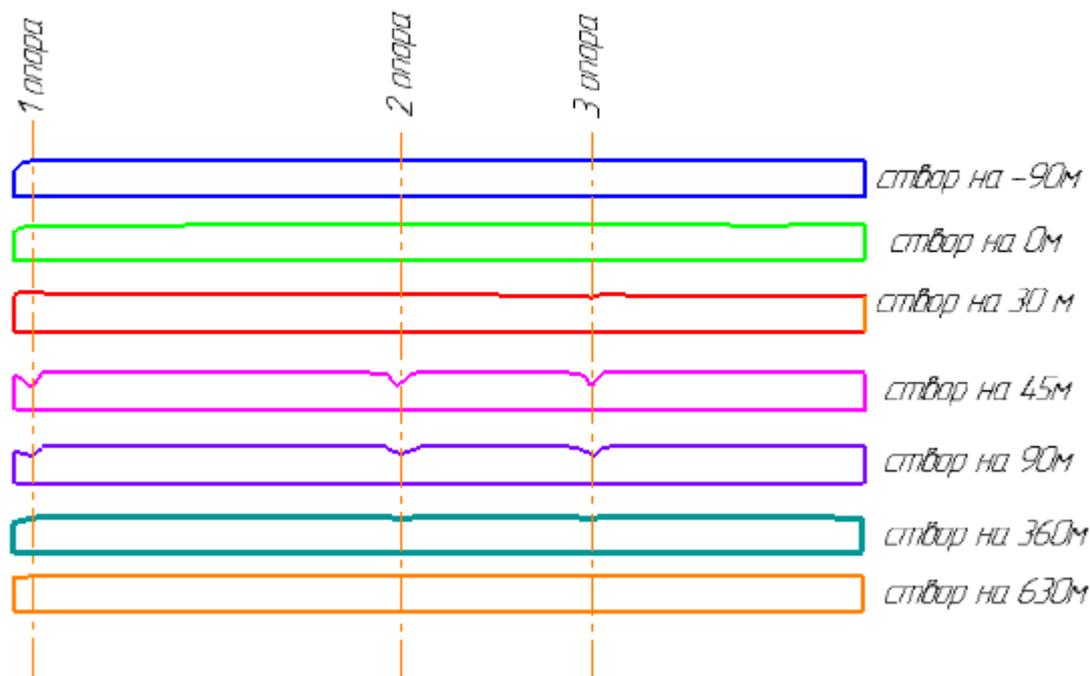


Рис. 3. Эпюры распределения скоростей по ширине

Непосредственно за опорами образуются затонская область со скоростями течений в диапазоне от 0,45 до 0,59 м/с.

По полученным очертаниям эпюр скоростей (Рис 3) видно, что с 0 по 30 м, длины в рассматриваемой модели, начинается частичное скоростное искажение. Однако скорости еще обладают близкими значениями. Начиная с 45м, непосредственно за опорами, ярко прослеживается падение скоростей по сечению мостовых опор, что говорит о начале образования зоны пониженных скоростей.

Таким образом, скоростная картина участка следующая:

-Зона I мало подвержена скоростным изменениям, следовательно деформации русла на этом участке практически не будут происходить.

- В II зоне скорости обладают наибольшими значениями. На участке также наблюдается и поверхностное искажение водного потока за счет набегания воды на опоры моста и образования турбулентных течений. Высока вероятность размыва между опорами моста.

- В начале III зоны, а именно 45-110м для 2 опоры и 40-220м для 1 и 3 опоры, скорости падают с 0,59 до 0,45м/с, что говорит о начале образования зоны пониженных скоростей. Этот участок будет наиболее сильно подвержен намыву. Далее скорости вновь начинают стабилизироваться и приближаться к естественным значениям и направлению потока

Список литературы:

1. Гришанин, К. В. Водные пути [Текст] / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М. Селезнев. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с
2. Липатов И.В Исследование гидродинамики речного потока на базе численного моделирования: учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ/ И.В. Липатов, М.В. Молчанова.- Н.Новгород: Из-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009-36 с.
3. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик - Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 448 с.
4. Р.Д Фролов. Улучшение судоходного состояния перекатного участка реки: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальности 270104 «Гидротехническое строительство» / авт.- сост. Р.Д Фролов, Ю.Е. Воронина. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2007-40с.

INVESTIGATION OF THE SPEED REGIME OF THE RIVER IN THE ALIGNMENT OF THE BRIDGE CROSSING USING MATHEMATICAL MODELING

Ekaterina M. Kuprina

Abstract. The article presents a study of the speed regime of the river in the alignment of the bridge crossing using mathematical modeling. To assess the effect of bridge supports on the riverbed, at the initial stage of research, a mathematical model of the elementary geometry of the riverbed with a constant depth with the addition of rectangular bridge supports was constructed. The research was carried out in the FlowVision software package. The main criterion of the analysis is the velocity field of the flow in the area of the supports and below the site, which is due to the complexity of the process of interaction of the flow with the structure of the supports.

Keywords: *High-speed mode, bridge supports, mathematical model, flow velocity, water flow, velocity plot, flow.*