



УДК 626.01

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОСТОВЫХ ОПОР НА СКОРОСТНОЙ РЕЖИМ РЕКИ В СТВОРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

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 представлено исследование влияния параметров опор моста на скоростной режим реки в районе мостового перехода. Основными критериями анализа являются - длина и ширина опор моста, и их обтекаемость. Полученные результаты показали скоростные изменения в трех расчетных областях: I - на подходе к мосту; II - в створе мостового перехода; III – за мостом. Выявленные скоростные изменения потока могут быть использованы при анализе русловых переформирований в створе мостового перехода.

Ключевые слова: мостовые опоры, скорость потока, длина мостовых опор, обтекаемость, ширина мостовых опор, кинетичности потока.

Мосты играют важную роль в транспортной инфраструктуре Российской Федерации, обеспечивая связь между различными регионами. Однако все существующие и строящиеся мостовые переходы в той или иной степени оказывают негативное воздействие на русловые процессы и судоходство. Это связано с тем, что опоры ограничивают судовую ход по ширине, а полотно сооружения высотный габарит судна. Кроме того, навигационные условия при проходе судов через створ моста усложняются неравномерностью потока [1 – 5,7,9]. На подходе к опорам сооружения поток разделяется, а непосредственно за ними - возникают водоворотные зоны и образуются свальные течения, что приводит к боковому смещению судна от намеченного курса. Отклонение от оси судового хода может привести к сносу судна в сторону опор, что создает риск навала на опоры или посадки на мель при выходе за пределы судоходной полосы в пролете моста.

При оценке влияния мостовых переходов на русловой режим и судоходство необходимо учитывать, что конфигурация опор моста влияет на степень изменения гидравлического и руслового режима реки до и после сооружения. Данное утверждение подтверждает М.А. Мостков, в своем гидравлическом справочнике 1954 года [6]. Опираясь на опыт К.М. Наглера, при удлинении опоры моста до тринадцатикратной ширины ($L=12B$) кинетичность потока увеличивается примерно на 4%, а при изменении формы с хорошо обтекаемой (овальной) на плохо обтекаемую (прямоугольную) – до 10%. Модель Мосткова и Наглера описывает участок русла простой конфигурации ($T=\text{const}$) с одной деформируемой мостовой опорой, где учитываются изменения длины и формы опоры без учета параметра ширины. Анализ проведен исключительно у опоры моста, вследствие чего имеет ряд недостатков:

1) Неучтенность фактора изменения скоростных показателей в судоходном пролете при движении на некотором расстоянии от мостовых опор;

2) Неучтенность изменения кинетичности потока при уширении опор моста.

С целью уточнения результатов, полученных Мостковым и Наглером, а также для дальнейшего использования полученных результатов в анализах русловых переформирований, проводится анализ влияния изменения геометрии мостовых опор на кинетичность потока с использованием программного комплекса FlowVision [10].

Для исследования выбран участок р. Белая в естественном состоянии. В намеченном створе предполагаемого нового моста вписывались опоры различной конфигурации. Местоположение расчетных створов (№1,3) выбрано в зависимости от конфигураций мостовых опор. Их расположение обусловлено необходимостью оценки изменения параметров гидравлики потока в створе и выше и ниже сооружения (на входе и выходе из сжатой зоны). Первый створ – в зоне постепенного сжатия потока, третий створ – в зоне растекания потока, и меняют свои позиции в зависимости от длины мостовых опор. Второй створ (зона сжатия) имеет фиксированное расположение в центре мостовой опоры.

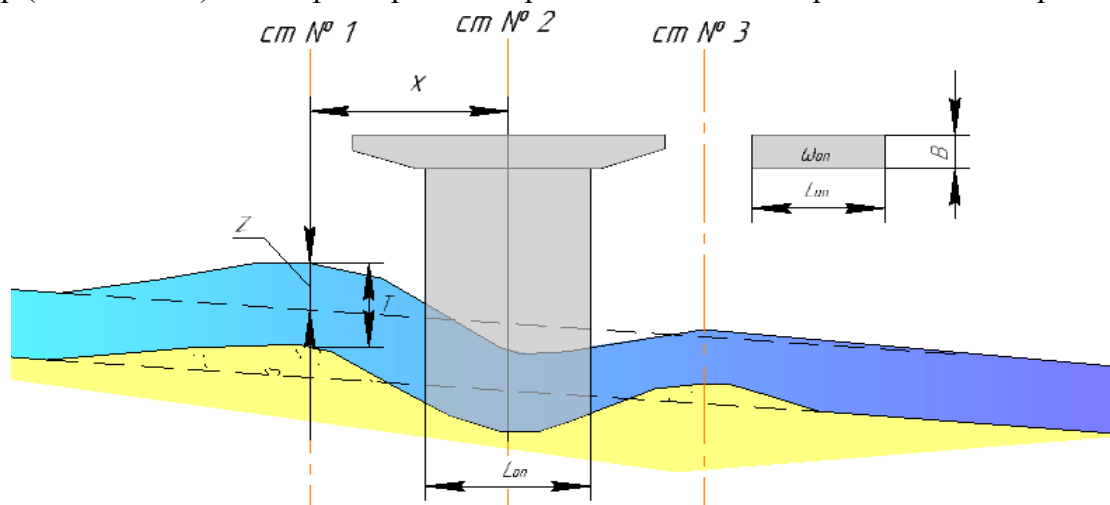


Рис. 1. Расстановка расчетных створов

Анализ изменений скоростных показателей в зависимости от конфигураций мостовых опор осуществляется на основе трех критериев: 1) изменение обтекаемости опор моста, 2) изменение длины мостовых опор и 3) изменение ширины опор.

Изменение обтекаемости опор моста

Для анализа влияния обтекаемости на кинематику потока рассматриваются два типа мостовых опор с длиной $L=8$ м и шириной $B=4$ м. Результаты расчетов представлены в таблице 1, а изменение скоростных показателей графически представлены на рис.2

Таблица 1

Изменение скоростных показателей в зависимости от степени обтекаемости мостовых опор

Обтекаемость № створа	Скорость потока V , м/с		
	1 створ	2 створ	3 створ
Плохо обтекаемая (прямоугольная)	0,4014	0,4207	0,40951
Хорошо обтекаемая (овальная)	0,3968	0,40033	0,40882

Полученные результаты подтверждают теорию Наглера, однако, в отличие от его утверждений, изменения скоростей будут наблюдаться не только вблизи мостовых опор, но и на протяжении всего рассматриваемого участка.

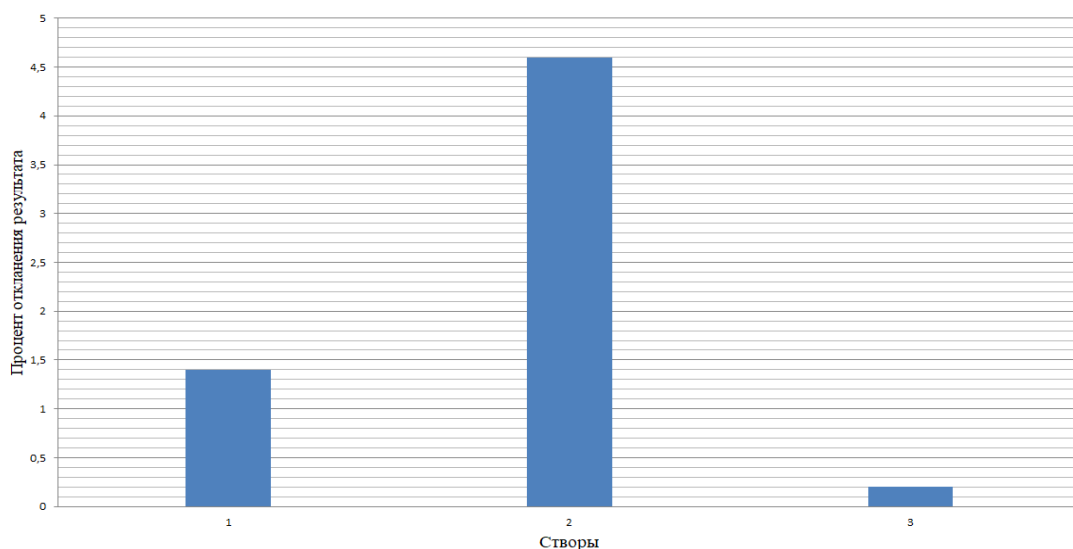


Рис.2. Изменения скоростных показателей в зависимости от степени обтекаемости мостовых опор

Согласно полученным данным, наибольшие изменения скоростей фиксируются на втором створе – 4,6% и на первом створе – 1,4%. Минимальные изменения наблюдаются на третьем створе – 0,2%, что свидетельствует о том, что форма конфигурации мостовых опор практически не влияет на скоростные характеристики в зоне растекания (третий створ).

Изменение длины мостовых опор L

Для анализа влияния длины мостовых опор на скоростную кинематику потока рассматриваются опоры с плохо обтекаемой формой и шириной $B=4$ м, но с различной длиной L . Результаты расчетов представлены в таблице 2. На рис 3 графики зависимости скорости потока от длины опор демонстрируют набор полиномиальных линий тренда с достоверностью $R^2=0,99253$. Это решение было принято для устранения небольших неточностей, возникших из-за невозможности захвата сеткой всего сложного рельефа дна реки.

Таблица 2

Изменение скоростных показателей в зависимости от длинных мостовых опор

№ створа Дл. опор	Скорость потока V, м/с					
	4	8	12	24	36	48
1 створ	0,401153	0,4014	0,40162	0,40177	0,402	0,4017
2 створ	0,419253	0,4207	0,4208	0,4208	0,42073	0,42077
3 створ	0,409627	0,4095	0,41127	0,41133	0,41125	0,411

Как и в случае с критерием обтекаемости, полученные результаты скоростей подтверждают теорию Мосткова и Наглера о увеличении кинетичности потока с ростом длины L [6]. Однако наблюдаемый рост составляет менее 1% для всех расчетных створов, что свидетельствует о том, что увеличение длины опоры незначительно влияет на кинематику потока. Следовательно, при дальнейшем определении скоростей в створе мостового перехода этим фактором можно пренебрегать.

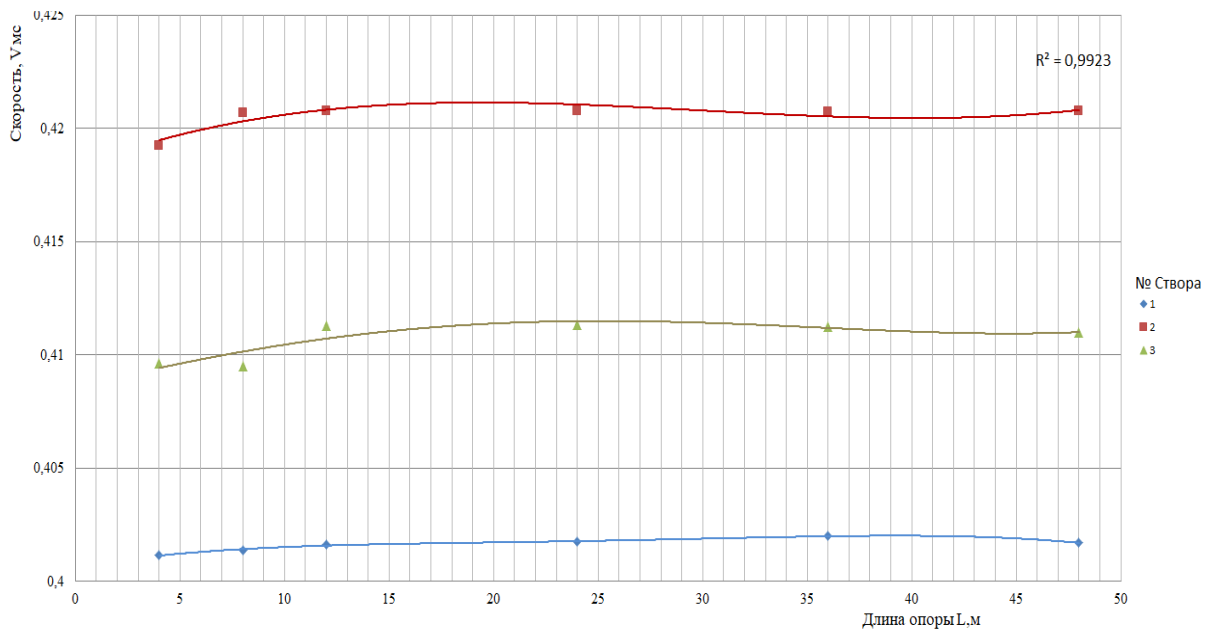


Рис.3. Изменения скорости течения по длине расчетного участка от длины мостовых опор

Изменение ширины мостовых опор В

Для анализа влияния ширины мостовых опор на скоростную кинематику потока рассматриваются опоры с плохо обтекаемой формой и различной шириной, при фиксированной длине $L=8$ м. Результаты расчетов представлены в таблице 3 и на рис 4.

Таблица 3

Изменение скоростных показателей в зависимости от ширины мостовых опор

Ширина опоры В, м		4	6	8	10	12
Скорость, V м/с	1 створ	0,4014	0,4028	0,40572	0,40623	0,40967
	2 створ	0,4207	0,4314	0,4387	0,4524	0,4667
	3 створ	0,4095	0,428	0,4378	0,4590	0,4939

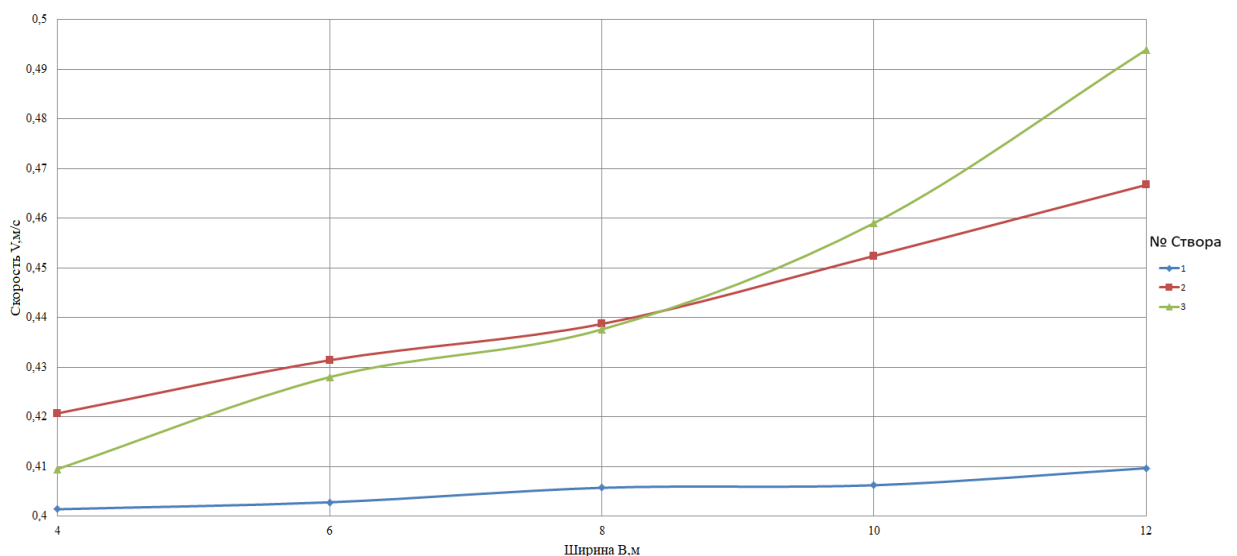


Рис.4. Изменения скорости течения по длине расчетного участка от ширины мостовых опор

Согласно полученным результатам, увеличение ширины мостовой опоры приводит к росту скоростных показателей на всех створах. Для первого створа, расположенного в зоне сжатия, диапазон увеличения скоростей составляет около 1% на каждые 2 м

увеличения ширины мостовой опоры, что указывает на незначительное влияние этого параметра на кинематику потока в зоне сжатия. Для створов 2 и 3, находящихся в зоне сжатия и зоне растекания соответственно, увеличение скорости на каждые 2 м ширины мостовой опоры колеблется в пределах 2,4-7,5% для третьего створа и 1,7-4,6% для второго створа, что свидетельствует о значительном влиянии изменения ширины B на кинематику потока. При этом максимальные скорости наблюдаются на втором створе при ширине $B=8$ м и на третьем створе при ширине мостовой опоры свыше 8 м. Таким образом, результаты показывают, что при достижении степени сжатия свыше 1,1 (при $B>8$ м) скоростные характеристики ниже сооружения будут выше чем в сжатой зоне (в зоне мостового перехода – 2 створ).

Заключение

Исходя из проведенного анализа влияния геометрических критериев на скоростные характеристики потока в створе мостового перехода, можно сделать следующие выводы:

- 1) Изменение геометрических параметров мостовых опор приводит к изменению скоростных значений во всех рассматриваемых зонах;
- 2) Основными критериями, влияющими на показатели скорости V , являются ширина мостовой опоры B и степень обтекаемости;
- 3) При изменении конфигураций опор изменения скоростной структуры несущественны для первого створа, расположенного на подходе к мостовым опорам (в зоне постепенного сжатия);
- 4) Для мостовых опор шириной не более 8 м, независимо от их геометрического типа, максимальные скорости наблюдаются в области максимального сжатия потока (второй створ). При ширине мостовых опор свыше 8 м скоростные показатели ниже сооружения будут значительнее, чем в зоне сжатия (в зоне мостового перехода – 2 створ).

Список литературы:

1. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов - до в. М.: Транспорт, 1980.
2. Вальгер С.А., Федорова Н.Н., Федоров А.В. Структура турбулентного отрывного течения в окрестности установленной на пластине призмы с квадратным сечением.// Теплофизика и аэромеханика, 2015, том 22, No 1
3. Куприна, Е. М. (2024). Исследование влияния направления водного потока и конфигураций опор моста на местный размыв дна реки. *Научные проблемы водного транспорта*, (79), 227-237. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi79.484>
4. Куприна Е.М., Воронина Ю.Е. - Влияние конфигураций опор на возникновение неправильных течений Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2022.
5. Михалев М.А., Алибеков А.К.-Выбор оптимального типа опоры и оценка величины местного размыва//Природ обустройство -2011 -1997-6011
6. Мостков М.А Гидравлический справочник / Под редакцией Латышенкова А.М – Москва 1954г
В.В. Кулебякин, В.К. Недбальский. – Минск: БНТУ, 2012. – Ч. 3. – 56 с
7. 10. Журавлев М.М . Местный размыв у опор мостов. М. : Транспорт, 1984.
8. Пичугов Г.С. Влияние формы фундамента мосто - вых опор на местный размыв. - Труды Гипродорнии, вып.31 .М.,1980.
9. Ярославцев И,А. Расчет местного размыва у мостовых опор. ЦПИИС. Сообщение No 80. М., 1956.
10. Липатов, И. В. Особенности создания математической модели и ее реализации для моделирования гидродинамики речного потока в нижнем течении р. Оки / И. В. Липатов // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – № 78. – С. 156-168. – DOI 10.37890/jwt.vi78.444. – EDN ZPORHF.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CHANGES IN THE PARAMETERS OF BRIDGE SUPPORTS ON THE SPEED REGIME OF THE RIVER IN THE AREA OF THE BRIDGE CROSSING

Kuprina Ekaterina Maksimovna

Abstract. The article presents a study of the influence of the parameters of the bridge supports on the speed regime of the river in the area of the bridge crossing. The main criteria for the analysis are the length and width of the bridge supports, and their streamlining. The results obtained showed rapid changes in three computational domains: I - on the approach to the bridge; II - in the alignment of the bridge crossing; III – behind the bridge. The revealed velocity changes in the flow can be used in the analysis of channel transformations in the alignment of the bridge crossing.

Keywords: bridge supports, flow velocity, length of bridge supports, streamlining, width of bridge supports, flow kinetics.