

УДК 656.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА УСТЬЕВОГО УЧАСТКА Р. ОКА НА ПОДХОДАХ К ПРИЧАЛАМ РЕЧНОГО ВОКЗАЛА Г. НИЖНИЙ НОВГОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Смирнов Сергей Владимирович¹, магистрант кафедры водных путей и гидротехнических сооружений,

e-mail: ser_smir777@mail.ru

Воронина Юлия Евгеньевна¹, доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений,

e-mail: yulez@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье исследуется устьевой участок реки Оки у Речного вокзала Нижнего Новгорода. Ключевая проблема — устойчивая заносимость акватории и подходов к причалам, вызванная изменением гидравлического режима реки, что привело к прекращению заходов круизных судов. В работе обосновываются технические решения по восстановлению необходимых судоходных глубин для возобновления пассажирского сообщения.

Ключевые слова: заносимость акватории, полузапруды, судоходные глубины, гидравлический режим, заносимость причалов, русловые процессы, FlowVision, 3D-моделирование, ArchiCAD.

STUDY OF THE VELOCITY REGIME OF THE OKA RIVER ESTUARY AREA AT THE APPROACHES TO THE BERTHS OF THE NIZHNY NOVGOROD RIVER STATION BASED ON THE RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING

Sergey V. Smirnov¹, Master's student at the Department of Waterways and Hydraulic Structures,

e-mail: ser_smir777@mail.ru

Yulia E. Voronina¹, Associate Professor at the Department of Waterways and Hydraulic Structures,

e-mail: yulez@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article examines the estuary section of the Oka River near the River Station in Nizhny Novgorod. The key issue is the persistent sedimentation of the water area and approaches to berths, caused by changes in the hydraulic regime of the river, which has led to the cessation of cruise ship calls. The study substantiates technical solutions for restoring the necessary navigable depths to resume passenger traffic.

Keywords: water area sedimentation, spur dike, navigable depths, hydraulic regime, berth siltation, channel processes, FlowVision, 3D modeling, ArchiCAD.

Настоящая работа посвящена гидротехническому исследованию устьевому участку реки Оки с целью улучшения судоходных условий у Речного вокзала Нижнего Новгорода. Актуальность исследования обусловлена сложными гидрологическими условиями в зоне слияния рек. Неблагоприятные течения, активное переформирование русла и повышенная заносимость фарватера создают навигационные риски и ведут к росту эксплуатационных затрат. При этом причалы Нижнего Новгорода являются ключевым элементом транспортной и рекреационной инфраструктуры города. В настоящее время из всей причальной линии функционирует лишь малая часть, остальная береговая инфраструктура простаивает. Выделяются две основные причины: мелководье у причальной стенки и, что более значимо, отсутствие необходимых судоходных глубин на подходах к причалам. Оба фактора обусловлены интенсивным накоплением речных наносов в акватории. Установлено, что ключевое влияние на эти процессы оказало возведение Метромоста через реку Оку. После ввода моста в эксплуатацию гидравлический режим потока существенно изменился: в срединной части русла произошло увеличение скоростей течения, тогда как в прибрежной зоне скорости ощутимо снизились. Следствием перераспределения скоростного режима стала устойчивая заносимость береговой полосы донными отложениями. Заносимость затронула не только подходы к причалам, но и в определённой степени основной судовой ход. Параллельно на участке Городец – Нижний Новгород также наблюдаются серьёзные судоходные проблемы. В совокупности указанные факторы привели к почти полному прекращению заходов пассажирских круизных теплоходов к Речному вокзалу. В отдалённой перспективе после восстановления необходимых глубин данный причальный узел планируется задействовать для пропуска интенсивного пассажирского потока. Таким образом, детальное гидротехническое обследование устьевой части Оки и выработка практических мер по возобновлению безопасного судоходства являются актуальной научно-прикладной задачей.

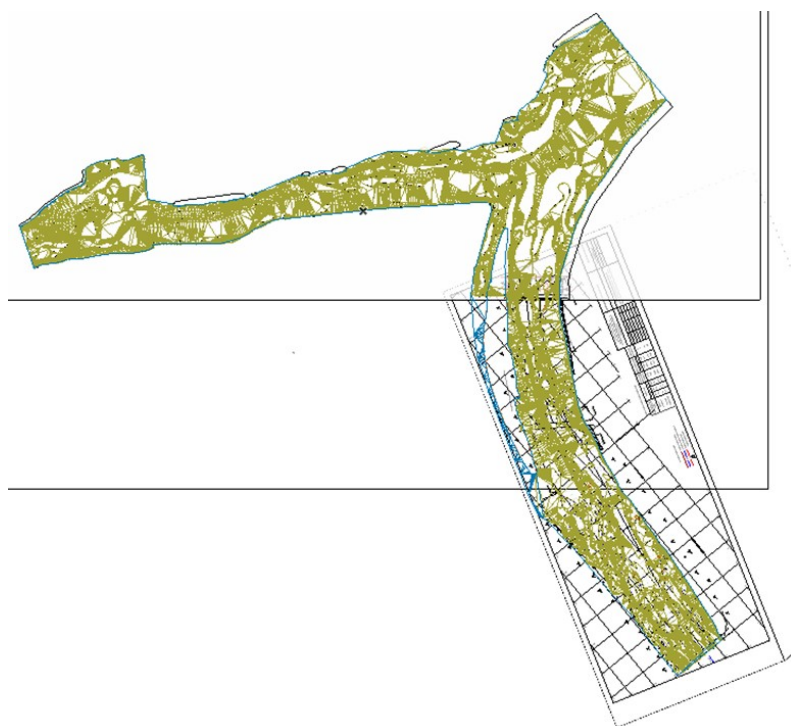


Рисунок 1 – Визуализация акватории в окне трехмерной модели ArchiCAD

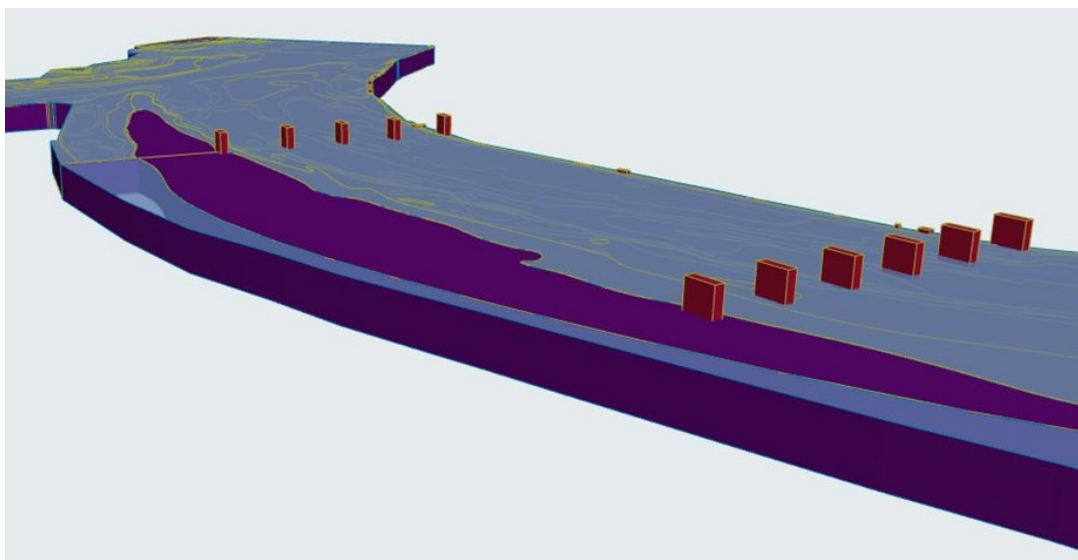


Рисунок 2 – Отображение опор мостов в построенной 3D модели

Геометрическая привязка объектов по заданным координатам обеспечила приближение к натурным условиям и позволила получить детальную картину гидродинамических процессов — распределение нагрузок, зоны подмыва и обтекание конструкций. Для анализа из 3D-модели усечением выделили фрагмент у речного вокзала с неоднородной обстановкой. Усечённая модель в формате STL была передана в FlowVision, что исключило избыточную загрузку сетки и направило ресурсы на точное моделирование этой зоны.

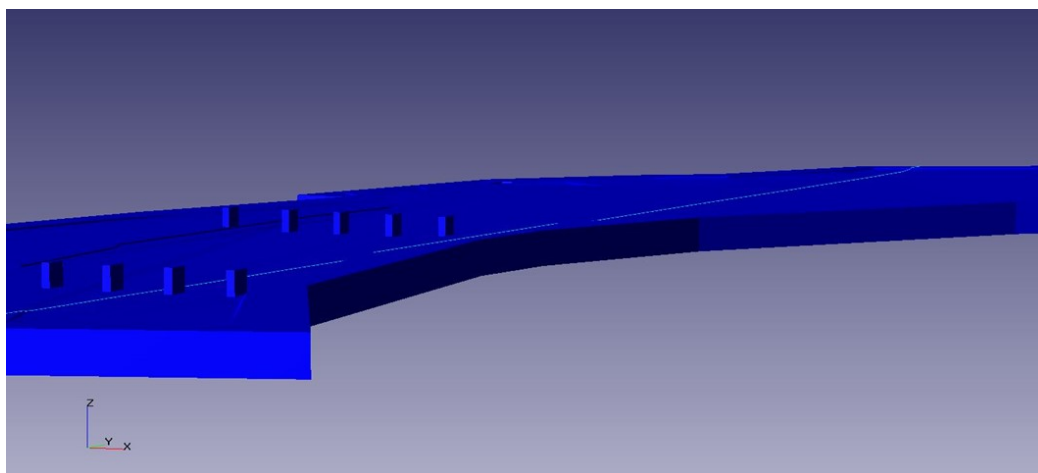


Рисунок 3 – Общий вид усеченной 3D модели в программном комплексе FlowVision

На следующем этапе для интегрированной модели в FlowVision были заданы граничные условия: параметры входящего потока и характер его контакта с твёрдыми поверхностями (причалы, дно, опоры мостов). В процессе расчёта программа последовательно решает уравнения для каждой ячейки сетки, получая количественные распределения скоростей, давлений и турбулентностей.

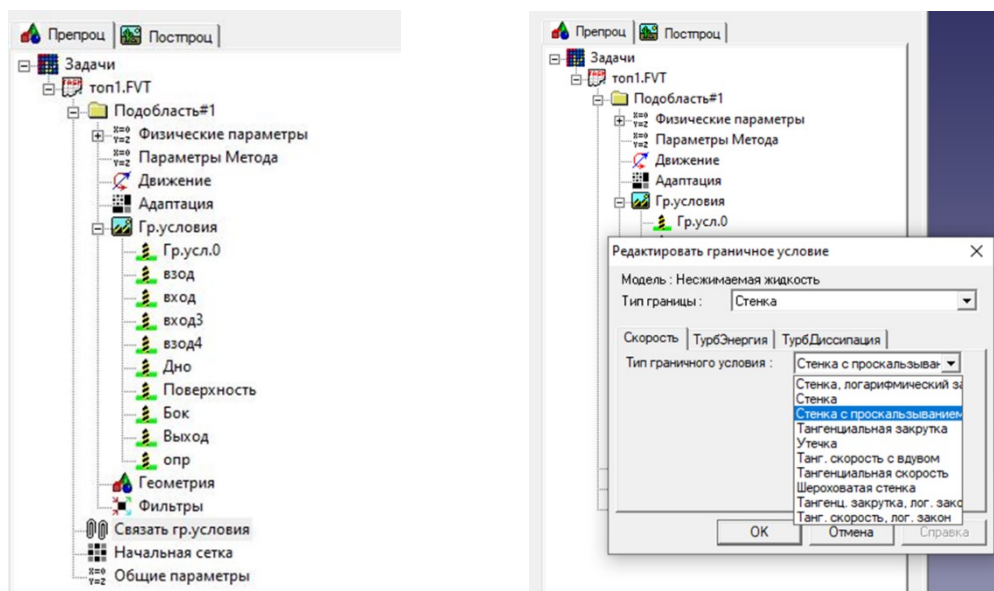


Рисунок 4 – Пример созданных граничных условий, использованных в работе

На основе гидродинамического анализа выявлены негативные факторы: дефицит скоростей течения, зоны застойных явлений и неравномерность распределения наносов. Для улучшения ситуации предложена полузапруда. Её геометрические параметры рассчитаны по методическому пособию. Геометрия сооружения конвертирована в формат STL для интеграции в FlowVision с заданием граничного условия «Стенка», что позволяет провести сравнительный анализ.



Рисунок 5 – Результат моделирования по созданию 3D модели полузапруды в ArchiCAD

На данном этапе запланирована интеграция STL-модели полузапруды в FlowVision. Для подбора оптимальной ориентации относительно потока сооружение последовательно размещались под разными углами (отдельные сценарии). В статье приведены наиболее контрастные модели.

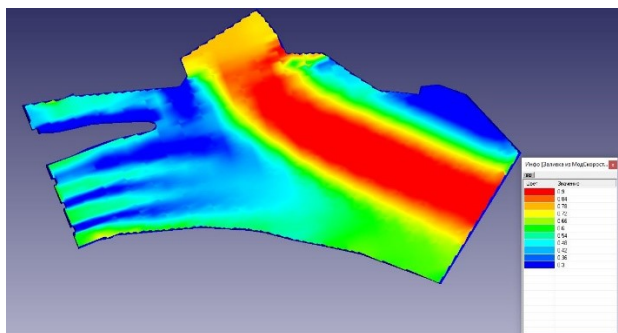


Рисунок 6 – Вид основной модели, просчитанной в программном комплексе FlowVision, без интегрированных полузапруд

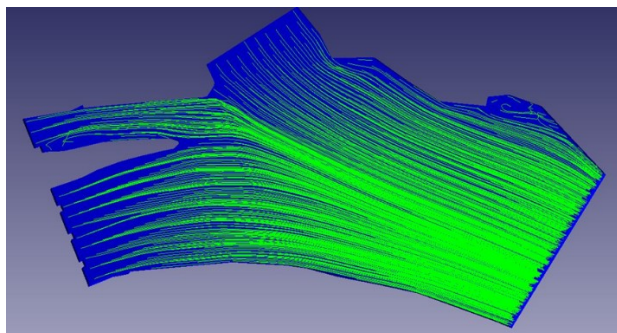


Рисунок 7 – Отображение скоростей в просчитанной модели в программном комплексе FlowVision, без интегрированных полузапруд

Начальный вариант — полузапруды под углом 17° к потоку. Такое положение практически не изменяет натурную обстановку — перераспределение скоростей минимально, влияние локально и не решает поставленных задач.

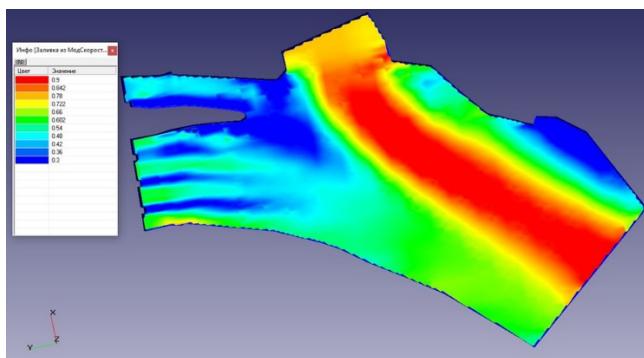


Рисунок 8 – Вид модели с просчитанным сценарием в программном комплексе FlowVision с интегрированием полузапруды под углом 17° градусов

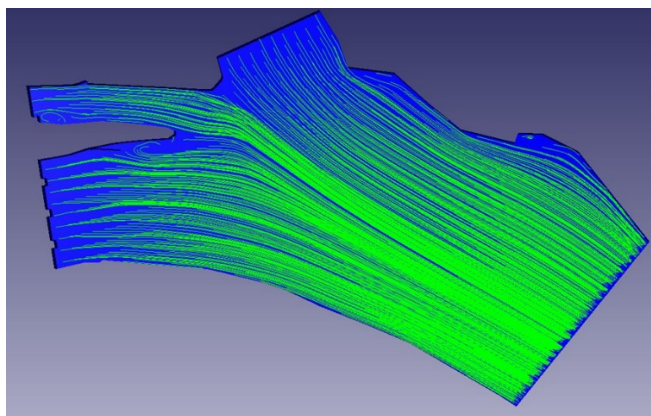


Рисунок 9 – Отображение скоростей в модели с просчитанным сценарием в программном комплексе FlowVision с интегрированием полузапруды под углом 17 градусов

На следующем этапе рассматривается нестандартная конфигурация, включающая две последовательно установленные полузапруды под углом 50° к основному потоку. В отличие от варианта с одним сооружением, это решение создаёт суммарный эффект: вклад каждой полузапруды в перераспределение донных течений обеспечивает вынос осадочного материала за пределы причальной зоны.

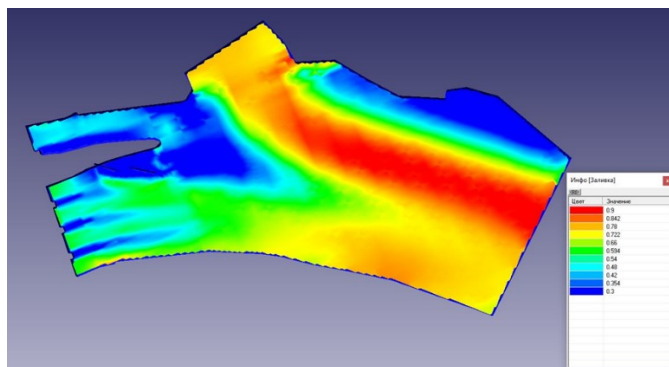


Рисунок 10 – Вид модели с просчитанным сценарием в программном комплексе FlowVision с интегрированием последовательно идущих полузапруд

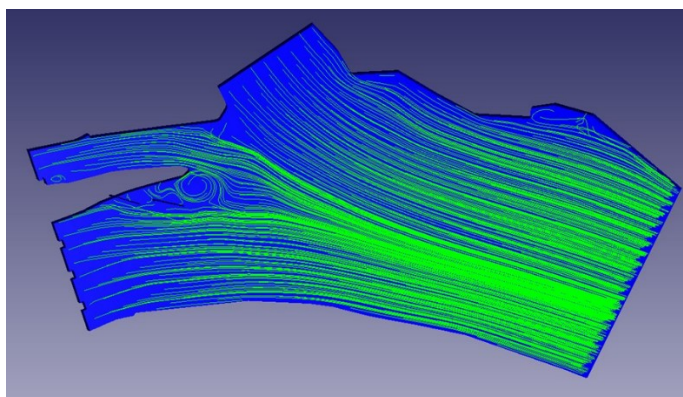


Рисунок 11 – Отображение скоростей в модели с просчитанным сценарием в программном комплексе FlowVision с интегрированием последовательно идущих полузапруд

Интеграция двух последовательных полузапруд показала наиболее благоприятный результат. При этом обеспечивается равномерное повышение скоростей течения по всей ширине водотока без избыточных нагрузок на фарватер, а в зоне между запрудами и за ними

формируется упорядоченная гидродинамическая обстановка с допустимой локальной турбулентностью. Кроме того, достигнуто увеличение скоростей течения непосредственно около причалов, что будет препятствовать формированию донных отложений.

Список литературы:

1. Кустов Л.И. Водные пути и порты [Текст] / Л.И. Кустов, Р.Д. Фролов. – М.: Транспорт, 1974.
2. Гришанин, К. В. Водные пути [Текст] / К.В. Гришанин, В. В. Дегтярев, М. В. Селезнев. - М.: Транспорт, 1986.
3. Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек [Текст]. - Л.: Транспорт, 1974.
4. Седых, А. И. Путевые работы на судоходных реках [Текст] / А.И. Седых Ф. М. Чернышев. - М.: Транспорт, 1978.
5. Атлас карт реки единой глубоководной системы европейской части РФ Ока ГлавВодпуть БУП. 2014г

