

А.А. Сазонов, К.О. Дмитриева
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ ГАБАРИТОВ СУДОВОГО ХОДА

В данной статье приводится краткий анализ объема дноуглубительных работ по перекатам на участке от Воткинского гидроузла до г. Сарапул. Также приводятся результаты исследований структуры обтекания потока воды различных вариантов конструкций полузапруд для одного из участков реки Белой.

В связи с недостаточным финансированием в последние годы на незарегулированных реках вновь стало применяться строительство выправительных сооружений, для поддержания установленных судоходных глубин.

Для уточнения эффективности работы таких сооружений нами проведено математическое моделирование структуры движения потока воды при возведении полузапруды на примере одного из участков реки Белая. Данный участок представляет собой двухрукавное русло, где основной судоходный ход проходит по левому рукаву. Однако у приверха острова Аткульский в правобережный рукав отвлекается достаточной большой объем воды, в которое действует затяжное течение, а у приверха острова образовался Среднеаткульский пережат, являющийся затруднительным для судоходства (рис. 1).

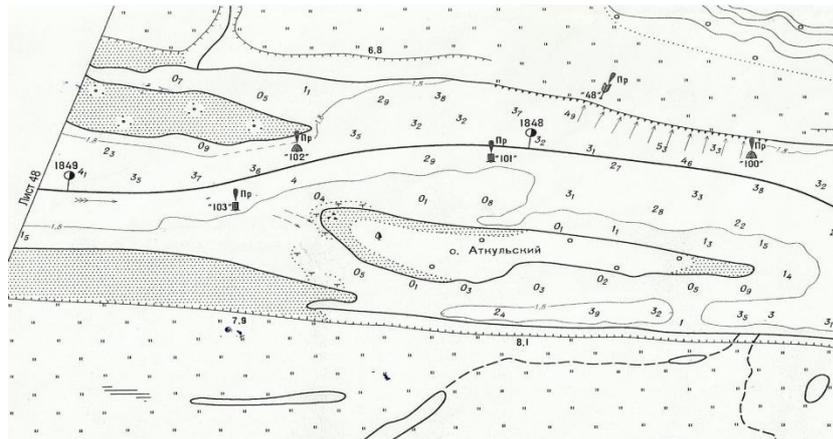


Рис. 1. План русловой съёмки проектируемого участка

Основой в решении задач, связанных с гидродинамикой речного потока, является точное знание особенностей кинематической структуры потока. Для исследования структуры потока в настоящее время нашло активное применение математическое моделирование структуры движения потока воды.

Для описания любых гидродинамических процессов, как правило, широко используется решение полной системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса:

$$\frac{dV_x}{dt} - V \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} \right) = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x};$$

$$\frac{dV_y}{dt} - V \cdot \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} \right) = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y}; \quad (1)$$

$$\frac{dV_y}{dt} - V \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} \right) = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z};$$

где V_x, V_y, V_z – компоненты скоростей в проекции на соответствующую ось;
 P – давление в конкретной точке потока;
 V – эффективная вязкость.

Для получения окончательных численных результатов систему уравнений (1) необходимо дополнить граничными условиями и начальными условиями. Также определяют область пространства, для которой решается задача, то есть формируют расчетную область задачи.

Под начальными условиями понимается величина, присваиваемая переменным во всех узлах расчетной сетки перед началом вычисления (значения на момент времени $t = 0$).

Для решения конкретной задачи моделирования речного русла использованы следующие граничные условия:

- Входное граничное условие;
- Выходное граничное условие;
- Граничное условие не протекания .

Реализация поставленной задачи осуществляется на базе пакета программного продукта FlowVision.

Нами рассматривается несколько вариантов выправительных сооружений с различной конфигурацией, расположенных под различными углами к направлению течения. Схемы вариантов конфигурации полузапруд для принятого к рассмотрению участка реки Белой приведены на рис. 2–4.

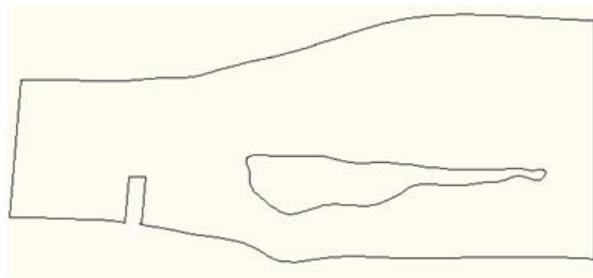


Рис. 2. Схема расположения полузапруды прямоугольной формы на проектируемом участке

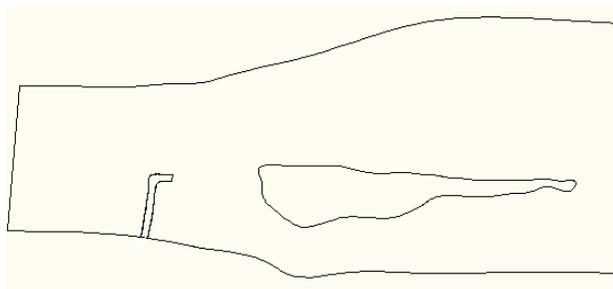


Рис. 3. Схема расположения полузапруды Г-образной формы на проектируемом участке

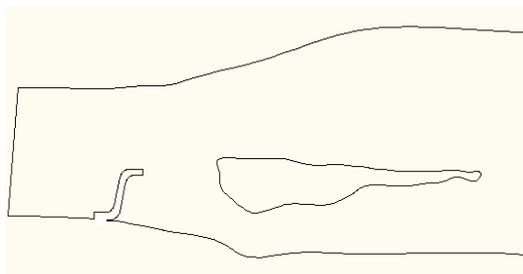


Рис. 4. Схема расположения полузапруды S-образной формы на проектируемом участке

Для сравнения изменения структуры потока, рассматриваемых вариантов расположения полузапруд, проведено моделирование и расчёт структуры потока воды на рассматриваемом участке в бытовом состоянии, т.е. до строительства полузапруд, результаты расчёта которых приведено на рис. 5.

Результаты исследований некоторых вариантов структуры обтекания потока воды полузапруд различной конфигурации приведены на рис. 6–11.

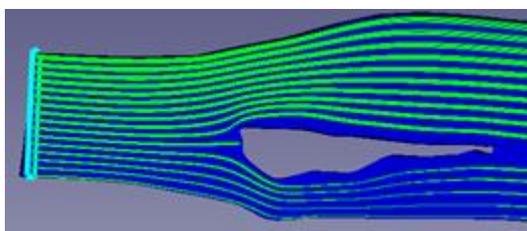


Рис. 5. Структура потока движения воды на проектируемом участке в бытовом состоянии

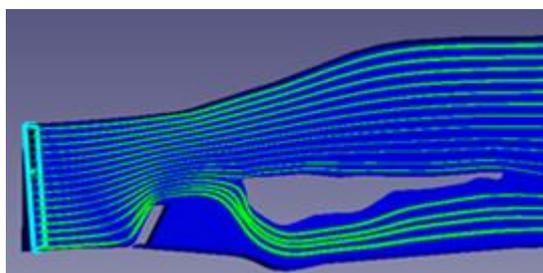


Рис. 6. Структура потока при обтекании прямоугольной формы полузапруды под углом 60 градусов

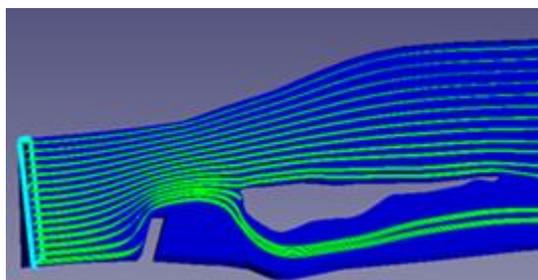


Рис. 7. Структура потока при обтекании прямоугольной формы полузапруды под углом 70 градусов

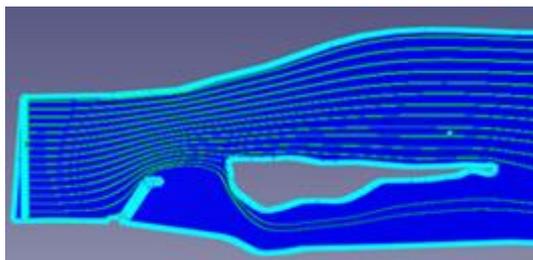


Рис. 8. Структура потока при обтекании S-образной формы полузапруды под углом 60 градусов

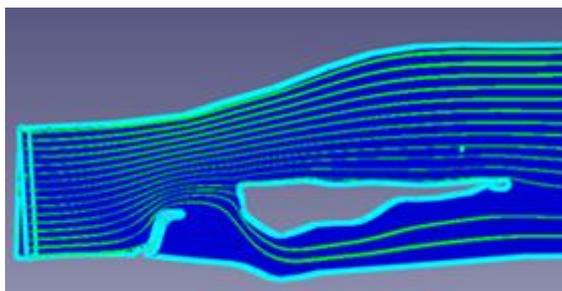


Рис. 9. Структура потока при обтекании S-образной формы полузапруды под углом 70 градусов

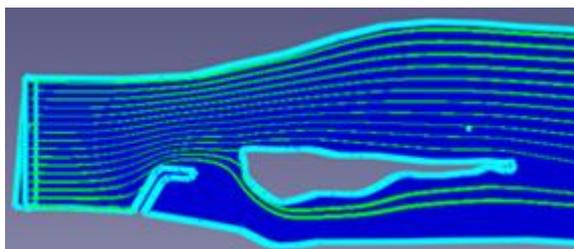


Рис. 1. Структура потока при обтекании Г-образной формы полузапруды под углом 60 градусов

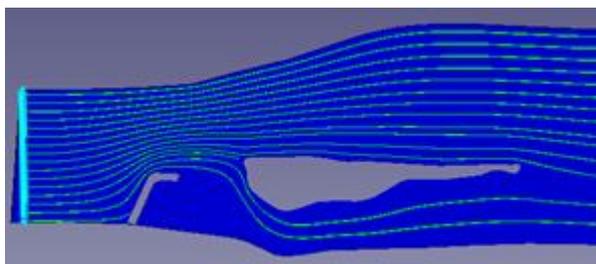


Рис. 11. Структура потока при обтекании Г-образной формы полузапруды под углом 70 градусов

На основе проведенных нами исследований изменения структуры потока после возведения полузапруд можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными являются полузапруды Г- и S-образной формы, расположенные под углом 60 градусов к направлению течения. Поэтому такие типы полузапруд можно рекомендовать для практического внедрения.

Список литературы:

- [1] Липатов И.В. Гидродинамика речных потоков и ее влияние на эксплуатационные параметры судоходных гидротехнических сооружений: методология исследований. – Монография. / Н.Новгород: Издательско-полиграфический комплекс ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2006. – 97 с.
- [2] Чебан Е.Ю. Использование программного комплекса «FlowVision» для разработки методики оценки эффективности нефтесборного бонового ограждения. // «САПР и графика», – Москва: Изд. «КомпьютерПресс», 2007. – С. 92–96.
- [3] Чебан Е.Ю. Численное моделирование обтекания нефтесборного бонового ограждения с применением программного комплекса «FlowVision». // Вестник ВГАВТ: Надежность и ресурс в машиностроении. – Н. Новгород: Изд. ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2005. – С. 130–139.

А.А. Сазонов, А.В. Емельянов
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ СУДНА В СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ СУДОХОДНЫХ КАНАЛАХ

Ключевые слова: судоходные каналы, крупнотоннажные суда, безопасность судоходства, численное моделирование.

Сделаны предпосылки по выбору метода для исследования процесса движения крупнотоннажного судна в канале. Описан алгоритм проведения исследования при помощи численного моделирования.

В настоящее время судоходные каналы в нашей стране являются важнейшим элементом в системе внутренних и экспортных перевозок. Построенные в середине прошлого века, они не были рассчитаны на крупнотоннажные суда, эксплуатируемые в настоящее время. В последние годы наблюдается тенденция увеличения судопотока в основном за счет эксплуатации судов новой постройки большой грузоподъемности. В связи с чем возникают проблемы, связанные с безопасной эксплуатацией таких судов ввиду малых габаритов самих каналов. А проведенный нами анализ показал, что это ведет к увеличению затрат времени на прохождение канала и тем самым к снижению пропускной способности. Существует несколько путей повышения пропускной способности канала, в том числе: строительство второй нитки канала или реконструкция существующих. В любом случае необходимо проведение обширных исследований связанных непосредственно с процессом движения судна по каналу и обоснование безопасных габаритов для эксплуатации крупнотоннажных судов.

Существующие методы определения безопасных габаритов судоходных каналов и скорости движения судов имеет ряд недостатков. Трудности аналитического описания и использование новых компьютерных технологий дали импульс развитию численных методов анализа движения судна в подобных условиях эксплуатации. Развитие систем автоматизации проектирования (САПР) и систем инженерного анализа (СИА) позволило открыть новое направление в подходах к изучению задач гидродинамики движения судна.

Методы численного моделирования позволяют экономить не только время, но и физические и материальные затраты, связанные с проведением исследования.

Решение нами задачи по моделированию движения судна в канале при помощи СИА, включала в себя следующие этапы:

1. Создание области расчета. Для этого, мы при помощи САПР создали геометрическую модель канала, соответствующую по габаритам ВДСК. Протяженность канала