

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ
имени А.К. КОРТУНОВА
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЧЕТ
О ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(За 1 семестр 2015/2016 года)

Аспирантки Чугаевой Ольги Викторовны

Направление подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства

Направленность подготовки 05.23.07 Гидротехническое строительство

Новочеркасск 2015 г.

Сформулирована тема диссертационной работы: «Разработка и исследование способов защиты мостовых переходов от плавающего мусора».

Актуальность темы:

Анализ последствий наводнений, произошедших за последние десятилетие выделил некоторые закономерности изменения природных процессов. Особое внимание уделяется повторяемости наводнений и их объемам, выходящим за пределы существующих наблюдений, что показывает неподготовленность объектов к защите от ударов стихии.

Последствия наводнения характеризуются затоплениями территорий, разрушениями, размывами защитных дамб, полотна дороги, водопропускных сооружений. Все эти процессы связаны между собой пропускной способностью русла, поймы и сооружений, расположенных в зоне затопления, куда входят: мосты, путепроводы, дамбы, дороги, постоянные и временные застройки.

Пропускная способность русла, как природного механизма, зависит от многих процессов, происходящих в самом русле, генератором которых является водность реки и процент повторяемости. Если исключить влияние антропогенных факторов, русло реки и пойма будут формироваться в соответствии с руслоформирующими расходами и в дальнейшем будут сохранять свою стабильность.

Водопропускные сооружения, расположенные на реках, могут изменять природные процессы, если их пропускная способность не обеспечивает пропуск максимальных расходов. Основной причиной уменьшения пропускной способности является их засоряемость крупным плавающим мусором – деревьями, кустарником, временными строениями, автомобилями и т.д. В связи с этим требуется разработка конструкций и методов защиты водопропускных сооружений от плавающего мусора.

Основная цель и задачи научного исследования

- Основная цель – разработка конструкций по защите водопропускных сооружений от плавающего мусора.
- Задачи научного исследования:
 - 1. Теоретическое исследование существующих конструкций по защите водопропускных сооружений от плавающих деревьев и кустарника.
 - 2. Теоретический анализ методов расчета конструкций по защите водопропускных сооружений.
 - 3. Проведение экспериментальных исследований основных конструкций по защите водопропускных сооружений.
 - 4. Разработка методики расчета схем по установке защитных сооружений при различных условиях прохождения паводка.
 - 5. Выполнить анализ и оценку предполагаемых конструкций и методов защиты водопропускных сооружений.

Новизна и научная значимость исследования

В работе предполагается способ установки защитных сооружений перед водопропускным сооружением из условия поэтапного перехвата плавающего мусора, используя естественное распределение скоростей по ширине потока и глубине.

Данный способ обеспечит поэтапное задержание плавника на подходе к водопропускному сооружению, тем самым исключая подтопление территорий и перекрытия русла.

Методика расчета защитных конструкций и их порядок расстановки обеспечит использование предполагаемых сооружений на любых участках рек.

Ожидаемые результаты

В результате выполнения предполагаемой тематики работы будет разработано:

- конструкция мусорозащитного сооружения для защиты водопропускных сооружений от плавника;
- методика определения основных параметров конструкции для различных условий работы;
- методика определения схем установки сооружений для различных гидрологических условий водотока;
- методика определения статической устойчивости конструкции при переменных и постоянных нагрузках.

Область применения:

Область применения конструкций предполагается распространить на постоянные и временные водотоки, на которых расположены водопропускные сооружения, мосты, технические путепроводы.

Для выполнения исследования требуются следующие материально-технические ресурсы (с указанием их источника):

- оборудование по измерению скоростей;
- гидравлический лоток (лаборатория НИМИ ДГАУ).

Гидравлические исследования

При движении воды в открытых руслах основными действующими силами являются силы трения и силы тяжести. Подобие сил тяжести имеет место при соблюдении в натуре и модели равенства чисел Фруда, то есть

$$Fr = \frac{U^2}{gh} = idem. \quad ()$$

Подобие сил трения принято считать обеспеченным при равенстве на модели и в натуре чисел Рейнольдса. Из теории моделирования известно, что одновременное соблюдение на модели и в натуре равенства чисел Рейнольдса ($Re_M = Re_N$) и Фруда ($Fr_M = Fr_N$) практически удовлетворить невозможно.

В нашем случае изучению подлежат вопросы, связанные с течением воды с преобладанием сил тяжести и инерции, сил сопротивления, а силами вязкости пренебрегаем и исходим из равенства критерия подобия Фруда

$$Fr_M = Fr_N.$$

Для обеспечения в нашем случае подобия сил трения по (Леви И.И., 1967) можно записать:

$$C = idem.$$

Для широкого прямоугольного русла справедливо соотношение:

$$i = \frac{U^2}{C^2 \cdot h} = Fr \frac{9}{C^2}, \quad ()$$

отсюда приходим к заключению, что при гидравлическом подобии будет иметь место равенство:

$$i = idem.$$

Таким образом, в нашем случае соблюдаем три условия:

$$Fr = idem, C = idem, i = idem. \quad ()$$

При этом достаточно обеспечить любые два из них, чтобы (третье соблюдалось автоматически (Альтшуль А.Д., 1982).

При выполнении лабораторных работ диапазон гидравлических параметров изменялся в следующих пределах:

- уклон дна экспериментальной установки $i = 0,0008 - 0,0020$;
- число Фруда потока $Fr = 0,1 - 0,6$;
- число Рейнольдса $Re = 5500 - 48600$.

Результаты исследований могут быть использованы применительно для натурных объектов при соблюдении вышеуказанных требований моделирования и указанного диапазона изменения, определяющих явление факторов.

Описание экспериментальных установок, методика проведения исследований

Исследования проводятся на двух неразрываемых моделях.

Модели представляют собой участки канала: первая – прямолинейный участок длиной $L_m = 7,0$ м; вторая – криволинейный участок длиной $L_m = 5,0$ м. Общий вид моделей представлен на рисунках 3.1-3.3.

Обе установки должны быть обеспечены измерительной аппаратурой для измерения расходов, уровней и скоростей потока.

Расходы, подаваемые на модель, измеряются с помощью трапецеидального и треугольного водосливов.

Для обеспечения плавного и равномерного входа воды на модель устроена система успокоителей, элементами которой являются специальные решетки и сетки.

Уровни и глубины измеряются установленными шпигенмасштабами (см. рис. 3.1-3.3).

Неизбежно существующие погрешности измерений глубины потока будут составлять:

- ошибка отсчета

$$\Delta h_{отс} = 0,5d = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

где d – цена деления шпигенмасштаба;

$\Delta h_{\text{раз}}$ – ошибка разброса, связанная с нестабильностью измеряемой величиной и вычисляемая на основе статистических данных по приведенным в (Соловьев В.А., Яхонтова В.Е., 1977) формулам

$$\Delta h_{\text{раз}} = 0,95 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$\Delta h_{\text{град}}$ – ошибка градуировки, равная согласно паспортных данных

$$\Delta h_{\text{град}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Относительная погрешность замеров глубины потока при минимальном её значении, вычисленная в соответствии с (Соловьев В.А., Яхонтова В.Е., 1977), равнялась 1,5 %.

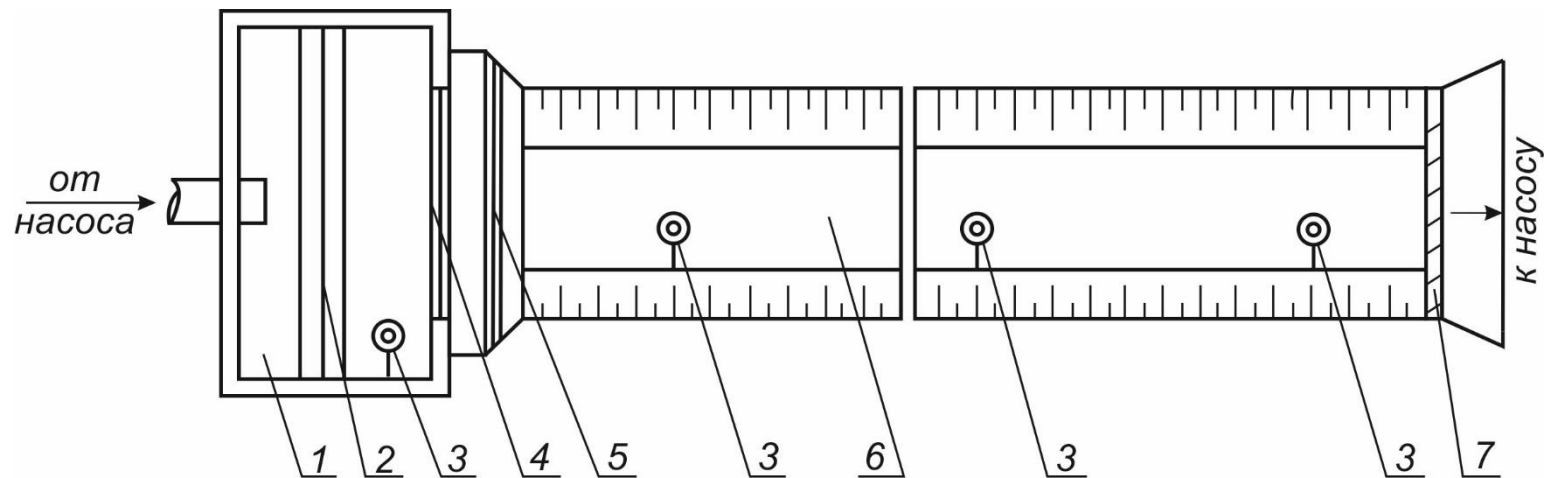


Рисунок 3.1 – Схема экспериментальной модели

1 – напорный бак; 2 – гасители; 3 – шпигунмасштабы; 4 – водослив; 5 – система гасителей; 6 – русло канала; 7 – жалюзи.

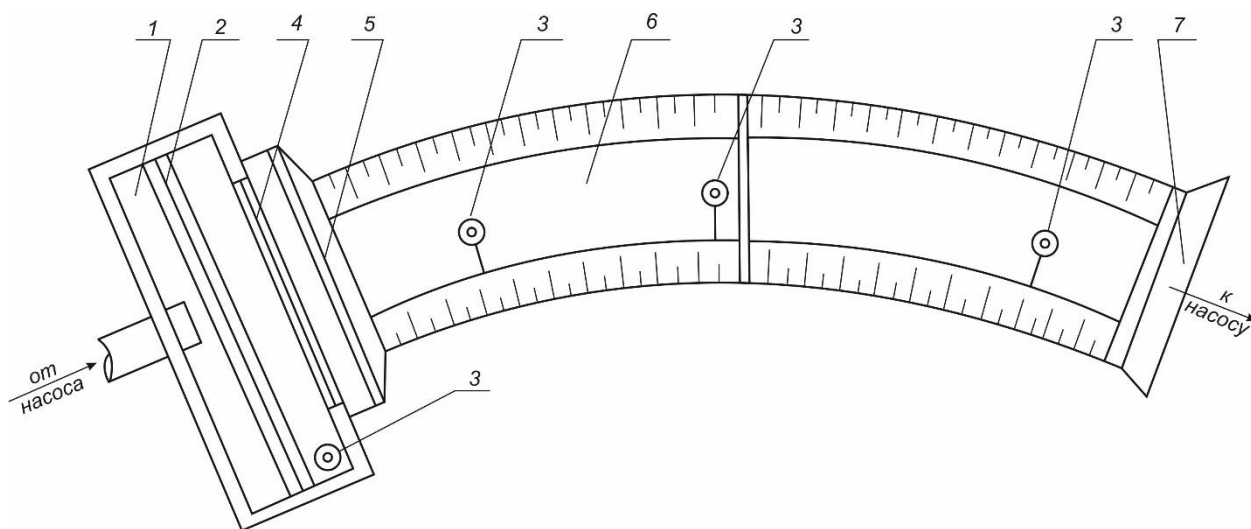


Рисунок 3.2 – Схема экспериментальной площадки

1 – напорный бак; 2 – гасители; 3 – шпигенмасштабы; 4 – водослив; 5 – система гасителей; 6 – русло канала; 7 – жалюзи.

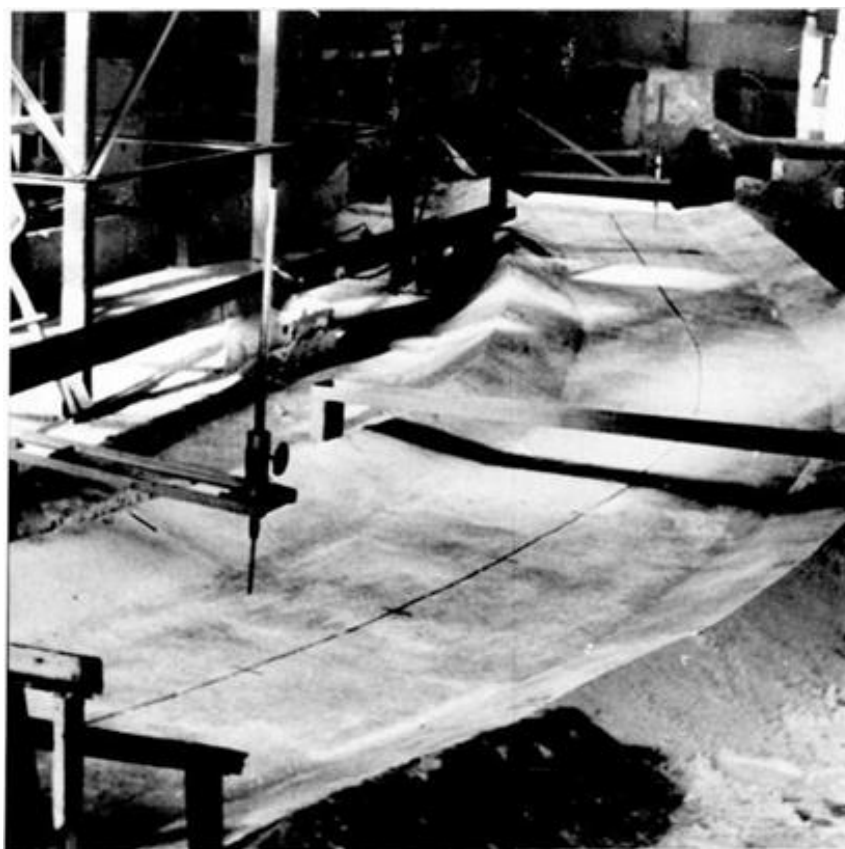


Рисунок 3.3 – Модель канала

Замеры скоростей производятся измерительной системой, состоящей из четырёхлопастной микровертушки, аналогового преобразователя и электронно-счётного частотомера ЧЗ-34 с временем осреднения 10 с.

Относительная погрешность измерения скорости в экспериментах составляла

$$\delta_U = \sqrt{\delta_{сэ}^2 + \delta_{ст}^2 + \delta_{UT}^2} = 3,8 \%,$$

где $\delta_{сэ}$ и $\delta_{ст}$ – относительная погрешность измерительной системы соответственно в эксперименте и при тарировке;

δ_{UT} – относительная погрешность измерения скорости при тарировке.

Замеры скоростей производятся по характерным створам, положение которых определялось из условия влияния элементов искусственной шероховатости на правильность определения скоростей,

Замеры на каждой вертикали проводятся на трех уровнях, соответствующим 0,2; 0,6 и 0,8h, где h – глубина потока по вертикали.

Средняя скорость по вертикали подсчитывается по формуле средневзвешенных величин:

$$U_v = 0,25(U_{0,2h} + 2U_{0,6h} + U_{0,8h}). \quad ()$$

По полученным скоростям потока строятся плановые и вертикальные эпюры скоростей.

Для определения общей картины движения потока с элементами недеформированной искусственной шероховатости производится запуск донных и поверхностных поплавков, красителей; использовался метод нитей с зарисовкой и фотографированием характерных особенностей.

Определение оптимального расстояния между элементами недеформированной искусственной шероховатости

По данным исследований (Штеренлихт Д.В., Маслов А.Б., 1984; Пуляевский А. М., 1974; Маастик А.Р., 1963; Рябов А. К., 1984; Альтшуль

А.Д., 1972) с недеформированной искусственной шероховатостью, расстояние между элементами, стоящими друг за другом, является одним из главных факторов, влияющих на режим движения жидкости в подобных руслах. Расстояние между элементами по многим источникам неразрывно связано с длиной обратной зоны вихревых течений (Фидман Б. А., 1964; Кудряшев В.В., 1977; Розовский И. П., 1976; Чертоусов И.Д. 1962), образующейся за элементом. Многие авторы рекомендуют устанавливать элементы таким образом, чтобы обратная зона течений не перекрывалась следующим элементом, а соприкасалась с зоной повышенных давлений, образующихся перед элементом. Её длина принимается $S = (1 - 2)P$, где P – высота элемента.

Обратная зона вихревых течений является источником диссипации энергии, её длина влияет на потери энергии в русле и характеризует состояние потока (Гордиенко П.И., 1969).

Выбор оптимального расстояния является одной из важнейших задач по научному обоснованию применения элементов недеформированной искусственной шероховатости на рыбоходных каналах. Ввиду отсутствия зависимостей по определению оптимального расстояния между различными по форме и установке элементами искусственной шероховатости, для каждого конкретного случая расстояние находится экспериментальным путём. Большинство авторов (Яхонтов С.А., Альтшуль А.Д., Рябов А.К., Пикалов Ф.И.) принимает оптимальным расстояние между элементами (S) равным 8-10 высотам (P) элемента.

Для данной схемы установки элементов будут выполнены опыты на жёсткой модели при $Q_m = 0,009 - 0,016 \text{ м}^3/\text{с}$ с элементами различной высоты $P = 1,2 - 2,0 \text{ см}$, ширина незарегулированной части (b_0) изменялась в диапазоне $(1/3 - 1/5) b$, относительное расстояние в опытах принималось $S/P = 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5$. В контрольных створах определяются глубины потока и замеряются скорости на контрольных вертикалях.

Результаты эксперимента выражаются функциональной зависимостью:

$$\lambda = f(S/P),$$

где λ – коэффициент гидравлического трения.

Опыты обрабатываются в следующей последовательности:

- для контрольных створов в начале и в конце модели определяем удельные энергии сечений:

$$\begin{aligned}\mathfrak{E}_m &= h_m + \frac{\alpha \bar{U}_m^2}{2g}, \\ \mathfrak{E}_{m+1} &= h_{m+1} + \frac{\alpha \bar{U}_{m+1}^2}{2g};\end{aligned}\quad 0$$

- определяем уклон трения между контрольными створами на длине:

$$i_f = i - \frac{\mathfrak{E}_{m+1} - \mathfrak{E}_m}{l_m};\quad 0$$

- находим коэффициент Шези для среднего сечения:

$$\bar{C} = \frac{\bar{U}}{\sqrt{R \cdot i_f}};\quad 0$$

- коэффициент гидравлического трения вычисляется по зависимости:

$$\bar{\lambda} = \frac{2g}{\bar{C}^2};\quad 0$$

Результаты опытов представлены на рис. 3.8.

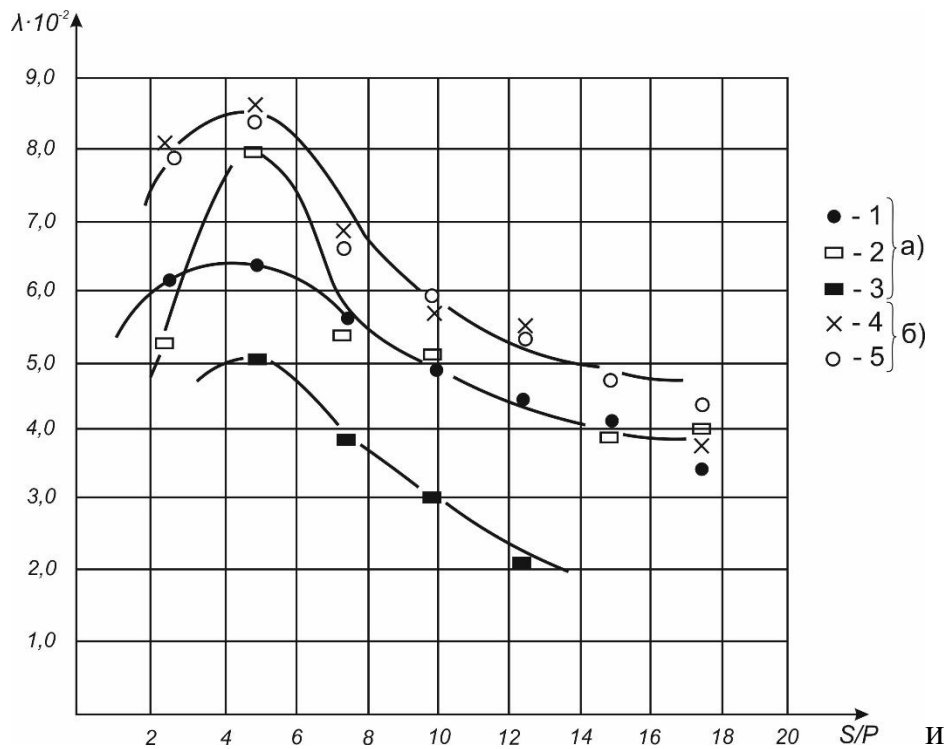
Анализируя зависимости $\lambda = f(S/P)$, отметим неоднозначный характер их изменения. С относительного расстояния $S/P = 2,5$ коэффициент гидравлического трения возрастает и при $S/P = 5,0 - 6,0$ коэффициент достигает своего максимального значения, а затем уменьшается.

Элементы искусственной недеформированной шероховатости должны оказывать максимальное сопротивление потоку, поэтому для данной схемы установки элементов принимаем оптимальное расстояние равное $S_{\text{опт}} = (5 - 6)P$.

При выполнении опытов производим замеры скоростей не только на контрольных створах, но и вокруг элементов рис. 3.9.

По данным промеров скоростей и запуску красителей длина зоны обратных течений составляет $l_{0,3} = (6,5 - 7,0)P$ (см. рис. 3.9).

Рисунок 3.8 – Зависимость коэффициента гидравлического трения от относительного расстояния между элементами



а) $b_0/b = 0,3$
 1 – $Q = 16,0$ л/с;
 2 – $Q = 9,0$ л/с;
 3 – $Q = 12,8$ л/с

б) $b_0/b = 0,2$
 4 – $Q = 16,0$ л/с;
 5 – $Q = 12,8$ л/с

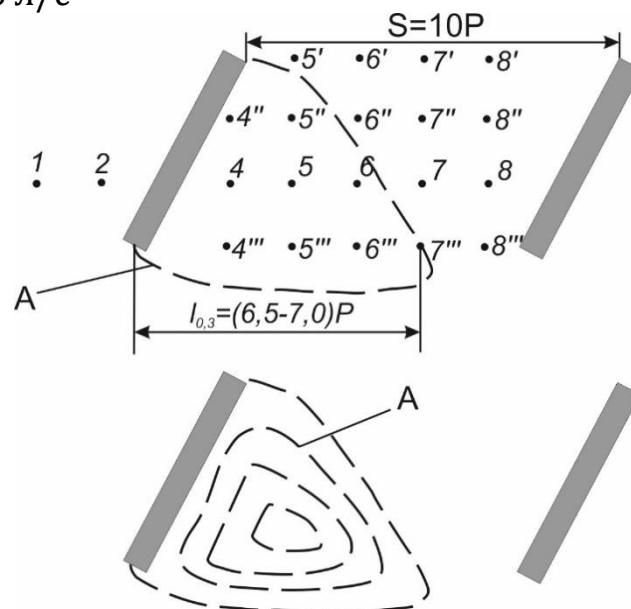


Рисунок 3.9 – Схема промеров осреднённых скоростей между элементами искусственной шероховатости

А – границы зоны обратных течений;

1, 2, ..., 5', 5'' – точки замеров скорости.

Полученные данные сопоставляем с результатами исследований других специалистов, в частности, на рис. 3.10 приведены результаты исследований Хакматулла Ю. (1972). Работы проводятся в стеклянных лотках шириной $B = 60$ см и $B = 29,5$ см с поперечными ребрами $P = 1,2$ см при ширине $b = 1,2$ см. Ребра устанавливаются на расстоянии друг от друга $l_{0,3}/P = 4,3; 8,6$ и $17,2$ при уклоне лотков $i = 0,0005 - 0,028$, относительная глубина изменялась $h/P = 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 7,0$. Нами выбраны опыты, в которых исследования проводятся при равномерном движении и при $Fr = 0,1 - 0,2$.

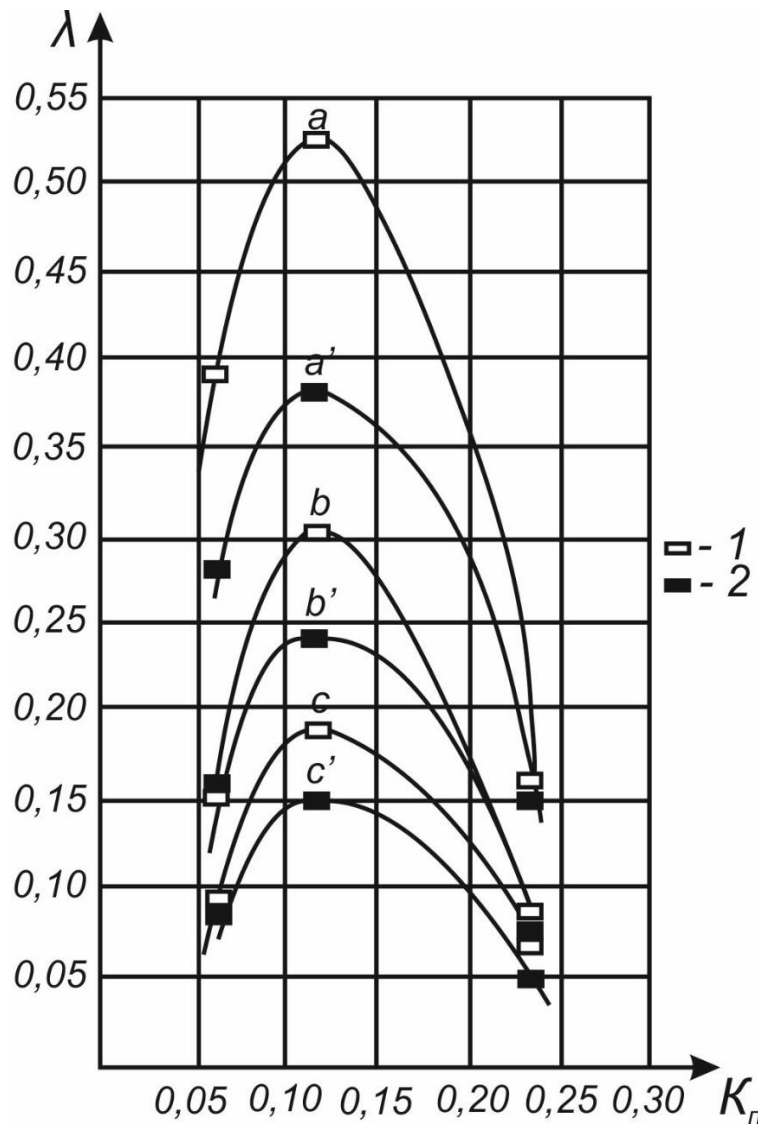


Рисунок 3.10 – Результаты исследований Хакматулла Ю.

1 – $Fr = 0,1$;

2 – $Fr = 0,2$;

a) $h/P = 1,5$

b) $h/P = 2,0$

c) $h/P = 2,5$

a') $h/P = 3,0$

b') $h/P = 5,0$

c') $h/P = 7,0$

Исследования обработаны и представлены функциональной зависимостью $\lambda = f(K_\pi)$, где K_π – коэффициент плотности расположения элементов на единице площади:

$$K_\pi = \frac{\sum S_i}{S_0} = \frac{a \cdot l \cdot N}{b \cdot L}, \quad 0$$

где l – длина элемента;

a – ширина элемента;

N – количество элементов на площади S_0 ;

b – ширина канала по дну;

L – длина расчетного участка.

Кривые зависимости $\lambda = f(K_{\Pi})$, характеризуются точками перегиба, соответствующими максимальному коэффициенту сопротивления при значении коэффициента плотности, соответствующему относительному расстоянию $l/P = 8,6$.

Для проверки полученных данных и расширения диапазона изменения основных факторов необходимо выполнить натурные крупномасштабные исследования на канале с элементами искусственной шероховатости. Характеристика объекта исследований и условия проведения опытов представлены в табл. 3.1.

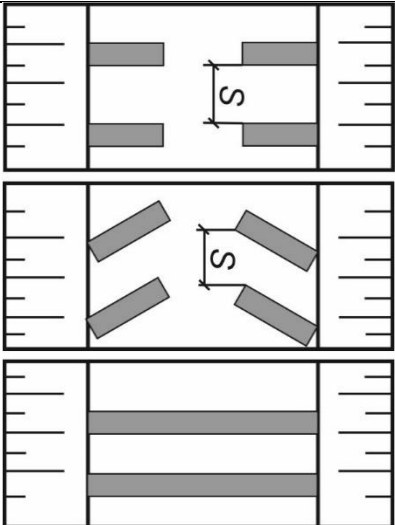
По длине канала были разбиты три створа, в которых проводились замеры скоростей, глубин, а геодезической съёмкой определялись отметки поверхности вода и дна. Измерения скорости выполнялись по пяти вертикалям трехточечным способом вертушкой ГР-21.

При выполнении работ на объекте с помощью замеров скоростей определялась длина зоны обратных течений за элементами. Среднее значение длины зоны обратных течений составило $l_{0,3} = (6,0 - 6,5)P$.

Таким образом, по результатам модельных и натурных исследований возможно принять для данных условий движения жидкости длину водоворотной зоны $l_{0,3} = (5,0 - 6,5)P$.

Для обоснования расстояния между элементами рассмотрим работу

Таблица 3.1 – Основные параметры объекта исследования

Подаваемый расход, $\text{м}^3/\text{с}$	Вид сечения	Длина , м	Ширина по дну, м	Заложение откоса, m	Уклон дна, $i_{\text{ср.взв.}}$	Размер элементов , м	Схемы установки элементов	Расстояние между элементами , S
0,28-0,50	Трапецеидальный	66	1,18	0,8	0,0066	0,4×0,3×0,2		8P

элемента искусственной шероховатости в набегающем потоке. По краям элемента и по его периметру происходит, отрыв потока, образующий зону обратных течений. По данным (Ландау Л.Д., 1988) угол отрыва для обтекания прямого угла имеет значение $\alpha = 10^\circ$.

Из данных: условий определим длину зоны обратных течений (рис. 3.11)

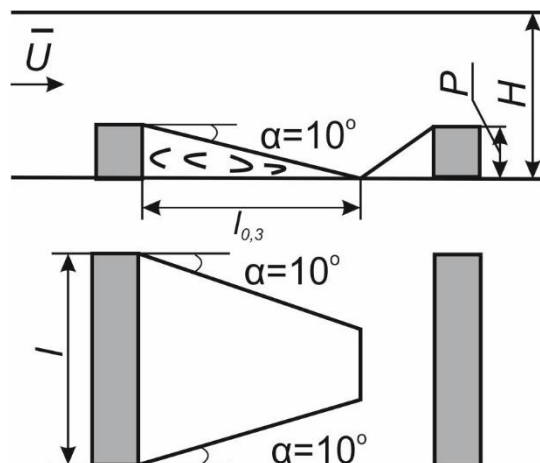


Рисунок 3.11 – Схема для расчета длины зоны обратных течений

При принятом угле отрыва турбулентной струи соотношение $l_{0,3}/P = 6$, что подтверждается выполненными исследованиями и принятым условием назначения отсчёта расстояния между элементами. окончательно расстояние между элементами получаем из условия:

$$S = l_{0,3} + l_n;$$

$$S = (6 - 8)P, \quad ()$$

где l_n – длина зоны обратных течений перед элементом, принимается

$$l_n = (1,5 - 2,0)P.$$

Вывод: на основании материала и списка литературы изучила материалы по предложенной тематике

Аспирант _____ «__» _____ 2016 г.

Научный руководитель _____ «__» _____ 2016 г

