

УДК 502/504:627.83:625.737

Д. В. ШТЕРЕНЛИХТ, Н. В. ХАНОВ, И. Ф. ПИКАЛОВА, Е. В. ИСАИХИНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СБРОСНЫХ ЛОТКОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДООТВОДОВ С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ

Приведены результаты модельных гидравлических исследований сбросных лотков поверхностных водоотводов с автомобильных дорог и мостов. Даны рекомендации по определению пропускной способности и размеров входных участков сбросных лотков. Рассмотрено влияние конструкции входной части лотков на гидравлические условия работы поверхностных водоотводов.

Поверхностный водоотвод, сбросной лоток, пропускная способность, входной участок, сточные воды.

There are given results of model hydraulic tests of discharge flumes of surface drainage systems from automobile roads and bridges. Recommendations are given on determination of the carrying capacity and sizes of entrance sections of discharge flumes. The design influence of the flumes entrance section on hydraulic operating conditions of surface drainage systems is considered.

Surface drainage system, discharge flume, carrying capacity, entrance section, waste water.

Для предотвращения размыва обочин и тела насыпи на магистральных дорогах осуществляется организованный отвод поверхностных вод с помощью системы лотков и отводящих сооружений [1, 2]. Натурные обследования этих сооружений в городе Москве и в Московской области показали, что 60 % отводящих русел имеет разрушения. Выявлено, что основными причинами таких явлений в системе открытого водоотвода является плохая организация забора воды на входных участках, выплескивание бурного потока из лотков на виражах и в местах сочленения последних [3]. Неучет особенностей поведения бурного потока при проектировании водопропускных сооружений на дорогах приводит к частым размывам насыпей с последующим заилением систем водоотвода и прилегающей местности.

Натурные наблюдения показали, что из-за неудовлетворительной работы входного сопрягающего участка на откосных сооружениях происходят негативные явления, угрожающие состоянию окружающей среды и нарушающие целостность насыпей. Обзор существующих конструкций показал, что накоплен незначительный опыт как индивидуального, так и типового проектирования вариантов водоотводных конструкций [1, 2, 4].

Таким образом, самым ответственным

участком, обуславливающим тот или иной гидравлический режим на откосном сооружении, является сопрягающий участок на входе воды в сбросной лоток. Именно эта часть конструкции стала объектом проводимых исследований. Сопрягающий участок должен осуществлять максимально возможный забор воды с поверхности дороги и обеспечивать гидравлически благоприятные условия входа воды на сбросной откосный лоток.

Целью лабораторных исследований было изучение пропускной способности водосбросных лотков при различных параметрах входных участков.

Экспериментальная установка создана в лаборатории кафедры гидравлики Московского государственного университета природообустройства [3]. Гидравлическая модель прикромочного лотка с входным участком сбросного лотка выполнена в масштабе 1 : 2. Она изготовлена из деревянных брусьев и фанеры с покраской гидроизоляционной краской и тщательной герметизацией всех щелей. Продольный уклон прикромочного лотка $i_0 = 0,02$, поперечный $i_n = 0,02$; уклон дна сопрягающего участка $i_b = 0,1$. Основные геометрические линейные размеры модели следующие: длина и ширина лотка 8 и 0,45 м соответственно; ширина входного участка в местах сопряжений с

прикромочным и сбросным лотками – 1,4 и 0,2 м соответственно; длина входного участка 0,5 м (рис. 1а).

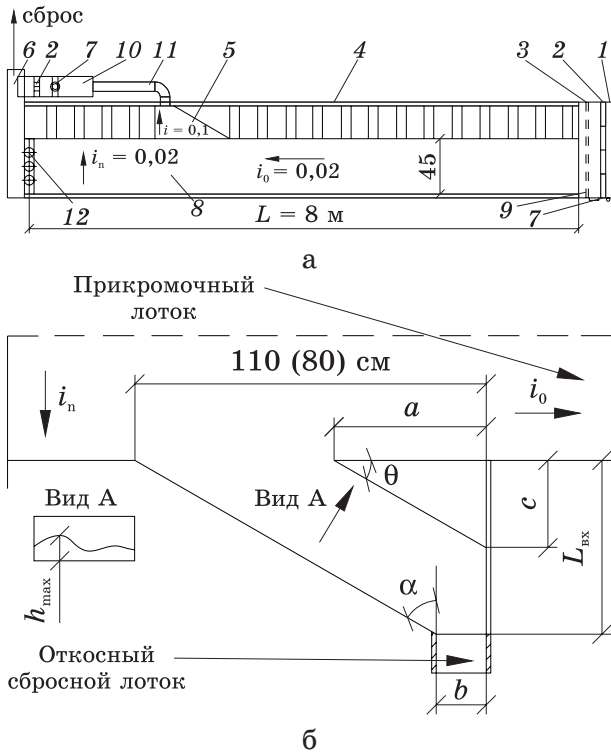


Рис. 1. План экспериментальной установки: а – общий вид; б – входной участок сбросного канала; 1 – головной бак; 2 – треугольные мерные водосливы; 3 – успокоительная решетка; 4 – борт лотка; 5 – модель входного участка сбросного лотка; 6 – приемный бак и место сброса воды в галерею; 7 – мерная колба со шпигунмасштабом (на мерном баке без колбы); 8 – гидравлическая модель прикромочного лотка автодороги; 9 – задвижка; 10 – бак мерного водослива; 11 – отводящая труба; 12 – жалюзи

На установке имеются два мерных треугольных водослива. Один (в головном баке) измеряет общий расход Q , другой (в конце сбросной трубы) определяет ту часть расхода Q^* , которая поступает во входной участок водосброса. В каждом опыте производилась зарисовка траекторий движения поверхностных поплавков на координатной сетке и измерялись глубины в прикромочном лотке с помощью шпигунмасштаба.

При проведении исследований изменялись ширина входного участка $B_{вх}$, угол расширения α и глубина воды в прикромочном лотке h_0 (см. рис. 1б). При этом изменение значений одного из факторов осуществлялось при постоянстве значений других факторов. Опыты проводились при следующих значениях: $B_{вх} = 1,4$ м; 1,1 м;

0,8 м; 0,5 м; 0,2 м; $\alpha = 67^\circ$; 61° ; 50° . Максимальные глубины в прикромочном лотке (лоток имеет треугольное поперечное сечение) устанавливались путем изменения подаваемого на модель расхода воды Q и были равны: 0,05 м; 0,01 м; 0,05 м; 0,02 м. Ширина сбросного лотка во всех опытах оставалась постоянной и равной $b = 0,2$ м.

Результаты исследований пропускной способности входного участка сбросного канала приведены в таблице [5]. Как видно из таблицы, рост пропускной способности наблюдается при увеличении ширины входного участка $B_{вх}$ и глубины в прикромочном лотке h_0 . Влияния углов расширения на величину расхода воды Q^* не обнаружено.

Значения расходов, подаваемых на фрагмент прикромочного лотка Q , л/с, и принимаемых сопрягающим участком Q^* , л/с, при разных конструкциях последнего

Угол сопряжения правого борта входного участка α	Ширина входного участка сбросного откосного лотка $B_{вх}$, м	Глубина воды в прикромочном лотке h_0 м			
		0,005	0,01	0,015	0,02
1	2	3	4	5	6
67°	0,5	1,78 0,22	3,65 0,42	6,14 0,6	9,22 0,8
	0,8	1,78 0,37	3,65 0,63	6,14 1,0	9,22 1,46
	1,1	1,78 0,54	3,65 1,05	6,14 1,68	9,22 2,19
61°	0,5	1,78 0,18	3,65 0,37	6,14 0,56	9,22 0,75
	0,8	1,78 0,36	3,65 0,63	6,14 1,02	9,22 1,46
	1,1	1,78 0,57	3,65 1,03	6,14 1,68	9,22 2,31
50°	0,5	1,78 0,18	3,65 0,37	6,14 0,56	9,22 0,76
	0,8	1,78 0,36	3,65 0,63	6,14 1,02	9,22 1,64

По данным таблицы построены графические зависимости в безразмерных координатах: $Q^*/Q = f(b/B_{вх}; B_{вх}/h_0)$ (рис. 2). Анализируя указанные графики, приходим к выводу, что отношение сбрасываемого расхода Q^* к общему расходу воды в прикромочном лотке Q зависит главным образом от степени сжатия потока, т. е.

от $b/B_{вх}$ и не зависит от угла расширения α в рассматриваемом диапазоне его изменения. Влияние параметра $B_{вх}/h_0$ на отношение расходов также невелико. Приведенные графики позволяют решать практические задачи по определению пропускной способности сбросного лотка при принятых размерах входной части или по расчету необходимой ширины входной части $B_{вх}$ при заданном расходе Q^* .

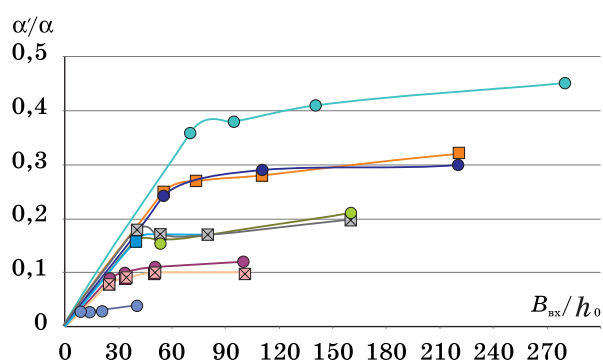


Рис. 2. Зависимость $Q^*/Q = f(b/B_{вх}; B_{вх}/h_0)$;
 —●— $b/B_{вх} = 1$; —●— $b/B_{вх} = 0,4$; —●— $b/B_{вх} = 0,25$;
 —●— $b/B_{вх} = 0,18$; —●— $b/B_{вх} = 0,14$; —■— $b/B_{вх} = 0,4$;
 —■— $b/B_{вх} = 0,25$; —■— $b/B_{вх} = 0,18$; —■— $b/B_{вх} = 0,4$;
 —■— $b/B_{вх} = 0,25$; ○ $\alpha = 60^\circ$; □ $\alpha = 67^\circ$;
 × $\alpha = 50^\circ$

Таким образом, полученные данные могут быть использованы при проектировании водоотводных сооружений с различными гидрологическими особенностями местности. Так, при известной ширине, материале покрытия автодороги любой категории (но с уклонами $i_0 = 0,02$ и $i_n = 0,02$ – уклоны модели) можно по известным гидрологическим формулам определить формирующийся расход на водосборе Q , а также (при данном расходе) нормальную глубину в прикормочном лотке h_0 . Далее, зная значения этих параметров, можно определить по графикам на рис. 2 целесообразную ширину входного участка сбросного лотка $B_{вх}$ или расход Q^* .

В опытах по определению траекторий движения потока, зарисовка которых производилась с помощью поверхностных поплавков, отмечалось значительное искривление линий токов с образованием стоячих волн и увеличением глубин с левой стороны на входе в сопрягающий участок. Поток во всех опытах находился в бурном состоянии с числами Фруда от 5 до 13. При других режимах, когда по лотку будет проходить больший расход, в этих

местах может произойти перелив воды с последующим постепенным разрушением сооружения. При проектировании сбросных откосных лотков эту особенность поведения потока надо учитывать.

Выводы

В результате лабораторных гидравлических исследований получены графические зависимости для определения пропускной способности и размеров входных участков сбросных лотков поверхностных водоотводов. Поскольку рекомендации большинства санитарных норм и правил морально и физически устарели, полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых и реконструкции старых автодорог.

1. Константинов Н. М., Петров Н. А., Высоцкий Л. И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. – М.: Высшая школа, 1987. – 431 с.

2. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений; под общей ред. Г. Я. Волченкова. – М.: Транспорт, 1992. – 408 с.

3. Разработка усовершенствованных конструкций и методик расчета сооружений для отвода и очистки вод поверхностного стока с покрытий дорог и мостов с составлением рекомендаций: отчет о НИР НИЧ ФГОУ ВПО МГУП. Этап 3. Разработка и гидравлическое исследование конструкций поверхностного водоотвода / Д. В. Штеренлихт, Н. В. Ханов, М. В. Беспрозванный, Е. В. Исаихина. – № гос. регистрации 01.2.00306430. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – 45 с.

4. Перевозников Б. Ф. Устройство водоотвода на автомобильных дорогах: обзорная информация. – М.: Автомобильные дороги; ЦБНТИ Росавтодор, 1992. – Вып. 3. – 59 с.

5. Разработка усовершенствованных конструкций и методик расчета сооружений для отвода и очистки вод поверхностного стока с покрытий дорог и мостов с составлением рекомендаций: отчет о НИР НИЧ ФГОУ ВПО МГУП: Этап 5. Гидравлическое исследование сопрягающего участка откосного сбросного лотка и рекомендации по их проектированию / Д. В. Штеренлихт, Н. В. Ханов, М. В. Беспрозванный, Е. В. Исаихина. – № гос. регистрации 01.2.00306430. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – 31 с.

Материал поступил в редакцию 26.03.12.
Ханов Нартмир Владимирович, доктор
 технических наук, профессор кафедры
 «Гидравлика»
 Тел. 8 (499) 976-10-46
 E-mail: www.msuee.ru
Штеренлихт Давид Вениаминович, док-
 тор технических наук, профессор, зав.
 кафедрой «Гидравлика»

Тел. 8 (499) 976-10-46
Пикалова Ирина Федоровна, кандидат
 технических наук, профессор кафедры
 «Гидравлика»
 Тел. 8 (499) 976-00-19
Исаихина Елена Вячеславовна, соиска-
 тель
 Тел. 8-926-173-60-94

УДК 502/504.556.536 + 556.06 + 519.688

Р. И. ЧЕРКЕЗОВ

ООО «Павлин Технологии», город Дубна Московской области

Д. В. ШТЕРЕНЛИХТ, Н. В. ХАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
 «Московский государственный университет природообустройства»

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛГИ НИЖЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ГИДРОУЗЛА*

Предлагается новый подход к решению обратных задач гидродинамического моделирования на базе системы уравнений Сен-Венана, который использует искусственные нейронные сети для аппроксимации морфометрических и гидравлических характеристик русла реки.

Уравнения Сен-Венана, площадь живого сечения, обратная задача, неустановившееся движение воды, искусственные нейронные сети, функционал оптимизации, функция активации.

In this paper we propose a new approach to solving inverse problems in simulation-based system of Saint-Venant equations, which uses artificial neural networks for approximation of morphometric and hydraulic characteristics of the river bed.

Saint-Venant equations, cross-section area, inverse problem, unsteady water flow, artificial neural networks, optimization functional, activation function.

При моделировании гидродинамики рек и для гидрологических прогнозов активно применяется одномерная модель

* Данная работа выполнена в рамках Государственного контракта № 16.515.11.5004 от 29 апреля 2011 года на выполнение научно-исследовательских работ по теме «Решение обратных задач на основе математических моделей формирования пространственно-временных характеристик русел рек для оперативных краткосрочных прогнозов паводков и половодья с использованием многоядерных суперЭВМ»

неустановившегося движения воды в русле реки, математически описываемая системой уравнений Сен-Венана [1]. В большинстве работ, посвященных этой теме, исследуются способы эффективного использования разностных схем численного интегрирования уравнений Сен-Венана. Однако практическое применение этих схем далеко не всегда приводит к удовлетворительным результатам. Одна из причин – невысокая точность задания характеристик русла,