

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ВХОДА ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гринис Л.Н. , Цадка У.* , Лещинер Е.Г.***
(**Beer Sheva, Академический инженерный колледж.*
***Томск, Политехнический Университет*)

STUDY ON THE GEOMETRY OF THE CULVERT GUIDE WALLS BY PHYSICAL MODELLING

Grinis L.N. , Thadka U.* and Letshiner E.G.***
(**Beer Sheva, Academic College of Engineering,*
***Tomsk, Polytechnic University*)

Abstract. This paper deals with the physical modeling of flow through culverts with different guide walls. The model is based and constructed on dimensional analysis and dynamic similitude. For this purpose the main culvert model was built.

Guide walls are structures constructed upstream of culverts to make the flow distribution more uniform at the culverts section. In the present work other types of guide walls were studied in a physical model. Measurements were carried out for different discharges and other guide walls of the culvert.

Observations showed that maximum discharge occurs at the culvert in side-tapered inlet walls with well-defined angle. The provision of a more gradual flow transition will decrease the energy loss and thus create a more hydraulically efficient inlet condition. The hydraulic capacity of a culvert may be improved by appropriate inlet selection.

Введение. Водопропускные сооружения являются гидравлическими каналами для пропуска дождевых вод через дорожные насыпи или другие препятствия. Эти каналы имеют различную конструкцию, форму и изготовлены из различных материалов. Для увеличения пропускной способности каналов важным фактором является выбор оптимальной геометрии входа потока жидкости в канал.

Различные водоотводящие сооружения, не поддаются точному расчету и при их проектировании необходимо проводить исследования на моделях для качественной и количественной оценки характера течения воды. [1]. Так как геометрические размеры модели обычно меньше подобных размеров натуральных сооружений, то необходимо установить им соответствующие значения расходов, скоростей и глубин потока на модели.

Следует установить правила переноса полученных результатов на условия работы водопропускных сооружений в натуре. При физическом моделировании на модели воспроизводятся те же явления, что и в натуре, но в другом масштабе.

Гидравлика водопропускных каналов. Водопропускные каналы используемые для пропуска дождевых вод под дорогами и мостами подразделяются на длинные и короткие и могут быть различные по форме сечения (круглые, прямоугольные и пр..).

Существуют различные условия течения воды (Рис.1) через эти каналы:

а. Затопленный вход в канал, при этом высота воды перед входом больше чем высота канала в 1,2 раза ($HW > 1,2H$).

б. Свободный вход в канал, высота воды меньше чем высота канала $HW < H$

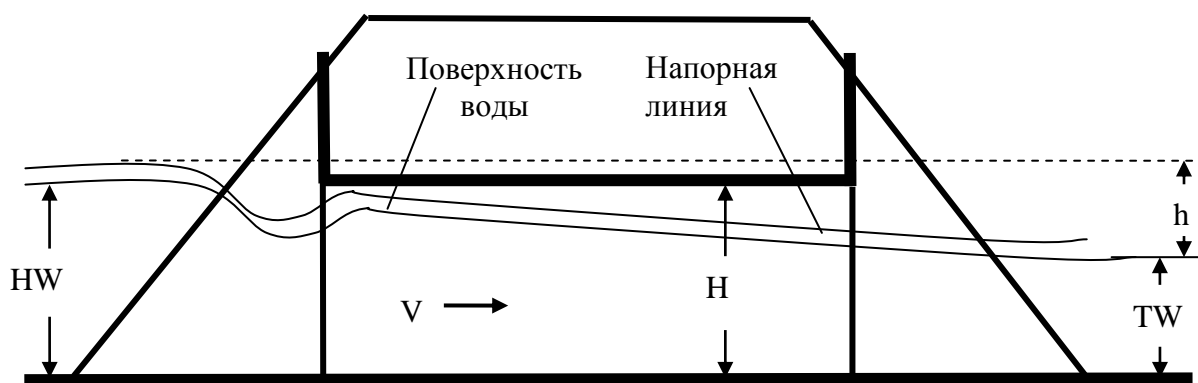


Рис.1

На Рис.1 представлена схема течения воды в канале.

HW- высота воды на входе канала, H- высота канала, TW- высота воды на выходе из канала, h – гидравлические потери в канале, V – скорость течения воды.

На Рис. 2 представлены геометрия входа в канал. Используются расширенный по ширине вход в канал и увеличенный по высоте вход в канал..

Используя представленные описания каналов была разработана модель, на основе подобия между моделью и реальным (прототип) водоотводящим каналом.

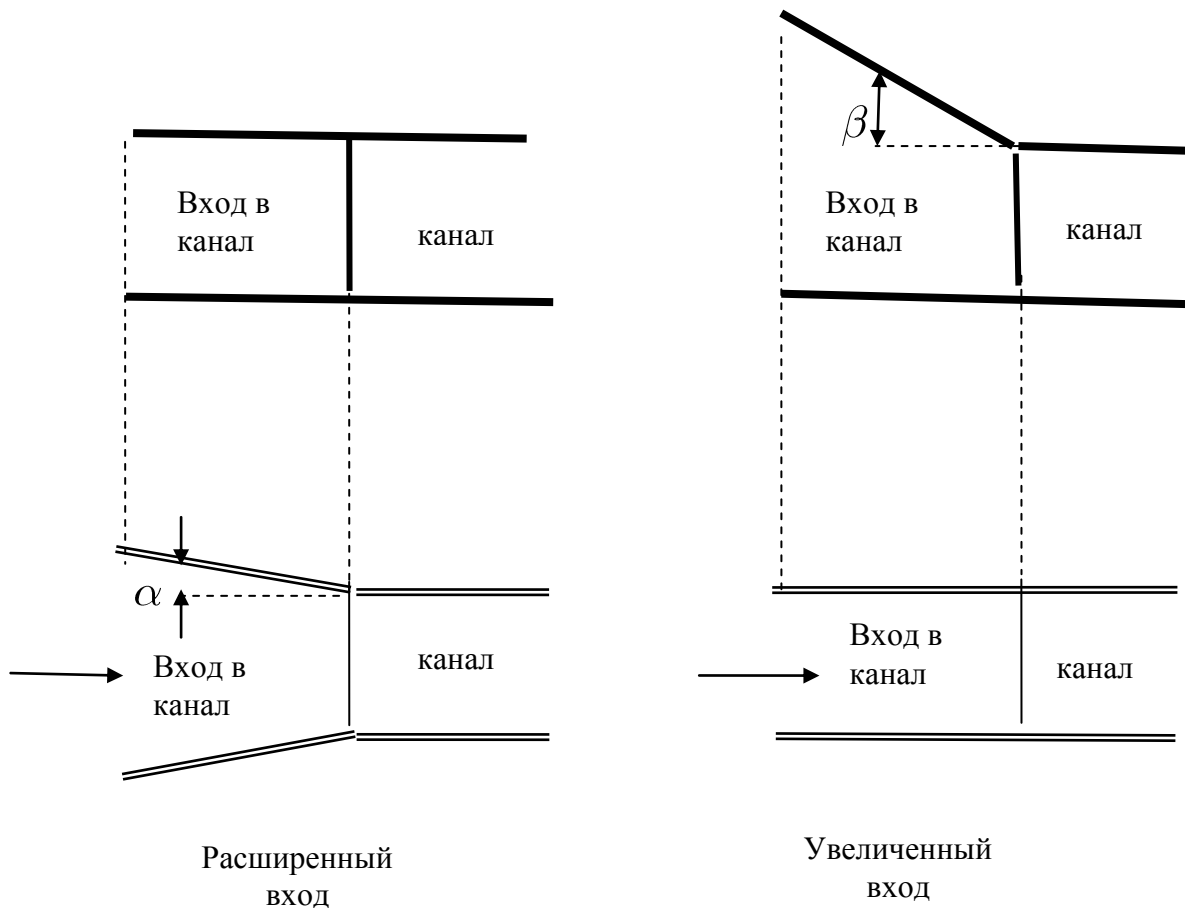


Рис. 2

Физическое моделирование. При моделировании водопропускных каналов важным условием являются соответствие сил гравитации [2,3,4] и поэтому основным критерием выбирается критерий Фруда (F_r). В соответствии выбранным геометрическим (L_m) масштабом модели 1:50 ($K=50$) получили следующие значения параметров модели.

1. Скорость течения воды (V_m) для модели относительно скорости (V_p) прототипа:

$$Fr_p = Fr_m \Rightarrow \frac{V_p}{\sqrt{gL_p}} = \frac{V_m}{\sqrt{gL_m}}; V_m = V_p / \sqrt{K}$$

2. Расход воды для модели: $Q_m = Q_p / K^{2,5}$

3. Уклон (i_m) дна канала равен уклону (i_p) дна прототипа: $i_m = i_p$

4. Шероховатость (n_m) стенок и дна модели соответствует шероховатости прототипа: $n_m = n_p$

Лабораторная установка. Гидравлическая модель водопропускного канала выполнена в масштабе 1:50. Модель состоит из следующих частей: гидравлический бак, канал прямоугольного сечения, насос, расходомер, кран управления, металлическая рама. Модель работает следующим образом: насос засасывает воду из бака и через кран управления и расходомер подает жидкость на вход водопропускного канала, далее вода стекает в бак и цикл повторяется. Все элементы модели смонтированы на металлической раме. Управление расходом протекающей воды осуществлялось с помощью крана управления, а измерение количества протекающей воды с помощью ротометрического расходомера. На входе в прямоугольный канал устанавливались различные по конфигурации входные стенки, в которых изменялись углы, тем самым изменялась конфигурацию входящего в канал потока. Высота воды в канале измерялась с помощью пьезометров, равномерно установленных по длине канала.

Результаты экспериментов. Было проведено множество экспериментов по выявлению влияния различных входных параметров в водопропускной канал, на увеличение расходов воды через канал.

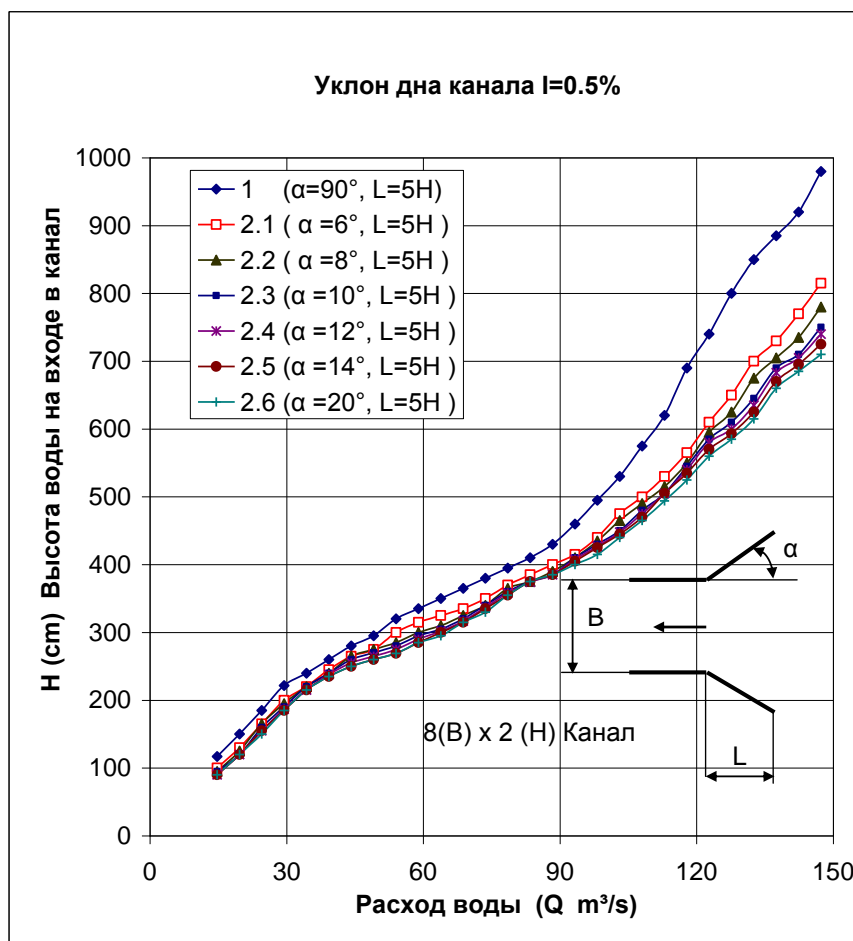


Рис. 3

На Рис. 3, приведены типовая зависимость высоты воды на входе в канал от расхода, при различных углах входных стенок. Из проведенных исследований следует, что изменение угла входа в канал может существенно повлиять на увеличение расхода воды через канал. Так если угол входа в канал находится в пределах 12-14 градусов, то пропускная способность увеличивается более чем на 25%. Понятно что если уклон дна канала равен 2% то пропускная способность существенно большая. Проведенные исследования показали что оптимальный угол стенок канала находится в пределах 12 – 14 градусов.

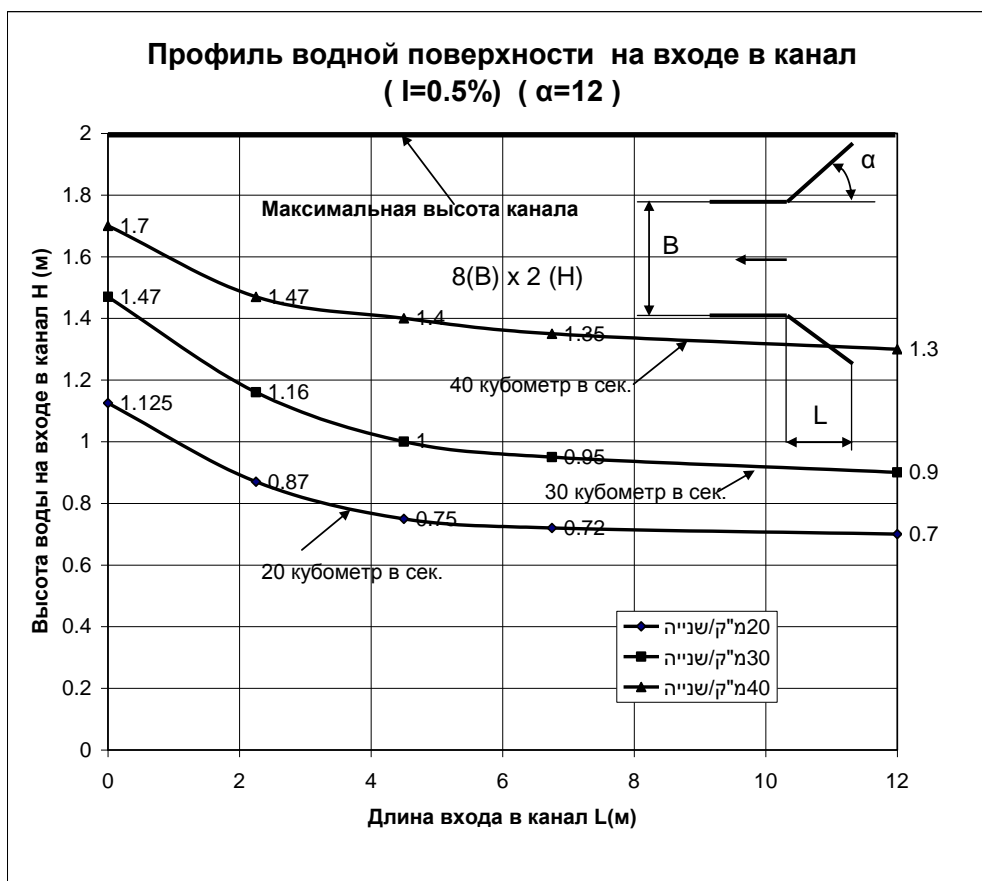


Рис. 4

На Рис. 4 Показан профиль водной поверхности на входе в канал. Проведенные эксперименты показали, что длина входа канала не должна превышать двух или трех его высот. Нет необходимости делать длинные входы в канал, это даст экономию при строительстве водопропускных сооружений, при той же самой пропускной способности.

На Рис. 5 приведен типовой график изменения высоты воды на входе в канал, в зависимости от расхода воды текущей через канал. Из графика видно, что эффективная работа входных отверстий начинается тогда, когда высота воды превышает отметку 3,5 м. Это означает что режим течения в канале изменяется, т.е. свободное течение переходит в течение под давлением. Это означает что режим течения в канале изменяется, т.е. свободное течение переходит в течение под давлением.

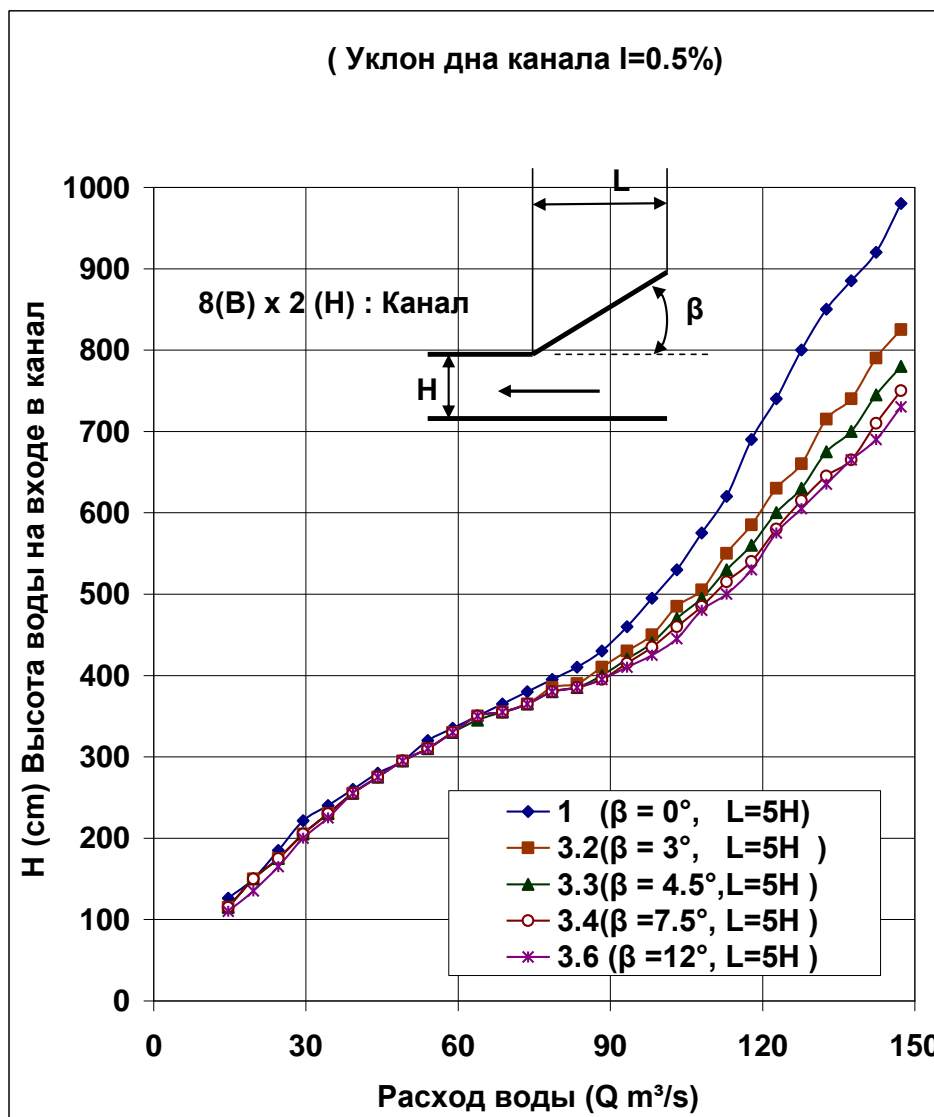


Рис. 5

. Следовательно в тех случаях когда имеет место течение через канал под давлением, эффективно использовать увеличенный вход в канал.

Заключение. Проведенные исследования позволили разработать физическую модель. На основании результатов физического моделирования разработаны конкретные рекомендации и правила проектирования входов в каналы для отведения дождевых вод. Использование физического моделирования позволило повысить пропускную способность водоотводящих каналов.

Литература.

1. Консантинов Ю.М.(1981) Гидравлика. Вища Школа.
2. Dietrich K., (2000) Stormwater conveyance modeling and design, Heastad Press CT USA.
3. Seybert T. A., (2006) Stormwater Management, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
4. Hamill L., (2001) Understanding Hydraulics, Palgrave New York.