

# Расчёт заложений откосов трапецидального канала сложенных из несвязных грунтов

Эшев С. С.<sup>1</sup>, Назаров О. О.<sup>2</sup>, Рахимов А. Р.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Эшев Сабир Саматович / Eshev Sabir Samatovich – заведующий кафедрой эксплуатации гидротехнических сооружений и насосных станций;

<sup>2</sup>Назаров Одил Омонкулович / Nazarov Odil Omonkulovich – ассистент;

<sup>3</sup>Рахимов Ашраф Расулович / Rahimov Ashraf Rasulovich - ассистент, инженерно-технический факультет,

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

**Аннотация:** на базе проведенных лабораторных опытов авторов и зависимости С.Х. Абальянца для формы русла предельного равновесия разработан метод расчета морфометрических характеристик динамически устойчивых русел больших земляных каналов. Описаны общие закономерности деформаций береговых откосов под действием водного потока.

**Ключевые слова:** деформация, устойчивость канала, тангенциальные напряжения, статическая устойчивость, динамическая устойчивость.

Существующие на современном этапе методы прогноза динамически устойчивых поперечных профилей каналов в зависимости от используемых в них подходов можно условно разбить на две большие группы. Первая из них представлена использующими физический подход разработками, в основе которых лежит предположение, что поток в канале, транспортирующий заданное количество воды и наносов, формирует вполне определённые ширину, глубину и продольный уклон своего русла. В большинстве случаев данный подход выводит за рамки использования различных эмпирических морфометрических зависимостей и предполагает на современном этапе широкое включение различных гидродинамических моделей, использующих в своей основе численные методы расчёта.

Другая группа методов основана на анализе тангенциальных напряжений, возникающих на дне деформируемых каналов под действием руслового потока. Первоначально этот подход использовался исключительно для условий статической устойчивости каналов, т.е. при наличии скоростей течений, не превышающих неразрывающие значения. Однако, как показали отдельные исследования [1,2], этот метод при определенных допущениях может правильно описывать геометрию дна земляных каналов при наличии в них транспорта русловых наносов.

Это обстоятельство расширяет границы использования данного подхода, и даёт возможность более широко его использовать при проектировании динамически устойчивых земляных каналов.

Задача о форме русла предельного равновесия нашла решение в методе Форхгеймера-Лейна [4], использующего в своей основе следующие допущения: предполагается, что с приближением к урезу скорость течения уменьшается до нуля и действие воды, сдвигающее частицу, принято пропорциональным местной влекущей силе  $\gamma h I$ , где  $h$  – локальная глубина,  $I$  – продольный уклон потока. В этом случае условие предельного равновесия частиц на откосе приводит к уравнению

$$\frac{h}{H_m} = \sqrt{1 - \frac{(dh/dy)^2}{\text{tg}^2 \varphi_0}} \quad (1)$$

интеграл, которого представляет косинусоиду

$$h = H_m \cos\left(\frac{\text{tg} \varphi_0}{n_m} y\right) \quad (2)$$

где  $H_m$  – максимальная глубина потока;

$y$  – поперечная координата;

$\varphi_0$  – угол внутреннего трения донного грунта.

Сопоставление выполненных по (2) поперечных профилей русел рек и каналов, с измеренными значениями показало [1], что в большинстве случаев для русловых потоков не свойственна косинусоидальная форма русла. Это расхождение объясняется, прежде всего, тем фактором, что при выводе (2) не учитывается реальное распределение скоростей течения по поперечному сечению. Попытка учёта этого распределения предпринята в [1,2]. В результате проведенного анализа С.Х. Абальянцем получено уравнение в виде:

$$\left(\frac{h}{H_m}\right)^{2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{(dh/dy)^2}{\text{tg}^2 \varphi_0}}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – показатель степени в степенной формуле изменения скорости от максимума к стенке. Автором приводится в табличном виде решение (3) при  $\alpha = 0,25$ , соответствующего наиболее реальному распределению скоростей течений при грядовом строении дна.

В результате анализа фактических профилей русел в режиме статической и динамической устойчивости С.Х. Абальянцем высказано предположение о возможности использования зависимости (3) для прогноза поперечных сечений русел, транспортирующих наносы. Для этого в (3) выводится вместо угла естественного откоса ( $\varphi_0$ ) его уменьшенное значение:

$$\varphi_g = \frac{\varphi_0}{1,65} \quad (4)$$

где  $\varphi_g$  и  $\varphi_0$  – углы внутреннего трения грунта при динамической и статической устойчивостях.

Оценка достоверности зависимости (4), проведённая по данным лабораторных отчётов [3] и при сопоставлении с результатами натурных исследований показала, что предложенная С.Х. Абальянцем формула (4) справедлива лишь для ограниченного числа фактических измерений и даёт в большинстве случаев значительные расхождения. Поэтому в дальнейшем, используя зависимость (3) и предложение о том что средняя и максимальная глубины канала нам известны, можно провести следующие математические выкладки. Из (3) в результате интегрирования при  $\alpha=0,25$  и использования граничного условия  $h=0$  при  $y=0$  имеем:

$$\frac{h}{H_m} = 1 - \left( 1 - \frac{\text{tg } \varphi_g}{2H_m} y \right)^2 \quad (5)$$

Из (5) получаем

$$h_{cp} = \frac{2h_m}{B} \int_0^{B/2} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\text{tg } \varphi_g}{2h_m} y \right)^2 \right] dy = \frac{\text{tg } \varphi_g}{4} B \left( 1 - \frac{\text{tg } \varphi_g B}{12h_m} \right). \quad (6)$$

Одновременно из (5) следует:

$$H_m = \frac{B \text{tg } \varphi_g}{4}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (5) получаем: поперечный профиль дна динамически устойчивого канала, пропускавшего заданное количество воды и наносов:

$$\frac{h}{H_m} = 1 - \left( 1 - \frac{3h_{cp}}{B} \frac{y}{H_m} \right)^2, \quad (8)$$

где  $h_{cp}$  и  $B$  определяются по изложенным ранее методикам, а выражение для расчёта максимальной глубины канала можно представить в виде:

$$H_m = 1,5h_{cp} \quad (9)$$

Расчёт заложений откосов трапециoidalного канала при известных значениях ширины и максимальной глубины рекомендуется проводить по формуле:

$$m = \frac{B}{H_m} \left( 1 - \frac{h_{cp}}{H_m} \right) = 0,3 \frac{B}{H_m} \quad (10)$$

Проверка зависимости (8) для лабораторных и натурных условий показала достаточно хорошее ее соответствие фактическим данным [3] и дает возможность рекомендовать полученные связи для расчета устойчивости земляных каналов.

### Литература

1. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. - Л.: Гидрометеоздат, 1981. - 239 с.
2. Абальянц С.Х. Форма русла предельного равновесия. – Сб. научн. трудов Среднеаз. НИИ ирригации, 1981, № 162, с.12-21.
3. Михинов А.Е. Эшев С.С. Экспериментальное исследование формирования устойчивого поперечного профиля больших земляных каналов в нестационарных гидравлических условиях. М., 1987, Рукопись деп. В ВИНТИ, № 7080 В87. - 39 с.

4. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов. (перев. с англ. Под ред. А.И.Богомолова). – М., Госстройиздат, 1969. – 464 с.