РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЖИВОГО СЕЧЕНИЯ ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Раҳимов Ашраф Расул угли - доцент,

Дустов Азиз Юсуфович - доцент,

Абдурахимов Мухаммад Абдуахадович,

Ахмадов Бекзод Эркин угли, Низомиддинов Ахрор Асрорович – судент

Экономический и педагогический университет, г.Карши, рес. Узбекистан

Аннотация: В статье проанализированы существующие расчётные формулы по установлению ширины устойчивого канала, проводилось сопоставление расчётных, лабораторных и натурных данных и на базе этого получена зависимость для расчёта относительной ширины устойчивых земляных каналов в песчаных несвязанных грунтах.

Ключевые слова: Канал, устойчивость, гидравлическая крупность, наносы, глубина потока, гидродинамическая устойчивость, квазиустойчивость потока.

Annotation: The article analyzes the existing calculation formulas for establishing the width of a stable channel, compared the calculated, laboratory and field data, and on the basis of this, a dependence was obtained to calculate the relative width of stable earthen channels in sandy unbound soils.

Key words: Channel, stability, hydraulic size, deposits, flow depth, hydrodynamic stability, quasistability of the flow.

Необходимым требованием при проектировании земляных каналов является сознание эффективной системы, которая смогла бы транспортировать заданное количество воды и наносов и не требовала бы значительных эксплуатационных затрат на русловыправительные работы на протяжении всего периода своего существования.

В настоящее время при расчёте размеров устойчивых каналов используются два основных подхода: анализ морфометрии каналов на базе теории режима и физический подход, основанный на исследовании физических процессов, протекающих в каналах с деформируемыми берегами и дном. Метод теории режима возник на рубеже 19 и 20 столетий в связи со строительством оросительной системы в Индии.

Физический подход включает три основных метода расчёта каналов: метод предельной влекущей силы, разработанный в США в начале 1950-х годов, метод допустимых скоростей, созданный в СССР в 1930-1940 годах и метод определения морфометрии устойчивых каналов на базе теории гидродинамической устойчивости. Последний метод получил своё развитие сравнительно недавно (конец 60-х начало 70-х годов), однако, несмотря на малый срок своего существования, он в ряде случаев позволил правильно описать сложные физические процессы, протекающие в каналах с подвижным ложем.

Понятие режима было сформулировано на базе натурных и лабораторных исследований, проводимых в целом ряде стран. Так, Lindley [2] следующим образом определил исходную позицию теории режима; «Размеры, ширина, глубина и клон канала для переноса определённого расхода воды и наносов всегда предопределены природой (Dynature)». Существует большое количество режимных зависимостей, подтверждаемых

большим числом экспериментальных данных, к числу основных из которых можно отвести следующие:

1) [3,4] Lacey:

$$Vcp=0{,}635\sqrt{f^{R}}\ (\text{м/с})\ ; \qquad (1)$$

$$\chi = 4{,}8Q^{0{,}5}\ (\text{м})\ ; \qquad (2)$$

$$1=0{,}000304\ f^{5/6}\ , \qquad (3)$$

где: Vcp –средняя скорость потока;

R –гидравлический радиус;

χ -смоченный периметр;

I –уклон канала;

f –параметр заземления канала, связанный со средним диаметром донных наносов зависимостью:

$$f = 50\sqrt{d_{cp}} \qquad (4)$$

2) Lacey, Pemberton [4]

$$\frac{V_{cp}}{R} = U\left(R^{1/2}1\right)^{u} \qquad (5)$$

$$V_{cp}=UR^{(u+1)/2}1^{u}$$

где U и u –коэффициент и показатель степени соответственно, которые изменяются в зависимости от размера наносов:

$$U=\omega^{1/2} / dc \qquad (6)$$

где ω –гидравлическая крупность донных наносов;

$$U=1\ , \quad \text{при } 0{,}1 \text{ мм} \le dcp \le 0{,}2 \text{ мм}, \qquad (7а)$$

$$U=1/2\ , \text{при } 0{,}2 \text{ мм} < dcp < 0{,}6 \text{ мм}, \qquad (7б)$$

$$U=1/3\ , \text{при } 0{,}6 \text{ мм}\ , dcp < 2 \text{ мм}, \qquad (7в)$$

$$U=1/4\ , \text{при } d > 2 \text{ мм}. \qquad (7г)$$

3) Parker [5]:

$$B=4{,}4\ Q^{-0{,}5}, \quad (4.8)$$

где B=B/dcp , $Q`= Q / d_{cp}^2 \sqrt{g d_{cp} (S-1)}$;

g –ускорение свободного падения;

S=ρн/ρв – относительная плотность грунта.

3) Simons, Albertson [5]:

$$B=k1\ Q^{1/2} \qquad (8)$$

где k1 –размерный коэффициент (м/с), зависящий от характеристики, слагающих дно и берега канала.

4) Chitale [7]:

$$B=6{,}592\ R^{0{,}209}\ 1^{-0{,}097}\ Q^{0{,}414}\ .\ D_{cp}^{0{,}115} \qquad (9)$$

Приведённые формулы не исчерпывают перечень существующих эмпирических зависимостей, которые почти все по своему виду представляют степенные связи между шириной, средней глубиной, уклоном дна, расходом воды и диаметром наносов и отличаются различными коэффициентами и показателями степеней.

Chitale [7] сделал обзор пригодности режимных уравнений на базе сравнения расчётных данных с измеренными характеристиками в различных системах каналов и сделал вывод, что формула (9) оказалась наиболее надёжной, чем большинство других режимных зависимостей. Обнаружено также, что коэффициент k, принимает различные значения для каналов с разными географическими условиями.

Метод допустимой влекущей силы (допустимых направлений) основывается на следующих соображениях. Физические свойства материала, из которого сложены берега канала (угол внутреннего трения, плотность, окатанность, средний диаметр грунта и т.д.), определяют их сопротивление размыву. Механизм воздействия потока на канал связывается о тангенциальными напряжениями на поверхности берегов, а расчёт каналов по методу предельной влекущей силы основывается на определении допустимого сдвигового напряжения, которое выдерживают берега канала. Сопротивление берегов эрозии является при этом одним из предельных факторов, влияющих на эксплуатационные условия канала -достаточно малое сечение для заданного расхода будет создавать большие скорости, способные разрушать в свою очередь берега канала.

В экспериментальных условиях получены данные, позволяющие вычислить предельные тангенциальные напряжения на берегах трапецеидального канала с однородной зернистой шероховатостью. Максимальное влекущее напряжение, воздействующее на берега канала, ширина которого превышает удвоенную глубину, оценивается как 0,75 ρв g hcp I.

Метод предельной влекущей силы широко используется в практике ирригационного строительства в условиях осветлённого потока [9]. Однако, как показывают последние исследования: «…проект, основанный на понятии предельного влекущего напряжения, не соответствует ирригационным каналам с подвижным дном».

Метод допустимых скоростей, основан на различных расчётных формулах для определения неразмывающих и незаиляющих скоростей. В зависимости от соотношения последних производится корректировка глубины каналов с целью поддержания его равновесия (отсутствия размыва или заиления). Этот метод также предполагает отсутствие транспорта донных наносов, а для взвешенных наносов предполагается их прохождение по трассе канала транзитом. Очевидно, что в связи со сказанным, методы влекущей силы и допустимых скоростей становятся неприемлемыми при расчёте каналов, способных пропускать определённое количество как взвешенных, так и влекомых наносов.

В последние годы в нашей стране и особенно, за рубежом, начинают использоваться результаты аналитических исследований, полученные на базе различных гидродинамических моделей, в которых плавая устойчивость каналов с подвижным ложем рассматривается в качестве одного из проявлений гидродинамической устойчивости русловых потоков. Так, в результате использования аналитической зависимости для длины плановых возмущений каналов (Lм) :

$$L_m = \frac{h_{cp}}{\sqrt{2}} \frac{CM}{\sqrt{g}} \left(1 - K\frac{M}{C}\right)^{1/2} \qquad (10)$$

где: M –параметр Буссинеска (=22+24 м$^{0,5/c}$);

k –параметр логарифмической функции распределения скоростей;

hcp –средняя глубина потока;

C –коэффициент Шези, в преложении Lм=8B. В.С. Алтуниным предложена расчётная зависимость:

$$\frac{C}{\sqrt{g}} = \sqrt{0,2\left(\frac{B}{h_{cp}}\right)^2 + 43} \qquad (11)$$

которая при заданном B/hcp позволяет рассчитывать C и, наоборот, при известном C даёт возможность определить относительную ширину B/hcp.

В результате решения задачи гидродинамической устойчивости канала с учётом его транспортирующей способности, получено выражение для начальной длины меандров, которое в предположении условий осветлённого потока принимает вид:

$$L_m = \frac{\pi C^2 h_{cp}}{g} \qquad (12)$$

Принимая Lм=30 B в качестве характерного масштаба, при котором сохраняется условие квазиустойчивости потока, А.Е. Михиновым получена зависимость для расчёта относительной ширины устойчивых земляных каналов в песчаных несвязанных грунтах в виде:

$$\frac{B}{h_{cp}} = 0,1\frac{C^2}{g} \qquad (13)$$

Позднее А.Е. Михиновым в результате анализа существующих режимных зависимостей с использованием метода размерностей получены зависимости для расчёта ширины и средней глубины динамически устойчивого русла, находящиеся в достаточно хорошем соответствии с эмпирическими данными.

$B=7{,}76\, d_{cp}Q`^{0,440}$ при $Q`\geq 10^{11}$;

$B=0{,}0023\, d_{cp}Q`^{0,760}$ при $10^{10}\leq Q`<10^{11}$;

$B=0{,}30\, d_{cp}Q`^{0,550}$ при $10^{9}\leq Q`<10^{10}$;

$B=88\, d_{cp}Q`^{0,275}$ при $Q`<10^{9}$;

$h_{cp}=0{,}04\, d_{cp}Q`^{0,503}$ при $Q`>10^{11}$;

$h_{cp}=10{,}4\, d_{cp}Q`^{0,281}$ при $10^{9}\leq Q`\leq 10^{11}$;

$h_{cp}=0{,}19\, d_{cp}Q`^{0,475}$ при $Q`<10^{9}$;

$$Q`=\frac{Q}{d_{cp}^2\sqrt{gd_{cp}(S-1)}}$$

где

Выбор расчётной формулы для ширины канала проводится на базе сопоставления расчётных, лабораторных и натурных данных. В качестве формул проверялись зависимости (9,10,12,13). Результаты сопоставления фактических и расчётных данных представлены в рис.1. Проведённый анализ показывает, что наилучшее соответствие с фактическими данными дают зависимости (13). Это дало возможность рекомендовать её в качестве расчётной зависимости для определения ширины канала по свободной поверхности.

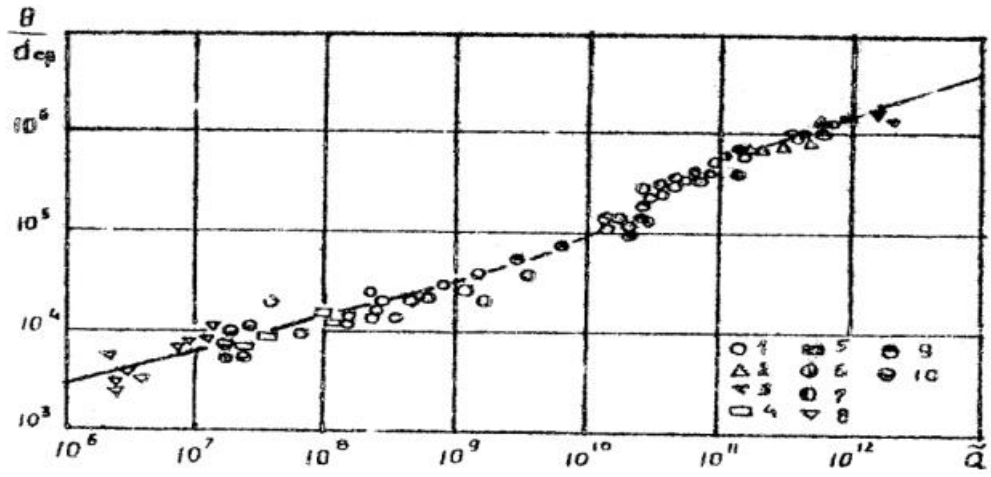


Рис.1. Сопоставления измеренных и вычисленных значений относительной ширины русла:

1-индопакистанские каналы; 2-Каракумский канал; 3-Волго-Каспийский канал; 4,8,10-лабораторные данные; 5-Аму-Дарья; 6-Таш-Сака; 7-Кыз-Кеткен; 9-реки Белорусии.

Таким образом, полученные результаты лабораторных исследований позволяют установить устойчивые размеры канала по свободной поверхности на базе сопоставления расчётных, лабораторных и натурных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lane E.M. Design of stable channels. Trans. ASCE, 1955, 120-123.

2. Lindley E.S. Regimb channels-Proc, Punjab end, Congress, 1919, 7, 63.

3. Lacey G. Stable channels от alluvium-Proc Instnciv, end, London, 1929-30, 229, 258-384.

4. Lacey G. Uniform flow in alluvial rivers and canals-Proc. Instn, Civ. End. London, 1933-34, 237, 421-53

5. Parker G. Hydraulic geometry of active gravet rivers.-«I. Hydr. Div. Proc. ASCE», 1978. 105, N9, 1185-1201.

6. Simons D.B., Alberlson M.L. Uniform water conveyance channels in alluvial material.-Proc, ASCE. May, 1969, 86 (HYS), 33.

7. Chilate S.V. Shape and sire of olluvial channels,-Proc, ASCE, July, 1976, 102 (HYS), 1003-1011.

8. Chital S.W. Design of alluvial channels-Q 20, R 17,6/th c ongress ICID, Delhi. 1966.

9. Рекомендации по гидравлическому расчёту крупных каналов (Совет по гидравлике при ГКНТ, 1986).

1. Боровский В.П. Волновая модель профиля скорости. // Мелиоратсия и водное хозяйство. 2007, №4, с.55-59.

2. Бровченко И. А., Мадерич В. С. «Двумерная Лагранжева модель переноса много фракционных наносов в прибрежной зоне моря». Прикладная гидромеханика. 2005. Том 6 (78), № 1, 1-9.

3. Чалов Р.С. Русловые процессы (русловедение). –Инфра-М. М., 2017, 568 с.

Чекин А.Л. Математика и информатика. Часть 1. Учебное пособие–М.:МПГУ, 2019. 236 с.

4. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. – Лань, М., 2015, 640 с.

5. Эшев С.С. Расчет деформируемых больших земляных каналов в условиях нестатсионарности водного потока. Ташкент. ” Ворис нашриёт”, 2018. -187с.

6. Эшев С.С., Рахимов А.Р., Гайимназаров И.Х. Влиянии волновых потоков на деформатсий русел каналов: Монография. – Т.: Издательство «Ворис нашриёт», 2021, 189 с.

7. Jonsson I.G., Skovgeard O., Jacobsen T.S. Computation of longshore currents, Proc, Const. Eng. Cong., 1974, pp. 699…714.

8. Eshev S.S., Rahimov A.R., IG'oyibnazarov.X., Latipov Sh.A.. Generation of Wind Waves in Large Streams. International Jounal of Psychosocial Rehabilitation, Vol. 24, Issue 01, 2020. -Pp. 518-525.

9. S.S.Eshev, A.N.Xazratov, A.R.Rahimov, Sh.A.Latipov. Influence of wind waves on the flow in flowing reservoirs. IIUM Engineering Journal, Vol. 21, No. 2. 2020 https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i2.1329. -Pp. 125-132. (05.00.00; № 6)