

3. Баранов Е.В. Рекомендации по гидравлическим расчётам противоэрозионного крепления с применением пространственной георешетки с крупнообломочным грунтом/Е.В. Баранов, А.П. Гурьев, Н.В.Ханов// Гидротехническое строительство. –2019. –№8. – С. 22–26

4. Мельникова Е.П. Повышение устойчивости грунтовых сооружений путем армирования геосинтетическими материалами/ Е.П. Мельникова, Ю.В. Нужненко, Т.В. Скрыпник // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. – 2016. – № 1. – С. 29-34.

5. Жукова Т.Ю. Использование геосинтетических материалов и геотекстиля при строительстве/ Т.Ю. Жукова// Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование». – 2022. – № 52. – С.393–397.

6. Атабиев И.Ж. Влияние природных условий на развитие оползневых процессов/ И. Ж. Атабиев, А.М. Бакштанин, Т. Ю. Жукова // Вестник Научно – методического совета по природообустройству и водопользованию. –2021. – №21. – С.42–46.

УДК 626-335.3

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РЕБРИСТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕННОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ

Каньяругендо Леонидас, аспирант кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kany.l@mail.ru

Научный руководитель: Гурьев Алим Петрович, д.т.н., профессор кафедры инженерных конструкций ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alim_guryev@mail.ru

Научный руководитель: Ханов Нартмир Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, khanov@rgau-msha.ru

Аннотация: В статье оценивается гидравлическое сопротивление ребристых зигзагообразных элементов шероховатости в качестве гасителя энергии потока на сливной грани бетонного водослива. Изложен сравнительный анализ изменения коэффициента Дарси в зависимости от отдельных параметров потока с изменением уклона.

Ключевые слова: Водослив, усиленная шероховатость, гаситель энергии.

В гидротехнике часто применяют водосбросные сооружения в виде быстротоков, где развиваются большие скорости потока воды. Нередко приходится прокладывать каналы с большими уклонами, так как иначе не вписываются в рельеф местности.

Однако, высокий спрос на воду для бытовых, сельскохозяйственных и промышленных нужд, гидроэнергетики или для защиты территорий от

негативных воздействий поводков приведет к созданию водохранилищ для аккумуляции воды. Для создания водохранилища строят гидроузлы, в состав которых входят плотины, водозаборные сооружения и водосбросы.

В обоих случаях (или канал с большим уклоном или водосброс), поток воды имеет высокую кинетическую энергию.

Скорость потока может оказаться выше допустимых для материала сооружения или ложа русла, что в конечном итоге приведет к размыву и разрушению всего объекта.

В этом случае в целях усиления рассеивания энергии потока следует искусственно устраивать повышенную шероховатость, чтобы избежать больших скоростей и в нижний бьеф выпустить “успокоенный” поток воды.

Можно использовать два основных типа гасителей энергии - скачкообразного и ударного типа. Для гидравлических гасителей прыжкового типа, энергия рассеивается из-за высокой турбулентности потока в гидравлическом прыжке, а для гасителей ударного типа поток направлен на препятствия, от которых распределяется в разные направления, что также создает турбулентность и рассеивает энергию воды [1].

Элементы для усиления шероховатости бывают различных типов. В данной работе особое внимание уделяем ребристым зигзагообразным элементам сопротивления благодаря их вероятной эффективности среди широко распространенных ребристых элементов [2].

Предварительные расчеты были сделаны для водоската с уклонами 0,1; 0,3; 0,5 и 0,76 и постоянной шириной 20,4 см. Выбор этих параметров обоснован, во-первых, тем, что ребристые элементы шероховатости широко изучены в каналах и быстротоках уклоном до 0,6; и во-вторых с учетом размеров физической модели Богучанского водосброса ($i=0,76$; $b=20,4$ см) на которой были выполнены эти расчёты [3, 4].

Был использован метод гидравлического расчета, предложенного О.М. Айвазяном [5,] для открытых русел с донной ребристой шероховатостью при условно равномерном движении, при котором для установившегося режима движения воды уклон свободной поверхности I равен уклону дна i : $I=i$.

Это условие выполняется при относительной глубине потока h , больше трёх высот искусственной шероховатости Δ : $h \geq 3\Delta$ и при расстояниях между осями ребер $\delta = 8\Delta$ и при $i_{кр} < i < 0,6$. [5]

В этом случае коэффициент Дарси можно выразить эмпирической зависимостью:

$$\lambda = M + 2i^2 - Ni \cdot \lg i \cdot \left(\frac{\Delta}{h} \cdot \frac{b}{\chi} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Pi_{кр}}} \right), \quad (1)$$

где:

M и N – числовые параметры, зависящие от типа усиленной шероховатости; i – уклон дна водоската;

Δ – высота ребер шероховатости;

h – глубина потока над ребром;

b – ширина водоската по дну;

χ - смоченный периметр;

$\frac{b}{\chi}$ — учитывает роль ребристой шероховатости во всем смоченном периметре;

Π_k — параметр кинетичности.

На рисунке представлен график зависимости коэффициента Дарси λ от комплекса $A = \frac{\Delta}{h} \cdot \frac{b}{\chi} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Pi_k}}$, входящий в формулу (1). На данном графике отражена роль отдельных факторов, вовлеченных в формирование сопротивления.

В расчетах была принята $\Delta = 12$ мм и по формуле (2) определены подбором глубины h , соответствующие различным расходам Q .

$$\Delta = \frac{\frac{sg \cdot \omega^3 \cdot M + 2i^2}{Q^2 \cdot \chi \cdot i}}{-N \cdot l \cdot q \cdot i} \cdot h \cdot \frac{\chi}{b} \sqrt{\Pi_k} \quad (2)$$

Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

Определение коэффициента Дарси

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	i	$h, \text{ м}$	Π_k	$\Delta, \text{ м}$	A	λ	h/Δ	$h/\Delta \geq 3$
0,00157	0,1	0,024	0,44	0,012	0,606	1,48	2,02	нет
0,00445	0,1	0,038	0,88	0,012	0,250	0,66	3,10	Да
0,00817	0,1	0,050	1,31	0,012	0,142	0,41	4,14	Да
0,01257	0,1	0,062	1,62	0,012	0,096	0,31	5,07	Да
0,01757	0,1	0,074	1,87	0,012	0,071	0,25	5,97	Да
0,02310	0,1	0,085	2,13	0,012	0,052	0,21	7,16	Да
0,00157	0,3	0,019	0,88	0,012	0,568	2,29	1,58	нет
0,00445	0,3	0,030	1,71	0,012	0,232	1,08	2,54	нет
0,00817	0,3	0,042	2,29	0,012	0,139	0,75	3,38	Да
0,01257	0,3	0,052	2,75	0,012	0,092	0,58	4,33	Да
0,01757	0,3	0,063	3,10	0,012	0,065	0,48	5,40	Да
0,02310	0,3	0,074	3,22	0,012	0,052	0,43	6,25	Да
0,00157	0,5	0,016	1,48	0,012	0,513	2,34	1,39	нет
0,00445	0,5	0,028	2,30	0,012	0,232	1,37	2,24	нет
0,00817	0,5	0,038	2,86	0,012	0,130	1,01	3,30	Да
0,01257	0,5	0,050	3,01	0,012	0,094	0,89	4,11	Да
0,01757	0,5	0,063	3,10	0,012	0,068	0,80	5,17	Да
0,02310	0,5	0,075	3,10	0,012	0,052	0,74	6,33	Да
0,00157	0,76	0,014	2,35	0,012	0,508	2,28	1,13	нет
0,00445	0,76	0,026	2,92	0,012	0,214	1,67	2,19	нет
0,00817	0,76	0,038	2,98	0,012	0,129	1,49	3,28	Да
0,01257	0,76	0,051	2,85	0,012	0,095	1,42	4,15	Да
0,01757	0,76	0,065	2,73	0,012	0,067	1,36	5,53	Да
0,02310	0,76	0,080	2,57	0,012	0,051	1,33	6,86	Да

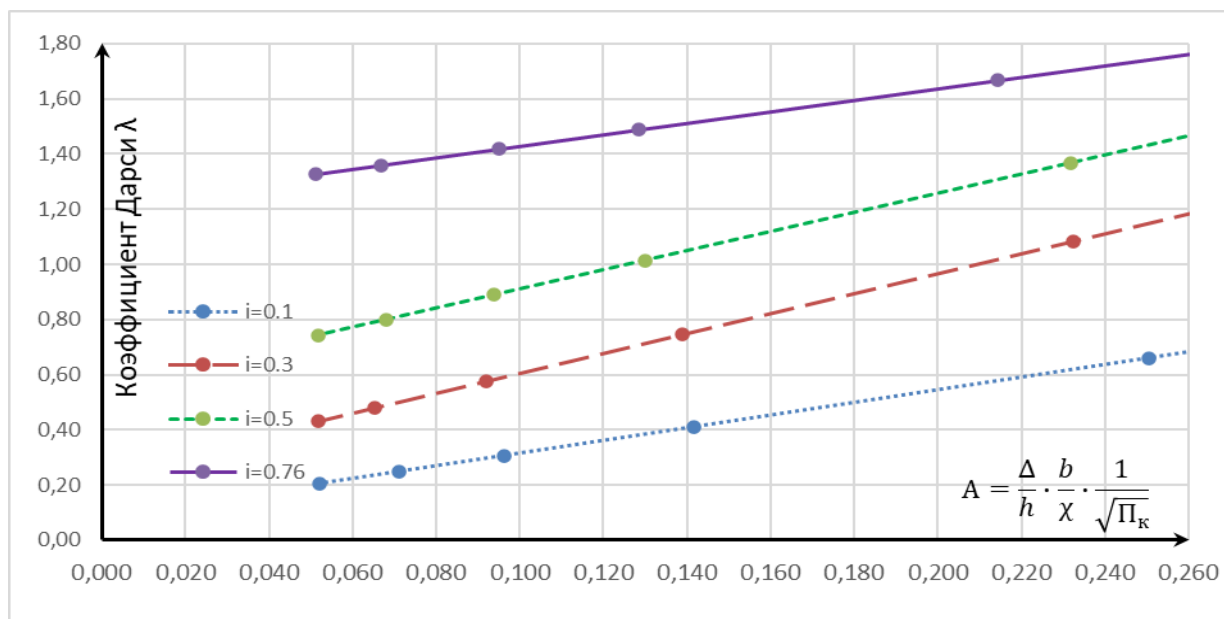


Рис. Зависимость коэффициента Дарси λ от $A = \frac{\Delta}{h} \cdot \frac{b}{\chi} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Pi_k}}$

Выводы:

1. Из таблицы 1 видно, что параметр A обратно пропорционален расходу.
2. С уменьшением расхода увеличивается коэффициент Дарси.
3. При одном и то же расходе коэффициент Дарси значительно выше для водопропускных сооружений с большим уклоном и слабо изменяется с изменением расхода. Аналогично, на маленьких уклонах ($i < 0,1$), величина λ незначительна и также слабо реагирует на изменение расхода.

Библиографический список

1. Joko N. Experimental Study of Energy Dissipation at Baffled Chute Spillway [Text]/ N. Joko, S. Indratmo, A.W. Hadi Soeharno //Jurnal Teknik Sipil.- 2019 Vol. 26 №1. –P 33-38.
2. Каньяругендо Л. Способы повышения эффективности гашения энергии в нижнем бьефе [Текст]/ Ханов Н.В., Гурьев А.П. // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова.- Том.1.– 2021. С.249-253.
3. Ханов, Н.В. Рекомендации по проектированию и строительству креплений нижнего бьефа трубчатых водовыпусков с гасителями ударного действия [Текст] / Н. В. Ханов, А. Г. Журавлёва, Мвуйекуре Жан Клод // Природообустройство. - 2017. - № 4. - С. 27-34.
4. Гурьев А.П. Рекомендации по предупреждению кавитационной эрозии бетона на примере водосброса № 2 Богучанской ГЭС [Текст]/ Ханов Н.В., Фартуков В.А., Верхоглядова А.С., и др. // Природообустройство. – 2019. – №4. – С. 69-77.
5. Богославчик, П.М. Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений: учеб. Пособие [Текст] / П. М. Богославчик, Г. Г. Круглов // – Минск. «Вышэйшая школа», 2018.– 366 с.