

УДК 502/504:627.5

З. Г. ЛАМЕРДОНОВ, К. Н. ДУЖАК

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В. М. Кокова»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГАБИОНОВ ДЛЯ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ЗЕМЕЛЬ ОТ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

Приведены результаты экспериментальных исследований по обоснованию эффективности цилиндрической формы габионов, по определению оптимальных геометрических характеристик плетеной сетки и заполнителя, в качестве которого предполагается использовать природный камень.

План экспериментальных исследований, моделирование, геометрический масштаб подобия, цилиндрические и призматические габионы, уравнения регрессии, ранжирование факторов.

Природные ландшафты подвержены эрозионным процессам усиленной антропогенной нагрузкой, вызванной научно-техническим прогрессом [1]. Эффективная борьба с эрозионными процессами невозможна без инновационных инженерных разработок. К таким разработкам можно отнести и новые конструктивные и технологические решения габионов, предназначенных для борьбы с водной эрозией на водосборах [2].

Исследования проведены по разработанному плану в соответствии с методикой. Экспериментальные исследования включали: эксперимент по обоснованию эффективности цилиндрической формы габионов, эксперимент по определению оптимальных геометрических характеристик плетеной сетки и заполнителя, в качестве которого предполагается использовать природный камень.

Для обоснования эффективности цилиндрической формы по сравнению с призматической проведены экспериментальные исследования на сжатие модельных образцов габионов. С целью получения качественной и количественной картины работы цилиндрических и призматических габионов соблюдены критерии

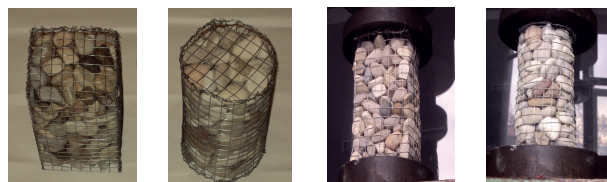
подобия при моделировании [3]:

геометрический масштаб подобия –
 $S_n / S_m = t_n / t_m = l_n / l_m = \alpha_L$;

подобие диаграмм материалов натур-
ры и модели –

$$F_n / F_m = A_n R_n / A_m R = \alpha_L^2 \alpha_R .$$

Были изготовлены модели цилиндрических и призматических габионов в лаборатории. Высота и диаметр цилиндрического габиона составляли соответственно 20 и 10 см, площадь окружности, лежащей в основании цилиндра, $F = 0,0079 \text{ м}^2$. Высота и размер длины квадрата в основании призматического габиона соответственно 20 и 10 см. Площадь квадрата, лежащего в основании призмы, $F = 0,01 \text{ м}^2$.



Общий вид модельных образцов до и при испытании на испытательном стенде

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях.

По результатам предварительных исследований были выбраны основные факторы. В основу исследований положен активный эксперимент, позволяющий влиять на основные факторы в соответствии с принятым планом [2].

Проанализировав все факторы, можно прийти к выводу, что на относительные деформации цилиндрических габионов существенное влияние оказывают следующие: относительный диаметр кам-

ня в габионе $X_1 = d_k / D$; относительный размер ячейки сетки $X_2 = d_c / D$; относительная длина габиона $X_3 = l / D$.

На основании предварительно проведенных экспериментов были определены интервалы варьирования основных факторов (табл. 1): D – диаметр габиона, $D = 5$ см; d_k – диаметр камня в габионе, $d_k = 1,8...3,5$ см; d_c – размер ячейки сетки в габионе, $d_c = 0,8...1,6$ см; l – длина габиона, $l = 20...40$ см.

Таблица 1

Уровни варьирования основных факторов

Фактор	Уровень фактора	
	-1	+1
Относительный диаметр камня в габионе X_1	0,36	0,7
Относительный размер ячейки сетки X_2	0,16	0,32
Относительная длина габиона X_3	4	8

При проведении исследований был реализован полный факторный эксперимент 2^3 . Оценка адекватности модели осуществлялась по критерию Фишера.

Проведена обработка, интерпретация результатов экспериментальных исследований. В соответствии с результатами обработки результатов экспериментальных исследований по обоснованию эффективности цилиндрической формы габионных конструкций доказано, что несущая способность цилиндрических габионов по сравнению с призматическими в 1,6 раза больше. Так, при непрерывной подаче нагрузки цилиндрические габионы разрушались при нагрузках $P_{раз} = 10$ кН и соответственно давлению $\sigma_{раз} = 1,27$ МПа. Призматические габионы разрушались при нагрузках $P_{раз} = 8$ кН и давлении $\sigma_{раз} = 0,8$ МПа.

Для проведения исследований были изготовлены модельные образцы по инновационным технологиям [4–6]. В процессе экспериментальных исследований определяли относительные деформации $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$: от действия собственного веса $q = 30$ Н/м и от действия собственной нагрузки, которая менялась. В результате обработки экспериментальных данных построены модели в виде уравнения регрессии для определения оптимальных геометрических характеристик цилиндрических габионов:

$$\varepsilon_1 = 0,0535 - 0,0043X_1 + 0,0350X_2 + 0,0468X_3 - 0,0038X_1X_2 + 0,0015X_1X_3 + 0,0288X_2X_3;$$

$$\varepsilon_2 = 0,0890 + 0,0023X_1 + 0,0473X_2 + 0,0603X_3 - 0,0035X_1X_2 + 0,0035X_1X_3 + 0,0360X_2X_3;$$

$$\varepsilon_3 = 0,1106 + 0,0051X_1 + 0,0549X_2 + 0,0706X_3 - 0,0031X_1X_2 + 0,0051X_1X_3 + 0,0399X_2X_3;$$

$$\varepsilon_4 = 0,1260 + 0,0048X_1 + 0,0570X_2 + 0,0735X_3 - 0,0028X_1X_2 + 0,0048X_1X_3 + 0,0395X_2X_3.$$

Осуществлен регрессионный факторный анализ полученных моделей и результатов исследований. С использованием диссоциативно-шагового метода определены наибольшие и наименьшие значения функции в факторном пространстве для каждой модели. Ранжирование факторов по степени влияния на выходную функцию было произведено по максимальному перепаду в однофакторных моделях, получаемых при стабилизации основных параметров в зоне максимума.

Наибольшее и наименьшее значения функции в факторном пространстве:

$$\varepsilon_{1min} = 0; (X_1 = 0,95; X_2 = -1,00; X_3 = -1,00);$$

$$\varepsilon_{1max} = 0,1637; (X_1 = -1,0; X_2 = 0,95; X_3 = 0,95).$$

Расчет однофакторных моделей в зоне максимума дает следующие уравнения:

$$\varepsilon_{1max} = 0,157 - 0,006X_1;$$

$$\varepsilon_{1max} = 0,101 + 0,066X_2;$$

$$\varepsilon_{1\max} = 0,0947 + 0,0727X_3.$$

В зоне минимума данный расчет дает следующие уравнения:

$$\varepsilon_{1\min} = 0,0005 - 0,0020X_1;$$

$$\varepsilon_{1\min} = 0,0012 + 0,0026X_2;$$

$$\varepsilon_{1\min} = 0,0180 + 0,0194X_3.$$

Ранжирование факторов по степени влияния на выходную функцию было произведено по максимальному перепаду в однофакторных моделях, получаемых при стабилизации основных параметров в зоне максимума (табл. 2).

Таблица 2

Ранжирование факторов в зонах max и min

Значение $\Delta\varepsilon_1$			Степень влияния факторов при их ранжировании
X_1	X_2	X_3	
- 0,0130	0,1323	0,1453	$\Delta\varepsilon_{\{X_3\}} > \Delta\varepsilon_{\{X_2\}} > \varepsilon_{\{X_1\}}$, max
- 0,0040	0,0052	0,0389	$\Delta\varepsilon_{\{X_3\}} > \Delta\varepsilon_{\{X_2\}} > \varepsilon_{\{X_1\}}$, min

Уравнение параметра оптимизации в зонах максимума и минимума относительно факторов X_1 и X_2 :

$$\varepsilon_{1\max} = 0,0980 - 0,0029X_1 + 0,0624X_2 - 0,0038X_1X_2;$$

$$\varepsilon_{1\min} = 0,0067 - 0,0058X_1 + 0,0062X_2 - 0,0038X_1X_2.$$

По результатам экспериментальных исследований построены графики относительных деформаций от величины изгибающих моментов.

Выводы

Основные факторы, влияющие на величину относительных деформаций – это относительный размер ячеек сетки и относительная длина цилиндрического габиона. В диапазоне варьирования геометрических размеров диаметра камня $d_k = 1,8...3,2$ см у моделей цилиндрических габионов сильного влияния на деформации нет. Поэтому размер камня может быть любым в заданном диапазоне варьирования. Больше влияние оказывает размер ячейки сетки в габионе (варьировался в диапазоне $d_c = 0,8...1,6$ см). С уменьшением размеров сетки цилиндрический габион становится более жестким.

1. **Хаширова Т. Ю.** Охрана горных и предгорных ландшафтов управлением твердого стока. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2007. – 220 с.

2. **Ламердонов З. Г.** Гибкие берегозащитные сооружения, адаптированные к морфологическим условиям рек. – Нальчик: КБГСХА, 2004. – 151 с.

3. **Каганов Г. М., Евдокимова И. М., Шевченко К. И.** Гидротехнические сооружения из армированного грунта. – М.: НИИ – Природа, 2004. – 607 с.

4. **Дужак К. Н., Ламердонов З. Г.** Методические рекомендации по изготовлению и усилению цилиндрических габионов для защиты земель от водной эрозии // Природообустройство. – 2010. – № 4. – С. 56 – 62.

5. Способ изготовления габионных тюфяков: пат. № 2413049 Российской Федерации; МПК E02 B3/00, E02 B3/12. / К. Н. Дужак; заяв. 07.12.2009; опубл. 27.02.2011. – Бюл. № 6. – 5 с.

6. Способ изготовления цилиндрических габионов: пат. № 2415995 Российской Федерации; МПК E02 B3/00, E02 B3/12. / К. Н. Дужак; заяв. 07.12.2009; опубл. 10.04.2011. – Бюл. № 10. – 6 с.

Материал поступил в редакцию 14.03.11.
Ламердонов Замир Галимович, доктор технических наук, профессор
E-mail: Lamerdonov-zamir@rambler.ru
Дужак Константин Николаевич, аспирант
E-mail: Kant_n@rambler.ru