

4. Ministerstvo po chrezvychainym situatsiyam RF. MCHS Rossii // [http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/2586229].

5. Pravila tehnicheckoj ekspluatatsii elektricheskikh stantsij i setej Rossijskoj Federatsii. SO 153-34.20.501-2003.http://files.stroyinf.ru/Data1/40/40609/

6. Deterioration of dams and reservoirs. Examples and their analysis. – Paris: ICOLD, 1984. 367 p.

The material was received at the editorial office
26.07.2018 g.

Information about the authors

Zharnitskiy Valerij Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects», FSBEI HE RGAU-

MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow. ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru, тел.: +7(905)7203072.

Andreev Yevgenij Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow. ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: Andreev-rf@mail.ru, тел.: +7(929)6480927.

Zaitsev Yulij Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Physics and technology of electrotechnical materials and components (FTEMK)» FSBEI HE «National research university «MEI»; 111250, Moscow, ul. Krasnokazarmennaya, d. 14; e-mail: zzz6452zz@yandex.ru, Тел.: +7(926)6989227.

УДК 502/504: 626.17:691.16

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-36-42-48-54

А.В. ЕРЕМЕЕВ, А.П. ГУРЬЕВ, Н.В. ХАНОВ, В.П. БУКРЕЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОМАТА С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ЩЕБНЯ НА БИТУМ-ПОЛИМЕРНОМ ВЯЖУЩЕМ

В настоящее время в строительстве все чаще находят применение геосинтетические материалы. Для защиты грунтовых откосов применяется современный геосинтетический материал – геомат, заполненный щебнем и битумным вяжущим материалом. Из-за большого количества недостатков данный тип защитного покрытия был модернизирован. В новом варианте защитного покрытия битум был заменён на битум-полимерное вяжущее, а также была изменена пропорция компонентов, входящих в состав покрытия. В данной статье представлены результаты гидравлических исследований защитного покрытия на битум-полимерном вяжущем, которые позволили определить его коэффициент шероховатости с использованием формул Маннинга, Гангилье-Куттера и Н.Н. Павловского при разных расходах и уклонах, проанализировать расчётные зависимости и вывести средний коэффициент шероховатости для данного защитного покрытия. Всего было проанализировано 180 значений коэффициентов шероховатости, полученных экспериментальным путём, и выведено среднее значение коэффициента шероховатости $n = 0,0175$, рассчитанное по формуле Маннинга. В статье так же даны рекомендации для дальнейшего изучения коэффициента шероховатости противозерозионного защитного покрытия.

Противозерозионное покрытие, геомат, битум-полимер, битум, эрозия, коэффициент шероховатости, откос.

Введение. В гидротехническом строительстве для защиты сооружений от водной эрозии нашли применение современные геосинтетические материалы, которые по своим свойствам и параметрам превосходят устаревшие материалы [1]. Геосинтетические

материалы в большинстве своём являются более дешёвыми, легкими и долговечными, применение таких материалов менее трудозатратно по сравнению с устаревшими методами защиты откосов от водной эрозии [2]. Одним из материалов, применяемых в ги-

дротехническом строительстве для защиты откосов от водной эрозии, является геомат, заполненный щебнем и битумным вяжущим, однако данное защитное покрытие подвержено сильному трещинообразованию. Для улучшения свойств и уменьшения трещинообразования конструкция этого защитного покрытия была доработана путём замены вяжущего материала на более пластичный битум-полимерный вяжущий материал и изменения его пропорции по отношению к щебню [3, 4]. Это противоэрозионное защитное покрытие представлено на рисунке 1. Изменение пропорции основных компонентов защитного покрытия и замена вяжущего изменило внутреннюю и внешнюю структуру покрытия. Для возможности выполнения гидравлических расчётов водоводов с этим покрытием появилась необходимость в проведении гидравлических исследований с изучения его коэффициента шероховатости.



Рис. 1. Противоэрозионное защитное покрытие из геомата, заполненного щебнем и битум-полимерным вяжущим

Исследования проводились в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева», в лаборатории водопропускных сооружений кафедры гидротехнических сооружений на экспериментальной установке для определения гидравлических характеристик.

Материал и методы исследований.

Исследования коэффициента шероховатости проводились на экспериментальной установке, показанной на рисунке 2, с фрагментом канала трапециевидального поперечного сечения натуральной величины, имеющим откос с заложением $m = 1$ и вертикальной стенкой, установленной по оси канала. Это позволило в два раза увеличить размеры канала и повысить точность гидравлических исследова-

ний. В приёмный бак установки вода поступала из питающего трубопровода, из приёмного бака вода следовала на рабочий участок, после рабочего участка вода поступала в отводящий лоток. В экспериментальной установке была возможность изменения уклона дна на рабочем участке и изменения расхода поступающей воды. Для выравнивания скоростей потока в начале рабочего участка была установлена успокоительная решетка. Для обеспечения равномерного режима по всей длине рабочего участка канала вода на него подавалась по схеме истечения из-под затвора. Размер отверстия соответствовал нормальной глубине потока в канале для заданного расхода. Для предупреждения чрезмерного сжатия потока при истечении из-под затвора его нижнее ребро было оформлено в виде цилиндрической поверхности диаметром $d = 10$ см. Длина рабочего участка канала составляла 8 метров. Геомат, заполненный щебнем и битум-полимерным вяжущим, укладывался на дно и откос канала. Вертикальная стенка, имитирующая осевое сечение канала, выполнялась из пластика и не покрывалась исследуемым материалом.

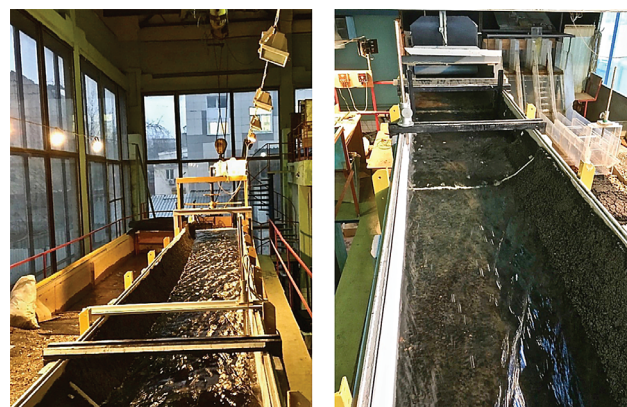


Рис. 2. Экспериментальная установка для определения гидравлических характеристик

Исследование проводилось при равномерном установившемся движении воды на рабочем участке установки. Для определения расхода воды в канале использовалась формула Шези [5, 6, 7]:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot J}, \quad (1)$$

Гидравлически радиус находится по следующей формуле:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (2)$$

Гидравлический уклон определяется по формуле

$$J = \frac{H_i - H_{i+1}}{l}, \quad (3)$$

Расчёт коэффициента шероховатости выполнялся по трём формулам: по формуле Маннинга (4), по формуле Гангиле-Куттера (5) и по формуле Н.Н. Павловского (6), в которой показатель степени y является переменной величиной и рассчитывается по формуле (7):

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}, \quad (4)$$

$$C = \frac{23 + 1/n + 0,00155/J}{1 + (23 + 0,00155/J) \cdot n / \sqrt{R}}, \quad (5)$$

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (6)$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (7)$$

Формулы Маннинга (4), Гангиле-Куттера (5) и Н.Н. Павловского (6) были подставлены в формулу (1) и после преобразования приняли следующий вид [8, 9, 10]:

$$n_i = \frac{R^{2/3} \cdot \sqrt{J}}{V}, \quad (8)$$

$$n_{Г-К} = \frac{23 \cdot R \cdot \sqrt{J} - V \cdot \sqrt{R}}{46 \cdot V} + \sqrt{\left(\frac{23 \cdot R \cdot \sqrt{J} - V \cdot \sqrt{R}}{46 \cdot V}\right)^2 + \frac{R \cdot \sqrt{J}}{23 \cdot V}}, \quad (9)$$

$$n_{II} = \frac{R^{0,37+2,5\sqrt{n}-0,75\sqrt{R}(\sqrt{n}-0,1)}}{V} \cdot \sqrt{J}, \quad (10)$$

Для определения коэффициента шероховатости необходимо знать средние скорости течения воды и геометрические характеристики русла. Измерения параметров потока производились в 5-ти створах на расстоянии $x_1 = 215$ см, $x_2 = 310$ см, $x_3 = 380$ см, $x_4 = 470$ см и $x_5 = 565$ см от линейного шарнира, находящегося в начале лотка. Каждый створ делился на 11 равноудалённых друг от друга вертикалей, на каждой вертикали находилось по 6 точек, в которых при помощи трубки Пито производились замеры скоростей потока. Для расчёта гидравличе-

ского радиуса необходимо знать смоченный периметр χ и площадь поперечного сечения ω , которая рассчитывалась путём суммирования площадей между вертикалями. Глубины потока на вертикалях измерялись при помощи шпигельмасштаба.

Определение коэффициента шероховатости производилось при следующих параметрах потока: уклоне дна $i = 0,0073$ и расходах $Q = 82,7$ л/с, $Q = 122,59$ л/с и $Q = 162,01$ л/с; уклоне дна $i = 0,0237$ и расходах $Q = 83,44$ л/с, $Q = 120,28$ л/с и $Q = 166,31$ л/с. Коэффициенты шероховатости рассчитывались для разнообразных сочетаний створов: в общем итоге для 6 серий замеров по трем формулам было рассчитано 180 значений коэффициентов шероховатости.

При проведении экспериментов по определению коэффициента шероховатости вертикальная стенка лотка имела глянцевое покрытие, которое вносило свой вклад в определение коэффициента шероховатости по формулам (8) (9) (10). Для расчёта коэффициента шероховатости для исследуемого противозерозионного покрытия использовалась следующая зависимость (11) [11], учитывающая весовой вклад каждого материала в значение коэффициента шероховатости:

$$n_{cp} = \frac{n_n \cdot \chi_n + n_{пл} \cdot \chi_{пл}}{b + (1 + \sqrt{m^2 + 1}) \cdot h_{cp}}, \quad (11)$$

После преобразования (11), получаем зависимость для определения истинного коэффициента шероховатости исследуемого геосинтетического материала:

$$n_n = \frac{n_{cp} \cdot b + n_{cp} (1 + \sqrt{m^2 + 1}) \cdot h_{cp} - n_{пл} \cdot h_{cp}}{b + \sqrt{m^2 + 1} \cdot h_{cp}}, \quad (12)$$

Результаты и их обсуждение. По полученным исходным данным исследований производился расчёт характеристики потока. Расчёт выполнялся с использованием численного интегрирования и аппроксимаций экспериментальных данных. Вначале вычислялись скорости потока, затем по полученным данным строились эпюры скоростей, для каждой вертикали вычислялся коэффициент Кориолиса a . После определялась удельная энергия потока и удельная энергия сечения. Затем, после подсчётов параметров водного потока, на каждой вертикали путём численного интегрирования и аппроксимаций определялись показате-

ли водного потока по створу. После анализа полученных характеристик был выполнен расчёт коэффициента шероховатости для

всех возможных сочетаний створов при каждом уклоне и расходе. Результаты расчётов представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1

Коэффициент шероховатости при уклоне дна лотка $i = 0,0073$

Участок, створы	n_m при $Q = 82,7$ л/с	n_{r-k} при $Q = 82,7$ л/с	n_n при $Q = 82,7$ л/с	n_m при $Q = 122,59$ л/с	n_{r-k} при $Q = 122,59$ л/с	n_n при $Q = 122,59$ л/с	n_m при $Q = 162,01$ л/с	n_{r-k} при $Q = 162,01$ л/с	n_n при $Q = 162,01$ л/с
1-2	0,0146	0,0138	0,0146	0,0182	0,0166	0,0172	0,0171	0,0160	0,0165
1-3	0,0147	0,0139	0,0146	0,0172	0,0159	0,0165	0,0177	0,0164	0,0169
1-4	0,0150	0,0141	0,0149	0,0158	0,0149	0,0155	0,0163	0,0154	0,0159
1-5	0,0148	0,0139	0,0147	0,0151	0,0144	0,0150	0,0160	0,0151	0,0156
2-3	0,0148	0,0139	0,0147	0,0156	0,0147	0,0153	0,0183	0,0168	0,0173
2-4	0,0152	0,0142	0,0150	0,0142	0,0137	0,0143	0,0157	0,0149	0,0154
2-5	0,0148	0,0140	0,0147	0,0139	0,0134	0,0140	0,0154	0,0147	0,0152
3-4	0,0156	0,0145	0,0153	0,0131	0,0128	0,0135	0,0133	0,0131	0,0136
3-5	0,0148	0,0140	0,0148	0,0133	0,0133	0,0136	0,0141	0,0144	0,0142
4-5	0,0140	0,0134	0,0142	0,0134	0,0131	0,0137	0,0148	0,0142	0,0147

Таблица 2

Коэффициент шероховатости при уклоне дна лотка $i = 0,0237$

Участок, створы	n_m при $Q = 83,44$ л/с	n_{r-k} при $Q = 83,44$ л/с	n_n при $Q = 83,44$ л/с	n_m при $Q = 120,28$ л/с	n_{r-k} при $Q = 120,28$ л/с	n_n при $Q = 120,28$ л/с	n_m при $Q = 166,31$ л/с	n_{r-k} при $Q = 166,31$ л/с	n_n при $Q = 166,31$ л/с
1-2	0,0167	0,0152	0,0161	0,0169	0,0156	0,0163	0,0163	0,0153	0,0159
1-3	0,0179	0,0161	0,0169	0,0172	0,0158	0,0165	0,0178	0,0163	0,0169
1-4	0,0182	0,0163	0,0171	0,0162	0,0150	0,0157	0,0180	0,0164	0,0170
1-5	0,0182	0,0162	0,0171	0,0169	0,0155	0,0163	0,0172	0,0159	0,0165
2-3	0,0198	0,0173	0,0182	0,0174	0,0159	0,0166	0,0197	0,0177	0,0183
2-4	0,0191	0,0168	0,0177	0,0155	0,0145	0,0152	0,0189	0,0171	0,0177
2-5	0,0187	0,0165	0,0174	0,0165	0,0152	0,0160	0,0175	0,0161	0,0167
3-4	0,0179	0,0160	0,0169	0,0138	0,0133	0,0140	0,0183	0,0167	0,0173
3-5	0,0176	0,0163	0,0167	0,0159	0,0151	0,0155	0,0166	0,0160	0,0161
4-5	0,0174	0,0156	0,0165	0,0173	0,0157	0,0165	0,0149	0,0142	0,0148

Поскольку исследования проводились в установке, где одна из стенок лотка была выполнена из пластмассы, значения коэффициентов шероховатости n в таблице 1 и таблице 2 дают представление о среднем взвешенном значении коэффициента шероховатости n . Для определения истинного значения коэффициента шероховатости гемата, заполненного щебнем и битум-по-

лимерным вяжущим, данные значения пересчитывались по формуле (12). Коэффициент шероховатости для пластмассовой стенки был принят равным $n = 0,009$, т.е. таким же, как для поверхностей, покрытых эмалью или глазурью [12].

В результате пересчёта всех значений коэффициентов шероховатости были получены истинные значения защитного

противоэрозионного покрытия с битум-полимерным вяжущим. Основные показате-

ли всех этих значений представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Значения коэффициента шероховатости n
для защитного противоэрозионного покрытия**

Формула	Параметр	$\sum n$	$n_{\text{ср}}$	n_{min}	n_{max}
Маннинг	n_m	1,0517	0,0175	0,0139	0,0216
Гангилье-Куттер	$n_{\text{Г-К}}$	0,9721	0,0162	0,0135	0,0193
Н.Н. Павловский	$n_{\text{П}}$	1,0170	0,0170	0,0142	0,0199

Анализ результатов расчёта позволяет принять значение коэффициента шероховатости для противоэрозионного защитного покрытия с битум-полимерным вяжущим $n = 0,0175$, рассчитанное по формуле Маннинга.

Выводы

Целью данного исследования было определение коэффициента шероховатости для усовершенствованного противоэрозионного защитного покрытия с использованием битум-полимерного вяжущего. В результате расчётов, выполненных по формулам Маннинга, Гангилье-Куттера и Н.Н. Павловского, было получено 180 экспериментальных значений коэффициента шероховатости, был выполнен анализ полученных результатов и рассчитано среднее значение коэффициента шероховатости.

Для противоэрозионного защитного покрытия в виде геомата, заполненного щебнем и битум-полимерным вяжущим, можно принять коэффициент шероховатости $n = 0,0175$, рассчитанный по формуле Маннинга.

Для дальнейшего изучения коэффициента шероховатости n защитного противоэрозионного покрытия рекомендуется провести исследование на более длинном участке канала, полностью облицованном защитным покрытием, с большими расходами, а также в дальнейшем необходимо изучить влияние стыков на коэффициент шероховатости покрытия.

Библиографический список

1. Ханов Н.В., Еремеев А.В. Обзор применения современных геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве. / Международ. научн. конф. молодых ученых и специалистов, посвященная 150-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Сб. статей. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2015. – С. 336-339.

2. Ханов Н.В., Козлов К.Д. Применение геосинтетических материалов при строительстве автомобильных дорог. / Сб. Проблемы управления водными и земельными ресурсами. Материалы междунауч. научн. форума: в 3 ч. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2015. – С. 90-94

3. Еремеев А.В., Ханов Н.В. Оптимизация структуры геомата с заполнителем из щебня и битум-полимера. // Природообустройство. – 2018. – № 1. – С. 60-64.

4. Курбанов С.О., Ханов Н.В. Основы оптимизации полигональных сечений гидротехнических каналов. // Гидротехническое строительство. – 2008. – № 12. – С. 27-31.

5. Зуйков А.Л., Волгина Л.В. Гидравлика: учебник для вузов: в 2 т. Т. 2: Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений. – М.: Изд-во МГСУ, 2015. – 424 с.

6. Козырь И.Е., Пикалова И.Ф., Ханов Н.В. Практикум по гидравлике. Учебно-методическое пособие. – СПб, «Лань», 2016. – 176 с.

7. Гидротехнические сооружения. Учебник. /под ред. Розанова Н.П. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.

8. Козлов К.Д., Гурьев А.П., Ханов Н.В. Гидравлические исследования покрытия из геокомпозитного материала. // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 80-86.

9. Козлов К.Д., Гурьев А.П., Ханов Н.В. Определение коэффициента шероховатости материала Энкамат А20 по результатам модельных исследований. // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 4. – С. 32-40.

10. Козлов К.Д., Гурьев А.П., Козлов Д.В., Ханов Н.В. Модельные гидравлические исследования для определения коэффициента шероховатости материала Энкамат А20. // Научная жизнь. – 2016. – № 1. – С. 6-12.

11. **Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И.** Гидравлика. Учебник. – М.: Энергия, 1964. – 352 с.

12. Справочник по гидравлическим расчётам. / под ред. П.Г. Киселева. – М.: ЭНЕРГИЯ, 1972. – 211 с.

Материал поступил в редакцию 15.08.2018 г.

Сведения об авторах

Еремеев Андрей Викторович, аспирант кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, e-mail: EAndrey4@yandex.ru

Гурьев Алим Петрович, доктор д.технических наук, профессор кафедры ком-

плексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; e-mail: alim_guryev@mail.ru

Ханов Нартмир Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидротехнические сооружения», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; e-mail: nvkhanov@yahoo.com

Букреев Вениамин Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая академическая, д. 44, тел.: +7(499)9762460.

A.V. EREMEEV, A.P. GURJEV, N.V. KHANOV, V.P. BUKREEV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian University – MAA named after S.A. Timiryazev», Institute of Environmental Engineering named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

RESULTS OF GEOMAT HYDRAULIC RESEARCHES WITH A CRUSHED STONE FILLER ON THE BITUM-POLIMERIC BINDER

Now in construction geo-synthetic materials find application even more often. A modern geosynthetic material – geomat filled with crushed stone and bituminous binder material is applied to protect ground the new variant of the prote slopes. Because of a big quantity of disadvantages this type of protective coating has been modernized. In ctive coating bitumen was replaced by the bitumen – polymer binder and also the proportion of the coating components was changed. In the article there are given the results of hydraulic researches of the protective coating on the bitumen – polymeric binder which allowed to define its coefficient of roughness using formulas of Manning, Gangilye-Kutter and N.N. Pavlovsky at different consumptions and slopes, to analyze rated dependences and to obtain a mean coefficient of roughness for this protective coefficient and also made it possible to make recommendations for further studying the coefficient of roughness of the erosion preventive coating. Altogether there were analyzed 180 values of coefficients of roughness obtained experimentally and the mean value of the coefficient of roughness was deduced = 0.0156 calculated according to the Manning formula. In the article there are also given recommendations for further studying the coefficient of roughness of the erosion preventive coating.

Antierosion covering, geomat, bitumen-polymer, bitumen, erosion, coefficient of roughness, slope.

References

1. **Khanov, N.V., Eremeev A.V.** Obzor primeneniya sovremennyh geosinteticheskikh materialov v gidrotekhnicheskom stroitelstve. / V sbornike: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodyh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennaya 150-letiyu RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva Sbornik statej. – М.: Izd-vo RGAU-MSHA. – 2015. – S. 336-339.

2. **Khanov N.V., Kozlov K.D.** Primenenie geosinteticheskikh materialov pristroitelstve avtomobilnyh dorog. // V sbornike: Problemy upravleniya vodnyimi zemelnymi resursami Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo foru-

ma: v 3 chastyah. – М.: Izd-vo RGAU-MSHA. – 2015. – S. 90-94

3. **Eremeev A.V., Khanov N.V.** Optimizatsiya struktury geomata s zapolnitelem iz shchebnya i bitum-polimera. // Prirodoobustrojstvo. – 2018. – № 1. – S. 60-64.

4. **Kurbanov S.O., Khanov N.V.** Osnovy optimizacii poligonalnyh sechenij gidrotekhnicheskikh kanalov. // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. – 2008. – № 12. – S. 27-31.

5. **Zujkov A.L., Volgina L.V.** Gidravlika: uchebnik dlya vuzov: v 2 tomah. T. 2: Napornye i otkrytye potoki. Gidravlika sooruzhenij. – М.: Izd-vo MGSU, 2015, – 424 s.

6. **Kozyr I.E., Pikalova I.F., Khanov N.V.** – Praktikum po gidravlike. Uchebno-metodicheskoe posobie. Sankt-Peterburg, Izdatelstvo «Lan», 2016, (1-e, Novoe).

7. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya / pod red. Rozanova N.P.* – M.: Agropromizdat, 1985. – 432 s.

8. **Kozlov K.D., Gurjev A.P., Khanov N.V.** Gidravlicheskie issledovaniya pokrytiya iz geokompozitnogo materiala. // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 5. – S. 80-86.

9. **Kozlov K.D., Gurjev A.P., Khanov N.V.** Opredelenie koeffitsienta sherohovatosti materiala EHN-kamat A20 po rezultatam modelnyh issledovaniy. // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2015. – № 4. – S. 32-40.

10. **Kozlov K.D., Gurjev A.P., Kozlov D.V., Khanov N.V.** Modelnye gidravlicheskie issledovaniya dlya opredeleniya koeffitsienta sherohovatosti materiala EHNkammat A20. // Nauchnaya zhizn. – 2016. – № 1. – S. 6-12.

11. **Agroskin I.I., Dmitriev G.T., Pikalov F.I.** Gidravlika. – M.: ENnergiya, 1964. – 352 s.

12. Spravochnik po gidravlicheskim raschyotam /pod red. P.G. Kiselyova. – M.: ENNERGIYA, 1972. – 211 s.

The material was received at the editorial office
15.08.2018 g.

Information about the authors

Eremeev Andrey Viktorovich, post graduate student, the chair of “Hydraulic engineering constructions”, 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 k3, bld 29 e-mail: EAndrey4@yandex.ru

Gurjev Alim Petrovich, doctor of technical sciences, professor, the chair of «Complex use of water resources and hydraulics», 127550, Moscow, Pryanishnikova St., 19, bld 28; e-mail: alim_guryev@mail.ru

Khanov Nartmir Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Hydraulic engineering constructions», 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 k3, bld 29; e-mail: nvkhanov@yahoo.com

Bukreev Veniamin Petrovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic structures FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bolshaya akademicheskaya, d. 44, tel.: +7(499)9762460.

УДК 502/504:69.059.4/699.841

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-36-42-54-62

А.В. КЛОВСКИЙ

Открытое акционерное общество «Государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности», г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

О.В. МАРЕЕВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ ПЛИТ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗРИГЕЛЬНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ КЛАССА КС-3 ПРИ РАСЧЕТЕ НА СТАТИЧЕСКИЕ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАЗГРУЗКИ

Приведены результаты сравнительного анализа параметров поперечного армирования плит в зонах продавливания железобетонных безригельных каркасных зданий повышенного уровня ответственности (класса КС-3), проектируемых для условий пограничных значений сейсмичности площадки строительства. Рассмотрены два основных расчетных случая для подобранной конструктивной схемы здания в широком диапазоне изменения граничных условий: а) расчет на основные сочетания нагрузок по двум группам предельных состояний без учета сейсмики, но с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_p , по ответственности γ_n и ветровых нагрузок; б) расчет на особое (с учетом сейсмической нагрузки) сочетание нагрузок по первой группе предельных состояний. Весь комплекс выполненных расчетно-аналитических исследований позволил разработать выводы и рекомендации по рассматриваемой проблематике, позволяющие обосновывать надежные и экономически эффективные проектные решения для участков