

В.Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е.В. АНДРЕЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет»РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

Ю.В. ЗАЙЦЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ», г. Москва, Российская Федерация

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ПРИ ПРОРЫВАХ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Разработка и ввод в эксплуатацию элементов систем оперативного оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций как на потенциально опасных гидротехнических сооружениях, так и в зонах потенциального затопления является актуальной. Большинство аварий и катастроф, связанных с разрушением или выходом из строя гидротехнических сооружений происходит неожиданно, что не позволяет оперативно принять меры для оповещения населения, проживающего или находящегося в потенциальной зоне затопления, и тем более подобные чрезвычайные ситуации не позволяют немедленно провести эвакуацию населения, находящегося в зоне риска. Авторами предлагается устанавливать информационные столбы с встроенными датчиками – сигнализаторами, которые передают сигнал на пульт службы спасения. При повышении уровня воды в контролируемой зоне затопления происходит фиксация сигнала с номером сигнального столба. В случае поступления на пульт дежурного сигнала от 3-х столбов и более срабатывает автоматическое оповещение населённых пунктов об угрозе затопления. Одновременно органами МЧС разрабатываются оперативные мероприятия по эвакуации населения и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

Низконапорные гидротехнические сооружения, разрушения грунтовых плотин, потенциальная зона затопления, экстренное оповещение, надёжность гидротехнических сооружений.

Введение. В середине 20-го столетия резко возросло количество техногенных аварий и катастроф, что непосредственно связано с развитием научно-технического прогресса и ростом потребления энергоресурсов. В советский период активно лоббировался вопрос строительства средненапорных и низконапорных гидротехнических сооружений для нужд сельского хозяйства и обводнения засушливых территорий. В настоящее время более 65% средне- и низконапорных гидротехнических сооружений на территории Российской Федерации имеют аварийное или ограниченно работоспособное состояние. Данная тенденция связана с потерей собственников, а также с отсутствием эксплуатирующих организаций, в компетенцию которых входит регулярный мониторинг эксплуатационного состояния гидротехнических сооружений. Такое состояние дел приводит к увеличению аварий и катастроф техногенного характера, имеющих опасные экологические и экономические последствия, не говоря уже об опасности гибели людей, находящихся в потенциальных зонах затопления. На территории Российской Федерации за последние 10-12 лет

в результате техногенных и природных катастроф погибло около 3100 человек [1; 2].

Эксплуатационная надёжность гидротехнических сооружений в целом, а также их отдельных конструктивных элементов зависит не только от правильности выбора метода возведения, соблюдением технологии и организации работ при возведении гидротехнического сооружения, но также от соблюдения требований связанных с эксплуатации таких сооружений. В последнее время в нормативную литературу начинают возвращать нормы, связанные с обеспечением эксплуатационной надёжности, хотя относительно недавно основное внимание уделялось лишь требованиям к обеспечению безопасности при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений [3].

В данной связи весьма актуальной задачей становится разработка мероприятий, связанных с предупреждением последствий затопления при прорывах грунтовых плотин и совершенствованию существующих систем экстренного оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций.

С учётом проведённого анализа паводковой активности в период с 2012-2015

годы для Рыбинского, Угличского, Горьковского и других водохранилищ предполагаемый уровень паводка ожидается в пределах 66,5-68,9 км³ [4].

Основным требованием к разрабатываемым системам экстренного оповещения является сохранение человеческих жизней и заблаговременная эвакуация населения, находящегося в потенциальной зоне затопления. В современном мире при высокой степени развития средств коммуникаций прежде всего важно иметь возможность оперативного оповещения и информирования людей, которые могут находиться в потенциальной зоне затопления, так как это позволит снизить потенциальный экологический и экономический ущерб до минимума, сохранив при этом жизни людей. Ряд предупредительных мероприятий должен состоять из нескольких этапов. К ним можно отнести заблаговременное оповещение, предупреждение и подготовка к возможным чрезвычайным ситуациям и оперативные меры, которые проводятся при возникшей чрезвычайной ситуации и в зоне проживания людей.

В случае стихийного прорыва плотин, как правило, количество времени на предупреждение и эвакуацию людей ограничено. В этой связи разработка и установка элементов сигнальной системы в зоне потенциального затопления становится очевидной. Для нормального функционирования системы экстренного оповещения в зоне потенциального затопления необходимо установить информационные столбы. Такие сигнальные столбы будут обеспечены чувствительными к появлению жидкости датчиками с определением уровня жидкости, и сигнальной антенной, расположенной в верхней части сигнального столба, через которую будет отсылаться сигнал о возможном затоплении территории. GPS приёмник обеспечит точное местоположение столба при передаче сигнала для анализа движения возможной волны прорыва. В случае попадания жидкости на датчик будет происходить короткое замыкание в цепи, с последующей передачей сигнала на пульт дежурного МЧС с номером и местоположением столба. В данном случае оперативный дежурный должен проанализировать сигнал оповещения, в случае поступления сигнала от трёх и более столбов дежурный действует в соответствии с планом оперативного оповещения и эвакуации населения. Происходит включение

сирены с отправкой сигнала по СЦВ (системе центрального вызова). Помимо звукового сигнала необходимо транслировать речевое сообщение о предупреждении опасности и плане действий в такой ситуации.

Материалы и методы исследований.

Если происходит затопление контролируемой территории, то оповещение о чрезвычайной ситуации поступает на пульт дежурного. Рабочий блок, сигнализирующий об опасности затопления, находится на расстоянии не более 3 км от населённого пункта. При срабатывании сигнализации происходит автоматическая рассылка текстовых уведомлений абонентам, находящимся в потенциальной зоне затопления, а также оповещаются абоненты, находящиеся в 2 километрах от этой зоны.

Зона оповещения определяется заранее, исходя из объёма водохранилища, рельефа местности, численности населения и других факторов, влияющих на безопасное пребывание людей в данной местности.

Степень износа гидротехнических сооружений на территории Российской Федерации составляет более 50%, а аварийность выше среднемировых показателей в 2,5 раза. Поэтому потенциальный ущерб от разрушения такого рода сооружений в густонаселённых и промышленно развитых районах может составлять сотни миллионов рублей. В связи с этим минимально необходимое количество сигнализирующих датчиков при переходе воды через гребень ГТС или полном его разрушении должно быть не менее 10 штук по возможному фронту волны прорыва.

Конструкции датчиков затопления и их электрические характеристики

Конструкция датчиководной средьсостоит из двух металлических пластин, которые разделены диэлектрическими прокладками, в пластмассовом корпусе размещён рабочий элемент датчика (рис. 1).

На рисунке 2 показана разработанная конструкция (двухсекционная) датчика. Рабочий компонент сигнального датчика представляет собой три пластины, как правило, металлические, разделённые между собой диэлектрическими прокладками.

Соединение пластин 1 и 3 происходит посредством соединения зажимов расположенных у края рабочего элемента. Применение датчиков данного вида допустимо при идентификации жидких сред агрессив-

ных составов. На выводы датчика подаётся переменное напряжение, и образуется мощность в рабочем элементе:

$$P = U^2 w C \operatorname{tg} \delta, \quad (1)$$

где $\operatorname{tg} \delta = I_a / I_c$; U – приложенное напряжение; $w = 2\pi f$ – круговая частота; C – резервуар рабочего компонента сигнального датчика; δ – угол диэлектрических потерь; I_a, I_c – реактивный и активные токи, проходящие по рабочему компоненту.

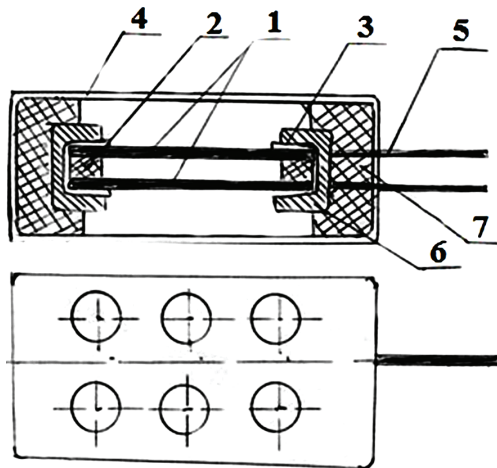


Рис. 1. Конструкция датчика с плоским рабочим элементом:
1 – металлические пластины;
2 – диэлектрические прокладки;
3 – изоляционная плёнка; 4 – корпус;
5 – выводы; 6 – упругий металлический зажим; 7 – изоляторы крепления рабочего элемента

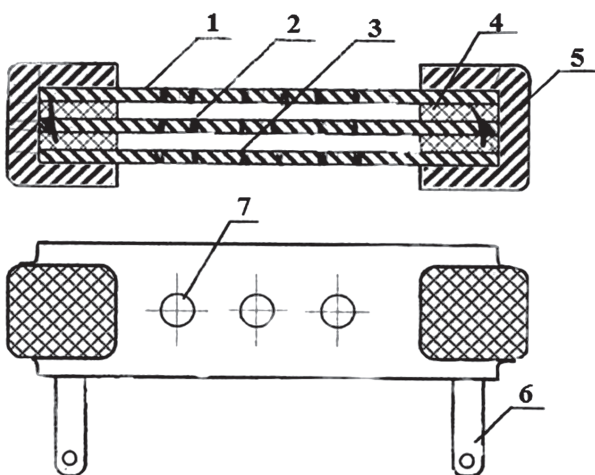


Рис. 2. Схема рабочего компонента сигнального датчика:
1, 2, 3 – металлические электроды;
4 – диэлектрические межпластинные прокладки; 5 – упругий элемент;
6 – выводы; 7 – перфорированные металлические пластины

Так же были разработаны датчики, имеющие в составе рабочего элемента две цилиндрические поверхности которыми он образован.

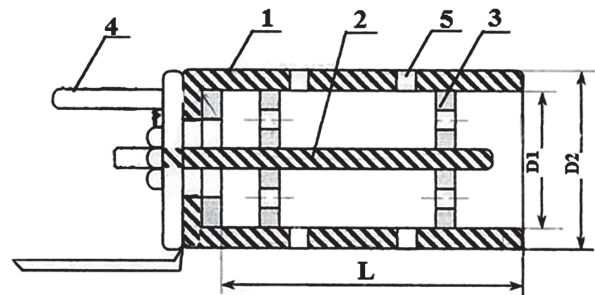


Рис. 3. Принципиальная схема сигнального датчика, реагирующего на образование влаги:
1, 2 – цилиндрические элементы, образующие обкладки конденсаторной структуры датчика;
3 – диэлектрические кольца; 4 – выводы;
5 – отверстия для жидкости

Принципиальная схема работы датчика – значительное понижение сопротивления основного рабочего элемента сигнализатора при попадании на него жидкости. В случае прорыва плотины волна прорыва, как правило, устремится в сторону города. На её пути будут установлены столбы с датчиками (рис. 4).

В нижней части столба предусмотрена ёмкость, изолированная от внешней среды решёткой, в данной ёмкости установлен датчик (сигнализатор) водной среды. В случае попадания в ёмкость (камеру) воды, датчик срабатывает на воспроизводство сигнала, далее происходит замыкание электрической цепи.

К краевой части сигнального столба подведена проводка от сигнального датчика непосредственно к генератору звуковых сигналов, при этом генератор воспроизводит сигнал закодированного типа, в нём же расположены элементы питания устройства, генерирующего сигналы. При помощи антенны сигнал закодированного типа о прорыве плотины поступает в населённый пункт на расстояние до 10...15 км.

В населённом пункте данный сигнал поступает на принимающее устройство. Закодированный сигнал идентифицируется с последующей передачей населению через трансляторы уличной сети.

Для системы трансляции (оповещения) также разработана схема датчика с рабочим элементом, особенность которой заключается в более чёткой фиксации уровня

воды в столбах по сравнению с конструкцией, описанной выше. Для этого предусмотрен специальный микропереключатель с сигналом о затоплении.

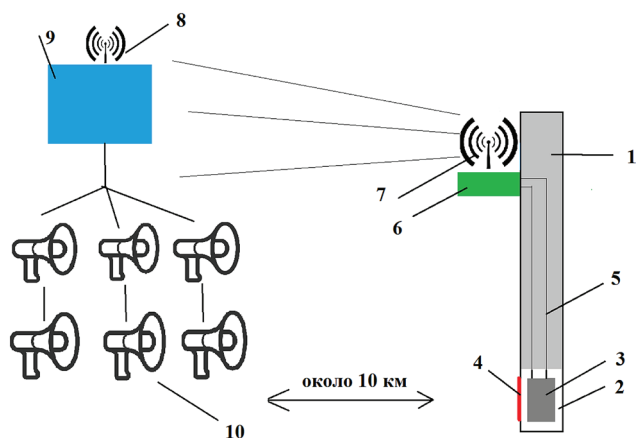


Рис. 4. Обобщённый план системы оповещения:

- 1 – вертикальный сигнальный столб;
- 2 – встроенная ёмкость;
- 3 – сигнализатор водной среды;
- 4 – фильтр грубой очистки (решётка);
- 5 – электрическая проводка;
- 6 – генератор звуковых сигналов;
- 7 – антенный блок; 8 – принимающее устройство; 9 – центральная распределительная подстанция;
- 10 – трансляторы уличной сети

Результаты исследований. Датчик расположен внутри ПВХ трубки, где расположен поплавок из гидрофобного материала, в которую помещён поплавок из пеноплекса. ПВХ трубка закрыта с двух сторон заглушками из поливинилхлоридного материала. Сигнальный столб оборудован двумя перфорированными заглушками для поступления жидкости из нижней части и для выхода воздуха из верхней части столба. Данные заглушки оборудованы фильтрами грубой очистки для удержания мусора [5]. Труба из ПВХ материала работает в широком диапазоне температур, и не подвержена коррозии, деформациям и другим отклонениям в результате воздействия внешней среды. Материал, из которого изготовлен поплавок гидрофобный, поэтому риск отклонений при съёме данных исключается. Конструкция микропереключателя состоит из частей, не подверженных коррозии, как и контакты, выполненные из влагостойкого сплава. Данные факторы позволяют эксплуатировать сигнальные столбы в любое время года при любых рельефах местности или помещениях.

Элементы системы крепятся друг к другу механическим путём. Датчик устанавливается в вертикальном положении с использованием хомутов.

В результате попадания жидкости через отверстие в центральной части столба, начинается выталкивание поплавка к верхней крышке. Сила выталкивания в данной ситуации составляет 0,65 Н, что сопоставимо с 65 граммами выталкивающей силы, хотя для переключения реле сигнализатора достаточно 0,2 Н, что в 3 раза меньше.

Аналогичные, но более простые по своей конструкции датчики, действие которых базируется на замыкании двух электродов, недостаточно точны, т.к. эксплуатация таких устройств во влажных помещениях становится затруднительной в связи с образованием недостоверных сигналов о затоплении.

Влага может скапливаться у основания электрода, что в свою очередь приводит к уменьшению сопротивления между рабочими электродами, поэтому может срабатывать ложный сигнал о затоплении территории.

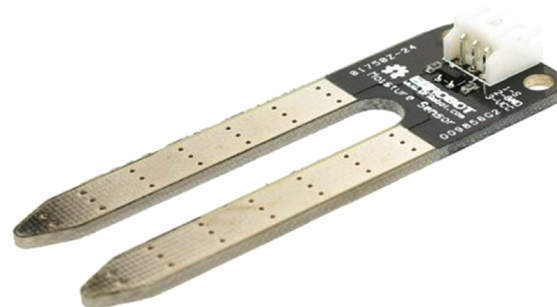


Рис. 5. Принцип действия датчика – измерение сопротивления между двумя электродами

В описанном выше датчике с микропереключателем возникновение ложного сигнала невозможно, так как его работа основана на другом принципе.

Крепление датчика осуществляется по средствам хомутов, болтовых и винтовых соединений рисунок 6.

Чтобы отогнуть датчик в жестяной скобе делаются разрезы, далее отгибается надрезанная центральная часть.

Последовательность установки датчика следующая: в центральной части трубы находится датчик. После чего хомут затягивается. Далее все части этой конструкции затягиваются через прокладки и прикрепляются к какой-либо несущей конструкции.

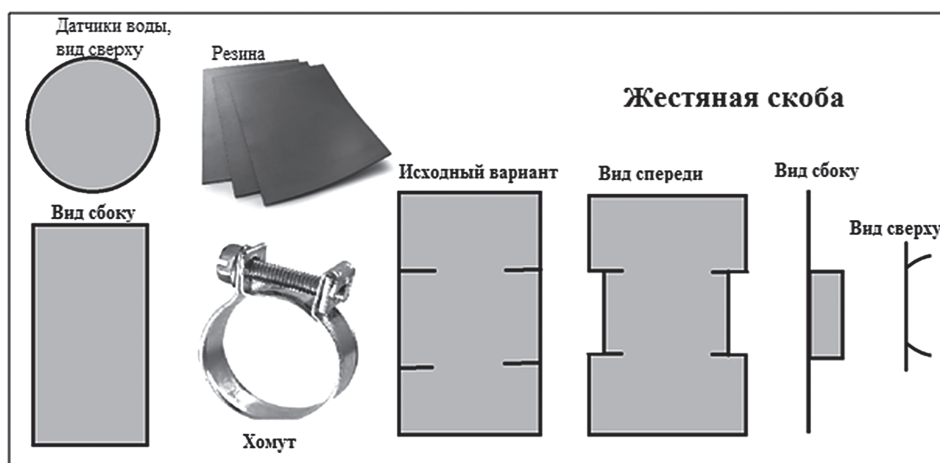


Рис. 6. Держатель датчика

Применение вышеуказанных датчиков возможно как на открытой местности, так и подвальной части жилых и промышленных зданий, в трюмах крупных судов, в коллекторах связи и т.д. [5, 6].

В случае применения данной разновидности датчиков в судоходстве их крепление должно осуществляться ближе к дну судна. В случае разгерметизации рабочее реле замкнёт цепь и сработает оповещение о поступлении воды на судно.

Данные датчики по сравнению с аналогами имеют более простую и надёжную конструкцию. Запасные части датчика находятся в свободном доступе в специализированных магазинах, их производство налажено на территории Российской Федерации. Они имеют сравнительно низкую стоимость по сравнению с иностранными аналогами, что позволяет снизить себестоимость продукции и в кратчайшие сроки наладить выпуск необходимого количества датчиков. К вышесказанному можно добавить, что данный датчик универсален, так как может использоваться в различных условиях эксплуатации. Описанные выше преимущества говорят о том, что данные датчики могут эксплуатироваться в составе сложных систем оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций связанных с затоплением контролируемых территорий.

Разработан проект системы экстренного оповещения, даны рекомендации по выполнению отдельных составляющих системы оповещения. Предложенная система экстренного оповещения состоит из двух частей. Первая часть состоит из блоков первичной сигнализации в количестве от 3 до 6 штук, которые располагаются в потен-

циальной зоне затопления около гидротехнического сооружения, и блока вторичной сигнализации, которая располагается вблизи населённых пунктов.

Выводы

Разработана система оповещения о затоплении территорий в результате прорыва гидротехнических сооружений, состоящая из блоков первичной сигнализации в количестве от 3 до 6 штук, которые располагаются около гидротехнического сооружения, по фронту движения волны прорыва.

Состав блока первичной сигнализации: датчики контроля уровня воды, аккумуляторная батарея, солнечная батарея для возможности автономной эксплуатации, генератор аварийных сигналов.

Включение блока вторичной сигнализации происходит в результате получения зашифрованного сигнала с датчиков уровня воды при возможной аварии, после чего происходит звуковое вещание на территории населённых пунктов, находящихся в потенциальной зоне затопления. Вместе с тем происходит рассылка SMS – сообщений абонентам, находящимся в заранее определённой зоне.

Таким образом, работа данной системы позволяет в максимально короткие сроки произвести оповещение населения о возникновении чрезвычайной ситуации и минимизировать риски связанные с последствиями чрезвычайной ситуации.

Библиографический список

1. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Принципы формализации в построении математической модели оценки надёж-

ности низконапорных грунтовых плотин. // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 39-44.

2. **Жарницкий В.Я., Андреев Е.В.** Проблемы эксплуатационной надежности и безопасности грунтовых плотин. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 1. – С. 42-47.

3. **Кузнецов В.С.** Критерии оценки надежности и безопасности грунтовых плотин. «Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», т. 238. – СПб.: Известия ВНИИГ», 2000.

4. Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ. МЧС России // [http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/2586229].

5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. СО 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.

Материал поступил в редакцию 26.07.2018 г.

V.YA. ZHARNITSKIY, E.V. ANDREEV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university-RGAU MSHA named after С.А. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

YU.V. ZAITSEV

Federal state budgetary educational institution of higher education «National research university MEI», Moscow, Russian Federation

THE SYSTEM OF EFFICIENT WARNING AT SOIL DAMS BREAKS

Development and commissioning of the elements of efficient warning systems on occurrence of emergency situations on the potential dangerous hydraulic structures and in the zones of potential flooding is urgent. Most failures and catastrophes connected with the destruction or failures of hydraulic engineering constructions happens unexpectedly that doesn't allow to quickly take measures for warning the population in the potential zone of flooding and moreover to take measures on evacuation of the people from the risk zone. The authors propose to establish information columns with the built-in sensors signaling to the emergency service pane. At the water level rising in the controlled zone of flooding there happens a signal fixation with the number of the signal column, in case of the entrance of an alarm signal from 3 or more columns the automatic warning is actuated for the population flooding threat. At the same time the Ministry of Emergency Situations develops operational measures for evacuation of the population and elimination of the consequences of the emergency situation.

Low pressure hydraulic engineering constructions, destructions of soil dams, potential zone of flooding, emergency warning, reliability of hydraulic engineering constructions.

References

1. **Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V.** Principy formalizatsii v postroenii matematicheskoy modeli otsenki nadezhnosti nizkonapornykh gruntovykh plotin. // Prirodoobustroystvo. – 2012. – № 4. – С. 39-44.

2. **Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V.** Problemy ekspluatatsionnoj nadezhnosti i bezo-

Сведения об авторах

Жарницкий Валерий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550 г. Москва ул. Б. Академическая д.44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru, тел.: +7(905)7203072.

Андреев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550 г. Москва ул. Б. Академическая д.44; e-mail: Andreev-ef@mail.ru, тел.: +7(929)6480927.

Зайцев Юлий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Физики и технологии электротехнических материалов и компонентов (ФТЭМК)» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»; 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14; e-mail: zzz6452zz@yandex.ru, Тел.: +7(926)6989227.

pasnosti gruntovykh plotin. // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosjemka. – 2013. – № 1. – С. 42-47.

3. **Kuznetsov V.S.** Kriterii otsenki nadezhnosti i bezopasnosti gruntovykh plotin. «Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva», т. 238. – СПб.: Izvestiya VNIIG, 2000.

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-ef@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-