

## 05.23.00 Строительство и архитектура

УДК 502/504: 627.82.034.93

**В.Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е.В. АНДРЕЕВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

**О.А. БАЮК**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ**

*Разработка многофакторных моделей расчёта оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений позволяет обобщить практический опыт в области эксплуатации напорных грунтовых сооружений и научные исследования в области надёжности и безопасности гидротехнических объектов с тем, чтобы повысить срок их службы и эксплуатационную надёжность. В первую очередь возникает необходимость увязки теоретических положений физико-механических свойств и состояния грунтов с отдельными практическими характеристиками эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения в конкретный период, в среднесрочной перспективе характеризующих долговечность и надёжность сооружения. При разработке модели оценки остаточного эксплуатационного ресурса важно учитывать не только нагрузки и воздействие как непосредственные механические усилия на сооружение, но и воздействие факторов, не оказывающих прямого влияния на прочностные характеристики сооружения, однако опосредованно, через изменение физико-механических свойств грунтов, способных оказывать существенное влияние на механическое поведение гидротехнического сооружения в целом.*

*Низконапорные грунтовые плотины, долговечность, многофакторная модель, период наблюдений, временной ряд, статистические данные, фактические уровни временного ряда, прогноз состояния.*

**Введение.** Планомерное совершенствование методов оценки эксплуатационной надёжности и безопасности гидротехнических сооружений – одно из основных направлений повышения их эффективной и безопасной эксплуатации. Совершенная комплексная методика наблюдения и контроля эксплуатационного состояния заменяет устаревшие дорогостоящие и трудоёмкие методы контроля за отдельными критериями (показателями) объекта.

Важнейшими характеристиками любого сооружения являются характеристики надёжности конструкций и возможность их долговечной и безопасной эксплуатации. Такие критерии меняются в зависимости

от технической и экономической ситуации и развития современных средств производства и контроля за состоянием сооружений.

В настоящее время в условиях дефицита финансовых ресурсов необходимо рассматривать такой показатель, как полезный срок эксплуатации сооружения. Однако принятие решения о внедрении тех или иных технологий учёта остаточного ресурса гидротехнических сооружений не всегда принимается только на анализе качественных характеристик свойств грунтов сооружения. В условиях развития научно-технической базы и методов обследования гидротехнических сооружений необходимо закладывать в формирование конечного результата но-

вые количественные и качественные характеристики, оценивающие эксплуатационное состояние гидротехнического сооружения.

В первую очередь возникает необходимость увязки теоретических положений физико-механических свойств и состояния грунтов с отдельными практическими характеристиками эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения в конкретный период и в среднесрочной перспективе характеризующих долговечность и надёжность сооружения.

Разработка многофакторных моделей расчёта оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений позволит обобщить практический опыт в области эксплуатации напорных грунтовых сооружений и научные исследования в области надёжности и безопасности гидротехнических объектов с тем, чтобы повысить практическую пользу, получаемую за счет увеличения срока службы гидротехнических сооружений и высокой их эксплуатационной надёжности.

**Материалы и методы исследований.**

В зависимости от методов устранения отказов на гидротехнических сооружениях последние можно подразделить на два вида:

- конструктивные части или отдельные технические и механические элементы гидротехнических сооружений, которые подлежат восстановлению после отказа путём их ремонта или полной замены; примерами восстанавливаемых частей гидротехнического сооружения могут служить плиты облицовки верхнего бьефа, гидрозатворы, гидроагрегаты и др.;

- конструктивные части или сооружение в целом, не подлежащее восстановлению в результате аварии.

Необходимость разработки и внедрения перспективных методов оценки эксплуатационной надёжности обусловлена тем, что в период эксплуатации гидротехнического сооружения аварийные ситуации и отказ техники наступают внезапно для бесхозных сооружений, т.е. несут случайный характер. Применение многофакторных моделей оценки эксплуатационной надёжности позволит исключить фактор внезапности для бесхозных гидротехнических сооружений, выстраивая алгоритм изменения физико-механических свойств грунтов в сооружении под влиянием внешних факторов.

Целью применения многофакторных моделей расчёта эксплуатационной надёжности является исключение отдельных яв-

лений, происходящих в грунтовом массиве без увязки причинно-следственной связи, обусловленных большим количеством факторов, оказывающих влияние на эти явления, сосредоточение на использовании массива данных (показателей, критериев), способных изменяться в зависимости от условий эксплуатации гидротехнического сооружения.

Рассмотрим три периода эксплуатации гидротехнического сооружения.

**Период приработки и первичной эксплуатации.** В данный период эксплуатации происходит наибольшее количество отказов и аварий на гидротехнических сооружениях. Аварии происходят на тех гидротехнических сооружениях, в конструктивных частях которых была допущена ошибка при проектировании или строительстве.

**Нормальная работа гидротехнического сооружения.** Это наиболее продолжительный период эксплуатации сооружения. Приработка основных частей сооружения завершена, в то же время износ основных частей невелик и никак не проявляются, отказы носят случайный характер и происходят относительно редко. Главная задача собственников (эксплуатирующих организаций) гидротехнических сооружений заключается в том, чтобы свести к минимуму количество отказов. Как правило, на данном этапе без влияния внешних факторов можно считать распределение отказов экспоненциальным.

**Старение гидротехнического сооружения.** Даже при выполнении всех требований при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений без надлежащего ухода и эксплуатации наступает период износа основных частей тела плотины, в результате чего отказы могут происходить всё чаще, приводя сооружение в аварийное состояние.

Основным количественным показателем, характеризующим работу гидротехнического сооружения, является коэффициент эксплуатационной надёжности, или вероятность нормальной работы за определённый период.

Другим количественным показателем, характеризующим степень остаточного ресурса, служит интенсивность отказов, или вероятность исправной работы. Он характеризует количество отказавших элементов сооружения в единицу времени по отношению к основным частям, продолжающим оставаться исправными к началу рассма-

триваемого промежутка времени, т.е. это доля невозстанавливаемых частей (элементов) гидротехнического сооружения, отказывающих в единицу времени. Если умножить эту величину на интервал времени (долговечность), то получим вероятность отказа, или долю элементов, отказавших ранее назначенного срока службы [1].

Количественный показатель – среднее время наработки, или время между отказами, – представляет собой полную продолжительность работы группы элементов (частей) гидротехнического сооружения, разделённое на полное число отказов. При экспоненциальном распределении времени среднее время между отказами обратно пропорционально интенсивности отказов [1].

Для организации, занимающейся эксплуатацией гидротехнического сооружения, важное значение имеет средний интервал между отказами, так как он помогает выявить потенциальную интенсивность отказов, что важно при планировании затрат на последующий период эксплуатации.

В отличие от технических показателей количественные характеристики надёжности (коэффициент надёжности и т.п.) имеют ряд особенностей. Во-первых, они не стабильны, а динамичны. Коэффициент надёжности есть функция времени: чем длительнее время эксплуатации гидротехнического сооружения, тем ниже вероятность безотказной работы (учитывая отсутствие эксплуатирующей организации). Во-вторых, определение количественных показателей надёжности требует времени и значительных материальных и трудовых затрат, так как эти показатели определяются методами эксплуатационных или стендовых испытаний. В-третьих, расчёт показателей требует специальной математической подготовленности специалистов по надёжности сооружений, т.е. сгруппировать, определить закон распределения случайных величин, которому подчиняются отказы исследуемого сооружения, и только тогда приступать к определению показателей надёжности [1].

Источниками вероятных отклонений проектных параметров гидротехнического сооружения и показателей внешней среды, из которой исходят внешние нагрузки и воздействия, могут являться:

- неоднородность свойств грунтов гидротехнического сооружения даже при полном соблюдении всех норм, регламентиру-

ющих конкретные количественные и качественные характеристики;

- ошибки при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений;

- стохастический характер «систем» природных процессов, возникающих с разной интенсивностью и степенью влияния на сооружение (землетрясения, стихийные бедствия).

Вообще влияние воздействия окружающей среды на сооружение требует особого подхода применительно к формированию метода оценки остаточного ресурса сооружений, т.к. именно внешние факторы зачастую служат источником критического воздействия на сооружение. Изменение напряжённо-деформированного состояния гидротехнических сооружений, износ основных частей тела плотины, изменение физико-механических свойств грунтов и комплекс других кратковременных и длительных нагрузок, оказываемых на гидротехнические сооружения, требуют учёта и ранжирования по степени важности в контексте критического восприятия нагрузок.

Как правило, учёт внешних воздействий ведётся при расчётах, связанных с оценкой остаточного ресурса (надёжности), так как влияние этих факторов может приводить к изменению геометрических, прочностных и других характеристик сооружения. Зачастую под внешними факторами может пониматься механическое воздействие, и в этом случае можно говорить не о влиянии воздействия, а о восприятии нагрузки, приложенной к гидротехническому сооружению в целом или к конкретной его части. При разработке модели оценки остаточного эксплуатационного ресурса важно учитывать не только нагрузки и воздействия как непосредственное механическое воздействие, но и воздействия, не оказывающие прямого влияния на прочностные характеристики сооружения. Например, агрессивная среда водоёма непосредственно не вызывает механического воздействия, но опосредованно, через изменение физико-механических свойств грунтов, может оказывать существенное влияние на механическое поведение гидротехнического сооружения в целом.

Факторы, не поддающиеся контролю, необходимо разделить на две группы:

- случайные факторы, распределение которых подпадает нормальному закону;

- неопределённые факторы, границы и области которых заранее известны (например, распределение коэффициента уплотнения грунта в заданной области гидротехнического сооружения, когда распределение его может быть случайным, но понятны значения, при которых произойдёт разуплотнение или разрушение гидротехнического сооружения).

**Результаты исследований.** В работе [2] для тех случаев, когда не хватает исходных данных, чтобы оценить функции и параметры распределения вероятностей случайной величины надёжности, предлагается использовать классы плотностей неопределённых величин в зависимости от степени информированности.

Рассматриваются случайные величины:

- с дисперсией, ограниченной значением – этот случай приводит к рассмотрению Гауссова распределения с плотностью

$$f(\varepsilon) = (2\pi\nu^2)^{-\frac{1}{2}} \exp(-0,5\varepsilon^2/\nu); \quad (1)$$

- со средней величиной дисперсии  $\sigma_0$  – этому случаю соответствует распределение Лапласа с плотностью

$$f(\varepsilon) = (2\lambda)^{-1} \exp\left(-\frac{|\varepsilon|}{\lambda}\right), \lambda = \sigma_0(2/\pi)^{\frac{1}{2}}; \quad (2)$$

- расположенные в интервале от  $-b$  до  $+b$  – этому случаю соответствует распределение Хубера

$$f(\varepsilon) = (1/b) \cos^2(0,5\pi\varepsilon/b) \quad (3)$$

и др.

Все эти плотности связаны с осторожным подходом, поскольку обеспечивают наибольший объём эллипсоида рассеивания результатов. Для случайных факторов важным понятием, используемым при вероятностных обоснованиях, является обеспеченность случайной величины, под которой понимается вероятность непревышения случайной реализацией этой величины опасного повышенного значения. Этим определением полностью исчерпывается формальная сторона вопроса, но имеются определённые особенности интерпретации, связанные с физическим смыслом рассматриваемых случайных величин. Если природа случайности связана с неопределённостью разовой реализации свойств в случайном ряду однотипных образцов грунта, как, например, происходит при рассмотре-

нии случайных величин, характеризующих физико-механические свойства грунтов, то обеспеченность связывается с той или иной долей уверенности в том, что свойства грунта будут приемлемыми для дальнейшей эксплуатации гидротехнического сооружения. Если же рассматриваются случайные процессы, протекающие в теле плотины в целом или в окружающей её среде (внешние воздействия, влажность грунта, интенсивность фильтрации и т.д.), то следует помнить, что речь идёт о вероятности возникновения некоторой ситуации в течение времени, и с обусловленностью связывается определённый срок, который фиксируется с некоторой долей уверенности [3]. Проводя аналогию с надёжностью гидротехнического сооружения, можно говорить о первом типе случайностей в первые 2-3 года эксплуатации. О втором типе случайностей можно вести речь при рассмотрении аварии на гидротехническом сооружении через длительный период – например, из-за отсутствия собственника.

Если рассматривать критические значения случайных природных факторов (ветровые и снеговые нагрузки, температурные и сейсмические воздействия), то их критические границы нарушаются в среднем один раз в  $T_c$  лет. Поэтому вероятность воздействия на гидротехническое сооружение за один произвольно взятый период (год) со средним сроком повторяемости  $T_c$  лет составит  $1/T_c$ , а вероятность того, что такое влияние нагрузок  $F_c$  на сооружение, не возникнет вообще за весь период эксплуатации  $T$  лет, может быть представлена в виде

$$P = (1 - 1/T_c)^T. \quad (4)$$

Если принять случайные годовые максимумы статически независимыми, такая вероятность будет невысока даже при значительных  $T_c$  (табл.) [4]. Тогда вероятность того, что за 50 лет эксплуатации гидротехнического сооружения фактическое сейсмическое воздействие превысит максимальное годовое значение, встречается в среднем один раз в 50 лет, достаточно велика и равна 0,64. Но надёжность гидротехнического сооружения, способного воспринимать такую нагрузку, строго равную значению  $F_c$ , может оказаться вполне достаточной для разрушения или нанесения непоправимого ущерба, так как само значение  $F_c$  достаточно велико.

**Годовые максимумы сейсмических воздействий  
на гидротехнические сооружения**

Период повторяемости нагрузки на гидротехническое сооружение $F_c(T_c, \text{лет})$	10	30	50	100	200	500	1000
Вероятность непревышения критического значения $F_c$ за срок $T = 50$ лет	0,005	0,13	0,36	0,61	0,78	0,90	0,95

Опыт нормативной литературы зарубежных стран показывает, что ведётся постоянный учёт периодов повторяемости природных катастроф. Так, рекомендации Японского института архитектуры [4], в основе которых лежит период повторяемости природных воздействий в 100 лет, дают следующие значения коэффициентов перехода  $R$  к другому периоду повторяемости  $T_c$ :

- для снеговой нагрузки  $R = 0,40 + 0,13 \ln(T_c)$ ;
- для ветровой нагрузки  $R = 0,54 + 0,10 \ln(T_c)$ ;
- для сейсмического воздействия  $R = (T_c/100)^{0,54}$ .

Такая методика выглядит вполне адекватно.

С вероятностными соображениями связана и значительная неопределённость в самой трактовке термина «предельное состояние». Если для обобщения рассматривать лишь требование надёжности, то достижение предельного состояния определяется равенством [3]:

$$S_q(Q) = S_r(R), \quad (5)$$

где  $Q$  – обобщённое воздействие на гидротехническое сооружение;  $R$  – обобщённая надёжность (граничные возможности восприятия нагрузки гидротехническим сооружением) гидротехнического сооружения;  $S_q$  и  $S_r$  – функции, с помощью которых нагрузка и остаточная надёжность представляются в сопоставимой форме (например, в виде внутренних напряжений в теле плотины и расчётного сопротивления сдвиговым усилиям).

Поскольку левая и правая части равенства (5) являются случайными величинами, то имеется бесчисленное множество пар, реализующих это определение предельного состояния, и в пространстве параметров (рис. 1) прямая (5) образует границу между допустимыми ( $S_q < S_r$ ) и недопустимыми ( $S_q > S_r$ ) областями. Поскольку попасть в допустимую область и обеспечить выполнение условия  $S_f < S_r$  можно лишь с некоторой вероятностью, то очевидна необходимость привлечения вероятностных соображений для анализа ситуации [5].

С другой стороны, действующие нормативные документы используют детерми-

нистические понятия расчётных значений надёжности  $R_p$  и нагрузки  $Q_p$  и в общем определяют предел восприятия нагрузок гидротехнического сооружения как [5]:

$$S_q(Q_p) = S_r(R_p). \quad (6)$$

Такому условию отвечает единственная точка  $N$  (рис. 2), а допустимость определяется как одновременное выполнение условий:

$$S_q(Q) \leq S_q(Q_p); S_r(R) \geq S_r(R_p). \quad (7)$$

Вероятности реализации данных неравенства  $S_q < S_r$  и условий (7) совершенно различны, а сама возможность их записи может привести к недоразумениям [8].

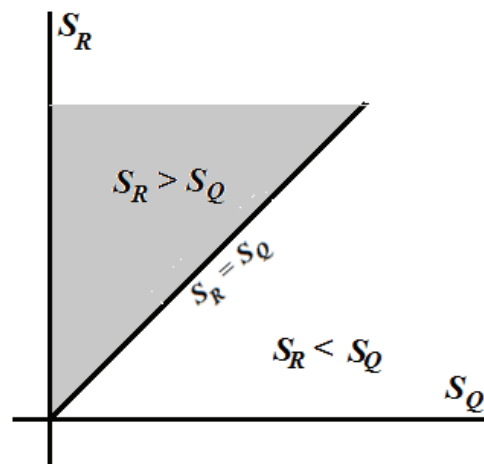


Рис. 1. Пространство состояний и допустимая область

Вероятностные предпосылки должны учитываться как при оценке рисков, связанных с авариями и разрушениями гидротехнических сооружений или их отдельных частей, так и при решении других вопросов безопасности, которые должны являться этапом проектирования, особенно для критических объектов гражданской инфраструктуры.

Вместе с тем само понятие риска описывается далеко не однозначно, начиная бытовым определением риска как попыт-

кой предпринять что-либо наудачу, без верного расчёта, и заканчивая определением риска как вероятности появления опасного события. Более 20 понятий «риск» проанализировано в работе [5]. Следует чётко различать ставшую уже классической меру объективной возможности наступления нежелательного события – вероятность и меру его опасности, входящую в понятие риска [6].

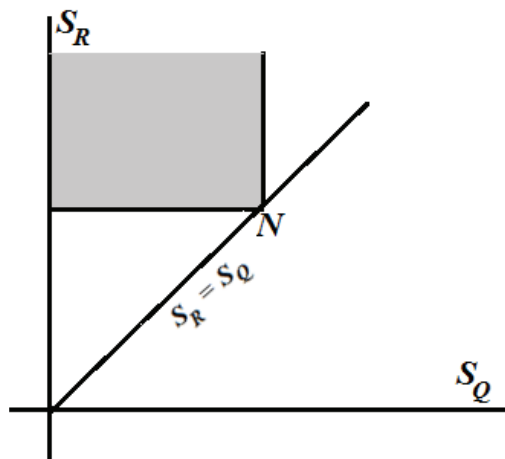


Рис. 2. Допустимая область по нормам

### Выводы

Риск объединяет в себе как оценку вероятности (P) потенциально опасного события, так и оценку последствий, фактически произошедших после разрушения гидротехнического сооружения (монетарные убытки, человеческие жертвы и т.д.) [7]. Можно привести пример, когда вероятность происхождения события велика (вероятность перелива через гребень плотины), а ущерб минимален, так как либо высота сооружения не превышает 3...5 м, либо объём запруды таков, что даже мгновенное его опорожнение не приведёт к значительным последствиям, поэтому риск здесь оценивается как очень маленький, практически нулевой. Второй пример – когда потенциальный ущерб максимален, но вероятность происхождения события очень невысока: в частности, на плотинах первого класса (ввиду постоянного контроля и наличия службы эксплуатации на сооружении) опять риск оценивается как незначительный, очень малый. И лишь тогда, когда потенциальная опасность, как и вероятность происхождения какого-либо события, оценивается конкретными конечными величинами, образовавшаяся ситуация оценивается степенью риска.

### Библиографический список

1. **Перельмутер А.В.** Избранные проблемы надёжности и безопасности строительных конструкций: Научное издание. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 256 с.
2. **Murgewski J.** Reliability: State-of-Art // IX International Conference on Metal Structures. Final Report – Krakow, Poland, 1996. P. 99-112.
3. AIJ Recommendations for Loads on Building / Architectural Institute of Japan. Tokyo: Shiba, 1996. 32 p.
4. **Huber P.J.** Robust estimation of a location parameter, Ann. Mathematical Statistics, 1964. Vol. 35. P. 73-101.
5. **Жарницкий В.Я., Андреев Е.В.** Грунтовые плотины, как объект динамической системы // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 16-22.
6. **Жарницкий В.Я., Андреев Е.В.** Мониторинг надёжности и безопасности низконапорных грунтовых плотин. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 181 с.
7. **Зотова Л.В.** Критерии эффективной долговечности и надёжности техники. – М.: «Экономика», 1973. – 103 с.

Материал поступил в редакцию 28.06.2016 г.

### Сведения об авторах

**Жарницкий Валерий Яковлевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Б. Академическая д. 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru; тел.: +7-905-720-30-72.

**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, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: andreev-rf@mail.ru; тел.: +7-929-648-09-27.

**Баяк Олег Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория вероятностей и математическая статистика»; ФГБОУ ВО Финансовый университет; Москва, ГСП-3, 125993, Ленинградский проспект, д. 49; e-mail: oleg\_bayuk@mail.ru; тел.: 8-926-135-12-69.

**V.YA. ZHARNITSKY, E.V. ANDREEV**

The Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

**O.A. BAYUK**

The Federal state budget educational institution of higher education «Financial university under the Government of the Russian Federation», Moscow

## **SIMULATION OF THE ASSESSMENT OF THE RESIDUAL OPERATIONAL LIFE OF HYDRAULIC STRUCTURES IN THE MEDIUM TIME PERSPECTIVE**

*Development of multiple-factor models of the assessment calculation of the residual life of hydraulic engineering constructions allows to generalize a practical experience in the area of operation of pressure head soil constructions and scientific research in the field of reliability and safety of hydraulic objects to increase their life time and operational reliability. First of all there arises the necessity of coordination of theoretical provisions of physical-mechanical properties and soils conditions with certain practical characteristics of the operational state of a hydraulic engineering structure during a concrete period of time which in the medium-term perspective characterize durability and reliability of the structure. When developing an assessment model of the residual operational life it is important to consider not only loadings and influences as direct mechanical efforts on the structure but the influence of impacts which do not directly influence strength characteristics of the structure, however indirectly, through changes of physical-mechanical properties of soils which are able to significantly affect on the mechanical behavior of the hydraulic engineering structure in whole.*

*Low pressure soil dams, durability, multiple-factor model, period of observations, time series, statistical data, factual levels of a time series, forecast of a state.*

### **References**

1. **Pereljmuter A.V.** Izbrannye problem nadezhnosti i bezopasnosti stroitelnyh constructсий: Nauchnoye izdanie. – M.: Izd-vo Asotsiatsii stroitelnyh vuzov, 2007. – 256 s.
2. **Murgewski J.** Reliability: State-of-Art // IX International Conference on Metal Structures. Final Report – Krakow, Poland, 1996. P. 99-112.
3. AIJ Recommendations for Loads on Building / Architectural Institute of Japan. Tokyo: Shiba, 1996. 32 p.
4. **Huber P.J.** Robust estimation of a location parameter, Ann. Mathematical Statistics, 1964. Vol. 35. P. 73-101.
5. **Zharnitsky V. Ya., Andreev E.V.** Gruntovye plotiny, kak object dynamicheskoy sistemy // Prirodooobustrojstvo. – 2016. – № 1. – S. 16-22.
6. **Zharnitsky V. Ya., Andreev E.V.** Monitoring nadezhnosti i bezopasnosti nizkonapornyh gruntovyh plotin. – M.: FGBOU VORGAU-MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2016. – 181 s.
7. **Zotova L.V.** Kriterii effektivnoj dolgovечnosti i nadezhnosti tehniki. – M.: «Ekonomika», 1973. – 103 s.

### **Information about the authors**

**Zharnitskiy Valerij Yakovlevich**, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of property objects»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru; tel.: +7-905-720-30-72.

**Andreev Evgenij Vladimirovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of property objects»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: andreev-rf@mail.ru; tel.: +7-929-648-09-27.

**Bayuk Oleg Alexandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Theory of probabilities and mathematical statistics»; FSBEI HE Financial University; Moscow, GSP-3, 125993, Leningradsky prospect, d. 49; e-mail: oleg\_bayuk@mail.ru; tel.: 8-926-135-12-69.

The material was received at the editorial office on 28.06.2016.