

В.Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е.В. АНДРЕЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

О.А. БАЮК

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

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрен комплексный подход к разработке моделей расчёта эксплуатационных параметров гидротехнических сооружений с учётом их наработок на отказ в зависимости от тех или иных условий и факторов их эксплуатации. Одним из важнейших факторов при оценке проблемы поддержания в нормальном эксплуатационном состоянии гидротехнических сооружений является то, что по состоянию на 2017 год в Российской Федерации остаётся свыше двух тысяч бесхозных гидротехнических сооружений. Некоторые из бесхозных гидротехнических объектов, находясь в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, могут представлять чрезвычайно высокую опасность для населения и прилегающих территорий. С точки зрения оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений можно использовать различные подходы, но для бесхозных объектов, когда может отсутствовать вся проектная документация и история эксплуатации, включая воздействие неэксплуатационных динамических нагрузок, применение общепринятых подходов становится весьма затруднительным. Основными критериями входа конструкций ГТС в предельные состояния являются разрушения отдельных элементов и узлов в результате кратковременных динамических воздействий или планомерное разрушение конструкций под влиянием агрессивной внешней среды или нарушены условия эксплуатации.

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

Введение. Проблема поддержания в нормальном эксплуатационном состоянии гидротехнических сооружений разных классов многогранна и требует особого подхода при её решении. Одним из основополагающих факторов при оценке данной проблемы является то, что по состоянию на 2017 год в Российской Федерации остаётся свыше двух тысяч бесхозных гидротехнических сооружений (рис. 1). К ним можно отнести не только непосредственно тело плотины, но и такие смежные, но не менее важные сооружения в составе гидроузлов, как водосбросные, водоспускные сооружения, непосредственно здания гидроэлектростанций, каналы и тоннели, судоподъёмники и судо-

ходные шлюзы, насосные станции, дамбы, предназначенные для защиты от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ или рек, ограждающие хранилища жидких отходов для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов.

Известно, что постановлением от 2 ноября 2013 года № 986 «Классификация гидротехнических сооружений» и в соответствии со статьёй 4 Федерального Закона «О безопасности гидротехнических сооружений» устанавливается 4 класса гидротехнических сооружений по степени опасности:

I класс – гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности;

II класс – гидротехнические сооружения высокой опасности;

III класс – гидротехнические сооружения средней опасности;

IV класс – гидротехнические сооружения низкой опасности [1].

Таким образом, некоторые из бесхозных гидротехнических сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, могут представлять чрезвычайно

высокую опасность для населения и прилегающих территорий. Нельзя забывать и о том, что такие сооружения являются критически важными объектами военной инфраструктуры, поэтому в определённых условиях могут быть выведены из строя небольшими точечными взрывами направленного действия, причём затраты на выведение из строя таких объектов и потери от их разрушения будут кратно несоизмеримы.



Рис. 1. Аварии на бесхозных грунтовых плотинах

Стоит ли говорить о необходимости развития данной отрасли? Ответ прост, в 2000 г. дефицит воды в мире оценивался в 230 миллиардов кубометров в год. Если не предпринимать никаких мер, то уже к 2030 году без удовлетворительно очищенной воды останется около 5 млрд человек, что около 67% населения планеты, при этом уже сегодня стоимость 1 литра бутилированной воды превышает по стоимости 1 литр высокооктанового автомобильного топлива (бензина). Оценивая степень обеспеченности Российской Федерации водными ресурсами, развитие гидротехнического строительства и поддержание в нормальном эксплуатационном состоянии уже существующих гидротехнических сооружений становится крайне перспективной и жизненно необходимой задачей на ближайшие десятилетия.

По состоянию на 1 декабря 2017 года на территории Российской Федерации выявлено 2096 гидротехнических сооружений, не имеющих собственника (на 1 ноября 2016 года было зарегистрировано 2549 таких гидротехнических сооружений). Больше всего бесхозных ГТС находится в Центральном (49%) и Приволжском (31%) федеральных округах [2].

Общее количество поднадзорных Ростехнадзору гидротехнических сооружений промышленности, энергетики и водохозяйственного комплекса составляет 29,96 тысячи, в том числе 844 комплекса жидких промышленных отходов и 568 комплексов ТЭК, включая 218 ГЭС, 80 ГРЭС, 256 ТЭЦ, три ГАЭС и 11 атомных станций. На внутренних водных путях РФ расположено 723 судоходных ГТС, в том числе 128 каналов, 115 дамб, 108 шлюзов, 93 плотины, 11 гидроэлектростанций и 11 аварийно-заградительных ворот [2].

Данная проблема требует закрепления норм и требований по управлению и эксплуатацией таких критически важных объектов в Федеральном законодательстве. Необходимо учитывать этот аспект при формировании приоритетных статей государственного бюджета, так как данная отрасль до сих пор находится исключительно под государственным управлением и не предполагает привлечения ни частных инвестиций, ни участия в зарубежных инвестиционных программах по управлению и освоению водными ресурсами.

Материалы и методы исследований. В условиях недофинансирования данной отрасли и в целях предотвращения катастроф,

связанных с разрушением таких объектов, возникает необходимость в разработке оперативных методов оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений. Такие методы должны быть значительно наиболее выгодными с точки зрения материальных и трудовых затрат, а также достаточно точно отражать текущее эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений для разработки мер, касающихся реконструкции таких сооружений.

С точки зрения оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений можно использовать различные подходы, но для бесхозных объектов, когда может отсутствовать вся проектная документация и история эксплуатации, включая воздействие неэксплуатационных динамических нагрузок, применение общепринятых подходов становится весьма затруднительным. В таких условиях не стоит недооценивать вероятностные подходы оценки остаточного ресурса сооружений в условиях высокой степени неопределённости изучаемой среды. А также, в частности, метод предельных состояний как один из основополагающих функционалов расчётов надёжности.

Несмотря на почти полувековой опыт применения метода предельных состояний и его изложения в специальной учебной литературе, использование его в прикладном инженерном плане носит весьма ограниченный характер. Применение данного метода при проектировании конструкций сооружений является неотъемлемой частью базовых расчётов у инженеров-проектировщиков, но в любых хотя бы немного нестандартных ситуациях, когда непосредственные указания нормативной литературы отсутствуют, оказывается, что инженеры незнакомы в достаточной степени с достоинствами и недостатками данного метода. Такие проблемы связаны с отсутствием специальных программ обучения в вузовской подготовке, где изучение метода предельных состояний проводится в отдельных курсах сопротивления материалов и инженерных конструкций и рассматривается лишь рецептурно без достаточного анализа влияния нагрузок и воздействий на гидротехническое сооружение.

Но при формировании и разработке подходов к оценке остаточного ресурса гидротехнических сооружений важно разделить понятия надёжности на два основных направления. Первое направление – это обеспечение проектной надёжности с ис-

пользованием апробированных расчётных процедур. Второе направление – это эксплуатационная надёжность, где в достаточно большом объёме рассматриваются вопросы долговечности, ремонтпригодности и наработке на отказ строительных конструкций.

Проблемой современных методов расчёта является отсутствие попыток критического анализа требований нормативной литературы и повсеместное указание на ГОСТ или СП, а проблема выбора критериев в условиях изменения изучаемой среды, подвергающейся различным нагрузкам и изменением факторов снижения эксплуатационной надёжности, с течением времени не уделяется достаточного внимания. Да и нормативная литература не даёт универсального метода расчёта для установления уровня безотказности или предельной наработки конструкции на отказ.

В современных стандартах принято рассматривать две группы предельных состояния. К предельным состояниям первой группы относят хрупкое, вязкое, усталостное и другие разрушения, потери устойчивости форм конструкций, а также её разрушение под совместным воздействием силовых факторов и неблагоприятных условий окружающей среды. Предельные состояния первой группы ведут к прекращению эксплуатации гидротехнических сооружений, поэтому они носят чёткий характер [3].

Предельные состояния второй группы характеризуются образованием и раскрытием трещин, а также чрезмерными прогибами, углами поворота и колебаниями конструкций [3]. Они связаны с временным ограничением или частичным нарушением нормальных условий эксплуатации конструкций гидротехнических сооружений.

Основными критериями входа конструкций гидротехнических сооружений в предельные состояния являются разрушения отдельных элементов и узлов в результате кратковременных динамических воздействий или планомерное разрушение конструкций под влиянием агрессивной внешней среды. Второй случай характерен для бесхозных гидротехнических сооружений, у которых нарушены условия эксплуатации.

Необходимо понимать, что предельное состояние первой группы может трактоваться несколько иначе, чем это принято в современной литературе. Например, в соответствии с [3] говорится, что прежде чем

конструкция либо система должна прекратить эксплуатироваться, прежде чем будет исчерпан её фактический ресурс по несущей способности и этот постулат является основополагающим при применении на практике метода предельных состояний. Однако, если рассмотреть часть формулировки [3], в котором сказано: «*Предельные состояния, которые ведут к полной непригодности, к эксплуатации строительных конструкций, оснований (зданий и сооружений в целом) или к полной (частичной) потере несущей способности зданий и сооружений в целом*». Эту формулировку можно интерпретировать ещё и так: «Кроме потери несущей способности в качестве основного критерия первой группы предельных состояний могут рассматриваться события такого рода, как экономически невыгодная дальнейшая эксплуатация и содержание какого-либо объекта». Таким образом, в соответствии с [3] переход конструкции или системы в целом в первую группу предельных состояний может быть обусловлен отнюдь не физическим, но и моральным износом.

Объясняя вышеприведённую формулировку можно отметить, что диаграмма работы материала конструкции не имеет идеального вида, а имеет восходящее отклонение кривой, т.е. постепенная во времени связность статически неопределимой системы может произойти и при соблюдении критериев несущей способности рис. 2-а, б.

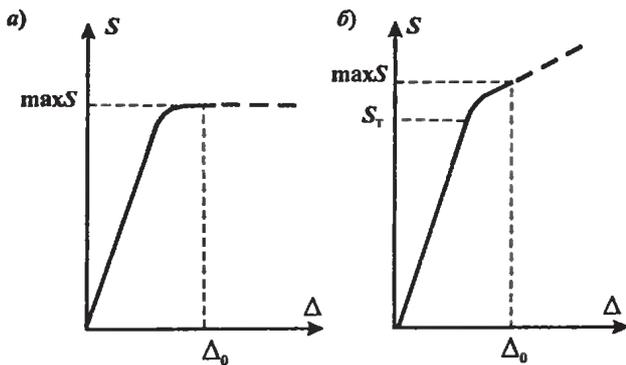


Рис. 2. Диаграммы работы материала

Получается, что разрушения плотин вследствие аварий и повреждений являются событиями, выходящими за рамки нормативной документации. Выборка аварий не может быть учтена при оценке остаточного ресурса гидротехнических сооружений, потому что в выборку не включены многие случаи безаварийной ликвидации объектов в связи с экономической нецелесообразностью.

В нормативной литературе по надёжности строительных элементов и систем рассматриваются вопросы, связанные с безопасным ресурсом сооружений. Основные принципы расчёта сводятся к обеспечению безопасного ресурса зданий и сооружений при определённой наработке на отказ и сводятся к установлению величин запасов по несущей способности при наработке на отказ конкретного элемента или системы в целом.

Что касается направления исследований, связанных с вычислением остаточного ресурса после проведения контрольно-поверочных работ, ремонтом гидротехнических сооружений и замены отдельных частей конструкций при одновременной эксплуатации гидротехнических сооружений, то этот вид обеспечения надёжности исследован гораздо меньше и практически не нормирован в современной литературе.

При оценке надёжности гидротехнических сооружений следует более широко рассматривать критерии, оказывающие влияние на конечную наработку на отказ. Тогда станут понятны нормы проектирования в обеспечении надёжности и их непосредственная взаимосвязь с проблематикой контроля и надзора за изменением состояния гидротехнических сооружений рис. 3 [4].

Данная схема содержит основные этапы жизненного цикла гидротехнического сооружения. Для выявления отказов в эксплуатационный период особо можно отметить, что потенциальные ошибки, как правило, не только накапливаются при окончании одного этапа и начале другого, но и взаимосвязаны друг с другом, но и провоцируют ошибки, приводящие к отказам на последующих этапах эксплуатации. Простейшим примером в практике гидротехнического строительства может служить ошибка в технологии укладки грунтов, например, при послойном уплотнении грунтов и, как следствие приводящая к деформации тела плотины и чрезмерной фильтрации через её тело, а в последствии – и к полному разрушению на этапе эксплуатации.

Результаты исследований. Сформулировать понятие восстановления гидротехнического сооружения при условии длительной эксплуатации и значительной наработке можно сделать на основе исследований. Рассмотрим два основных состояния гидротехнического сооружения: при изменении эксплуатационных показателей в зави-

симости от срока эксплуатации и вариацию показателей фактического эксплуатационного состояния. Эти состояния достаточно точно характеризуют надёжность гидротехнического сооружения и отдельных его эле-

ментов, что позволяет определить среднюю наработку на отказ или вероятность отказа гидротехнического сооружения при конкретном периоде эксплуатации в зависимости от разных условий.

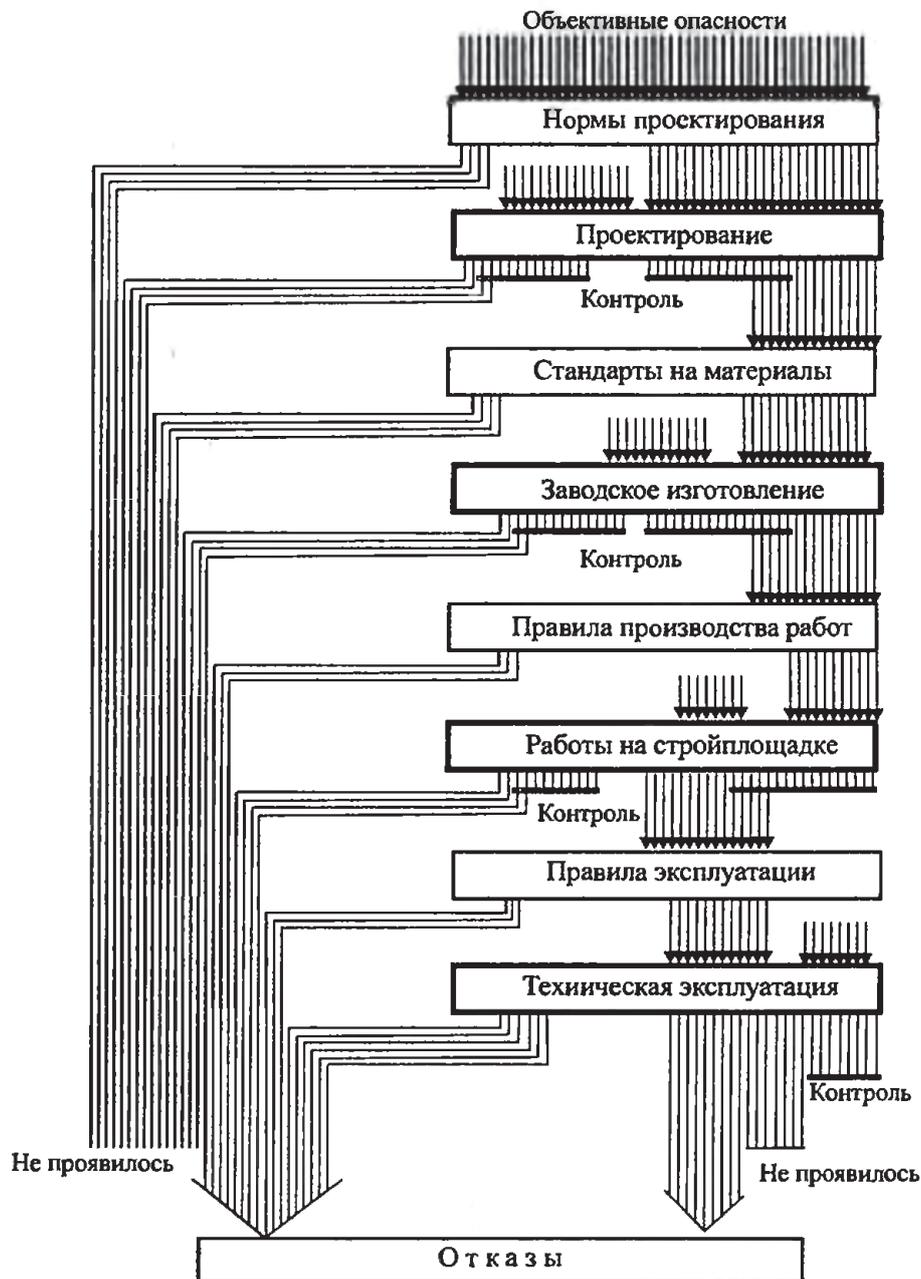


Рис. 3 Формирование потока отказов [4]

Для рациональной организации оценки остаточного эксплуатационного ресурса конкретного вида конструкций или элементов гидротехнического сооружения необходимо знать, сколько отказов данного вида системы было в течение определённого периода, является ли это количество постоянным или это переменная величина, зависящая от конкретных факторов. Для этого должен быть установлен своевременный

контроль за изменением состояния гидротехнического сооружения, в целях формирования выборки результатов изменения конкретных показателей в тех или иных условиях эксплуатации.

Взаимосвязь между характеристиками надёжности гидротехнических сооружений и суммарным потоком отказов можно изложить в виде закономерности, которая характеризует процесс восстановления –

появления и ликвидации отказов или конкретных элементов конструкций во времени и без прекращения эксплуатации гидротехнических сооружений.

Допустим, что фиксируются моменты появления однородных отказов в конкретной области грунтовых гидротехнических сооружениях либо по конкретным видам конструкций в бетонных плотинах рис. 4 [5]. Предположим, что отказы каждого отдельного элемента случайны и не связаны с ошибками, допущенными при производстве конструкций или технологии их монтажа. Они описываются соответствующими функциями $F(x)$ и $f(x)$, также независимы у одинаковых элементов разных систем, по-

мимо этого при ликвидации любой формы отказов в зоне ремонтно-восстановительных работ не имеет значения, какого элемента или из какой области гидротехнического сооружения поступает отказ и какой он по счёту. К основополагающим критериям также можно отнести среднюю наработку до k -го отказа

$$\bar{x}_k = \bar{x}_1 + \bar{x}_{12} + \bar{x}_{23} + \dots + \bar{x}_{k-1,k} = \bar{x}_1 + \sum_{k=1}^k \bar{x}_{k-1,k}, \quad (1)$$

где \bar{x}_1 – средняя наработка до первого отказа; $\bar{x}_{1,2}$ – средняя наработка между первым и вторым отказом; $\bar{x}_{2,3}$ – вторым и третьим и т.д. События x_1, x_2, \dots, x_k называются процессом восстановления гидротехнического сооружения или отдельных его элементов.

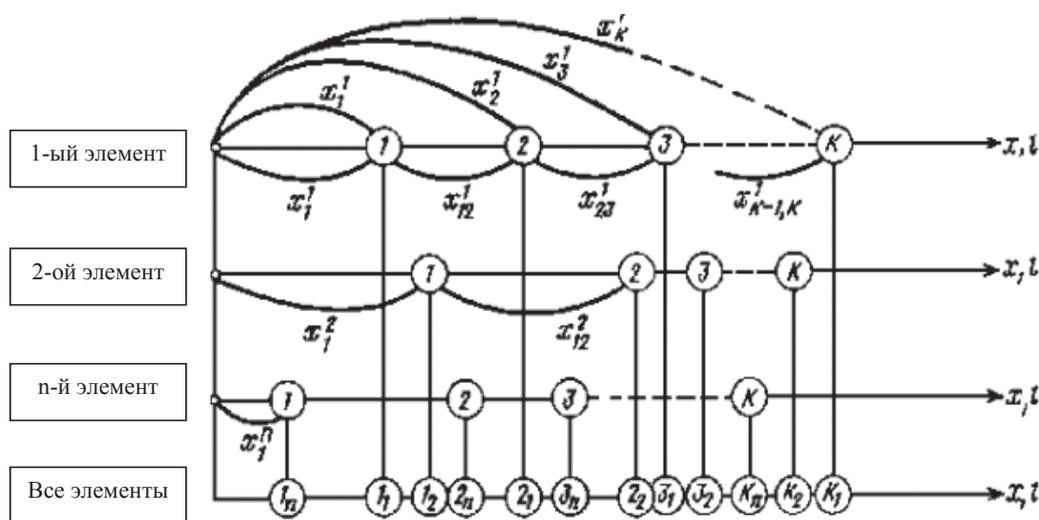


Рис. 4. Формирование потока отказов для n-строительных элементов

Также необходимо учитывать среднюю наработку между отказами для n – элементов гидротехнического сооружения. Между первым и последующим отказом области системы или отдельных конструктивных элементов

$$\bar{x}_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{12}}{n}. \quad (2)$$

Между $(k-1)$ -ым и k -ым:

$$\bar{x}_{k-1,k} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{k-1,k}}{n}. \quad (3)$$

Кроме того, необходимо учитывать так называемый коэффициент полноты восстановления ресурса. Этот коэффициент описывает вероятность сокращения ресурса после произведённого ремонта или качество этого ремонта ($0 \leq \eta \leq 1$), поэтому после перво-

го ремонта между первыми двумя отказами этот коэффициент равен

$$\eta_1 = \frac{x_{12}}{x_1}. \quad (4)$$

После k -го отказа –

$$\eta_k = \frac{x_{k,k+1}}{x_1}. \quad (5)$$

Сокращение ресурса работы отдельных элементов гидротехнического сооружения также необходимо учесть при организации и производстве работ по обеспечению работоспособности. Это можно объяснить, например, частичной заменой повреждённых элементов гидротехнического сооружения при значительном снижении эксплуатационного ресурса смежных элементов. Ведущую функцию потока отказов, или, как её называют, функцией восстановления можно представить в следующем виде рис. 5 [5].

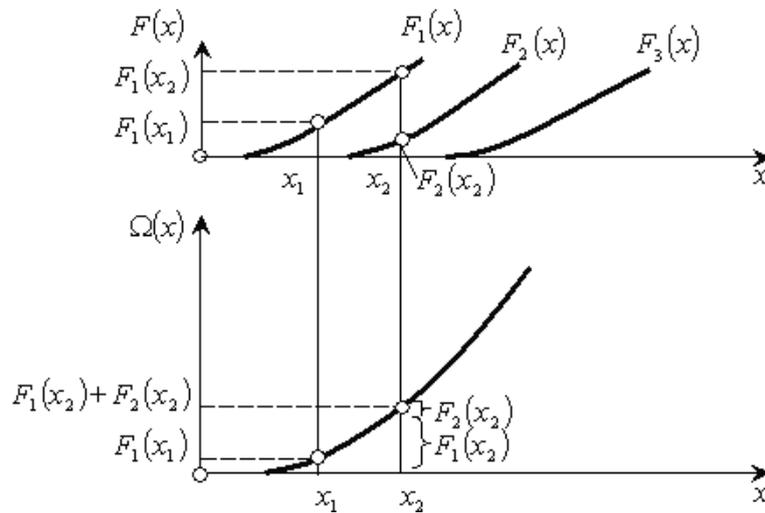


Рис. 5. Определение ведущей функции потока отказов

Здесь $\Omega(x)$ показывает накопленное количество первых и последующих отказов отдельных элементов гидротехнического сооружения к моменту (наработки) X . Из рисунка 5 видно, что из-за вариации наработок на отказы происходит смещение этих наработок, а функции вероятностей первых и последующих отказов F_1, F_2, \dots, F_k частично накладываются друг на друга. Поэтому, если вероятное количество отказов к определённому времени эксплуатации гидротехнического сооружения X_1 (рис. 5) определяется как $\Omega(x_1) = F_1(x_1)$, то для момента X_2 общее количество отказов определяется суммированием вероятностей первого $F_1(x_2)$ и второго $F_2(x_2)$ отказов. Поэтому $\Omega(x_2) = F_1(x_2) + F_2(x_2)$ представляется как

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x). \quad (6)$$

Кроме того, при расчёте остаточного ресурса гидротехнического сооружения необходимо учитывать так называемый *параметр потока отказов* $\omega(x)$ – плотность вероятности появления отказа восстановленного элемента гидротехнического сооружения, которая определяется для данного момента времени эксплуатации сооружения [5]

$$\omega(x) = \Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(x), \quad (7)$$

где $f(x)$ – плотность вероятности возникновения отказа.

То есть, $\omega(x)$ можно рассматривать как относительное число отказов, приходящиеся на условную единицу времени или срока эксплуатации гидротехнического сооружения. Вообще при характеристике надёжности гидротехнического сооружения в целом общее количество отказов относят к наработке, а при характеристике потока отказов,

возникающих для их устранения ко времени работы восстановительных работ. Иными словами ведущая функция отказов с параметром потока отказов рассчитываются не для всех законов распределения. Один из них экспоненциальный

$$\Omega(x) = xw = \frac{x}{\eta x_1}, \quad (8)$$

$$w = \frac{1}{\eta x_1} = const, \quad (9)$$

$$\text{при } \eta=1 \quad w = \frac{1}{x} = const, \quad (10)$$

Для нормального закона

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \Phi \left[\frac{x - k\eta x_1}{S\sqrt{k}} \right], \quad (11)$$

$$w(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{S\sqrt{2\pi k}} \exp \left[-\frac{(x - k\eta x_1)^2}{2S^2 k} \right], \quad (12)$$

где $\Phi(z)$ – нормированная функция для $z = \frac{x - k\eta x_1}{S\sqrt{k}}$; k – число отказов отдельных элементов гидротехнического сооружения в период эксплуатации.

Для любого из законов распределения наработки гидротехнического сооружения или отдельных его элементов на отказ, имеющего конечную дисперсию $D = S^2$, генеральная функция параметра потока отказов при достаточно высоком значении x определяется как

$$\Omega(x) \approx \frac{x}{\eta x_1} + \frac{S^2}{2(\eta x_1)^2} - \frac{1}{2}. \quad (13)$$

При расчёте гарантированных запасов требуется интервальная оценка ведущей

функции параметра потока отказов (для высоких значений x)

$$\frac{x}{\eta x_1} - Z_\alpha \frac{S_x \sqrt{x}}{(\eta x_1)} < \Omega(x) < \frac{x}{\eta x_1} + Z_\alpha \frac{S_x \sqrt{x}}{(\eta x_1)^{1,5}}, \quad (14)$$

где Z_α – нормированное отклонение для нормального закона распределения при условии, что число отказов элементов гидротехнического сооружения с вероятностью $1 - \alpha$ будет заключено в данных пределах [5].

Выводы

Исследование подтверждает, что на данный момент времени отсутствует современная универсальная методика определения остаточного эксплуатационного ресурса гидротехнических сооружений, которая учитывает полный спектр критериев и условий эксплуатации гидротехнических сооружений. Необходим комплексный подход к разработке моделей расчёта эксплуатационных параметров гидротехнических сооружений с учётом их наработок на отказ в зависимости от тех или иных условий и факторов эксплуатации. Нормативные стандарты являются лишь отправной точкой для критического анализа и изучения проблем эксплуатационной надёжности и остаточного ресурса объектов недвижимости, в том числе и попадающих под категорию чрезвычайно опасных [6, 7].

Библиографический список

1. Постановление правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 года № 986 о «Классификации гидротехнических сооружений»: <http://base.garant.ru/70495114/>
2. Статья РИА Новости «В России остаются бесхозными более двух тысяч гидротехнических сооружений» от 06.03.2018 года: <https://ria.ru/society/20180306/1515818506.html>
3. ГОСТ 2775188 (СТ СЭВ 384-97). Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 10 с.

4. Развитие методики расчёта по предельным состояниям. / Сб. статей под ред. Е.И. Беленя. – М.: Стройиздат, 1971. – 175 с.

5. Труханов В.М. Надёжность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытаний, опытных образцов. – М.: Машиностроение, 2003. – 320 с.

6. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Особенности влияния неэксплуатационных динамических нагрузок на гидротехнические сооружения. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка, 2012. – № 5. – С. 25-29.

7. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Принципы мониторинга технического состояния низконапорных грунтовых плотин, попадающих в группу риска на основании экспертного заключения. // Природообустройство, 2013. – № 1. – С. 38-42.

Материал поступил в редакцию
25.02.2018 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; 125550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; e-mail: zharnitskiy@mail.ru, тел. +7(905)723072

Андреев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 125550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; e-mail: andreev-rf@mail.ru, тел. +7(929)6480927

Баюк Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория вероятностей и математическая статистика», ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»; 125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49; e-mail: oleg_bayuk@mail.ru, тел. 8(926)1351269

V.YA. ZHARNITSKY, E.V. ANDREEV

Federal state budgetary institution of higher education RGAU-MTAA, Moscow, Russian Federation

O.A. BAYUK

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

PROBLEMS OF CALCULATING JUSTIFICATION OF OPERATING PARAMETERS OF HYDRO TECHNICAL STRUCTURES

The article considers a comprehensive approach to the development of calculation models of operational parameters of hydro technical structures taking into account their error-free running time depending on these or other conditions and factors of their operation. One of the major factors at maintenance problem assessment in a normal operational state of hydraulic engineering

constructions is that as of 2017 in the Russian Federation there are over two thousand ownerless hydraulic engineering constructions. Some of the ownerless hydro technical objects which are in restrictedly operating or critical condition can constitute extremely high danger to the population and adjacent territories. From the point of view of assessment of a residual resource of hydraulic engineering constructions it is possible to use various approaches, but for ownerless objects when there can be no all project documentation and history of operation, including influence of not operational dynamic loadings, application of the standard approaches becomes very difficult. Under such conditions you shouldn't underestimate probabilistic approaches of assessment of a residual resource of constructions in the conditions of high degree of uncertainty, and also, in particular, a method of limit states as one of fundamental functionalities of calculations of reliability. The main criteria of an entrance of designs of GTS to limit states are destructions of separate elements and knots as a result of short-term dynamic influences or systematic destruction of designs under the influence of the hostile external environment. The second case is especially characteristic of ownerless hydraulic engineering constructions service conditions of which are violated.

Low pressure soil dams, longevity, multiple-factor model, period of supervision, time series, statistical data, actual levels of a temporary series, forecast of the state.

References

1. Postanovlenie praviteljstva Rossijskoj Federatsii ot 2 noyabrya 2013 goda № 986 o «Klassifikatsii gidrotehnicheskikh sooruzhenij». <http://base.garant.ru/70495114/>

2. Statya RIA Novosti «V Rossii ostayutsya beshoznymi bole dvuh tysyach gidrotehnicheskikh sooruzhenij» ot 06.03.2018 goda, <https://ria.ru/society/20180306/1515818506.html>

3. GOST 2775188 (ST SEV 384-97). Nadezhnost stroitel'nykh konstruktsij I osnovanij. Osnovnye polozheniya po raschetu. – M.: Izd-vo standartov. 1988. – 10 s.

4. Razvitie metodiki rascheta po predel'nym sostoyaniyam / Sb. Statej pod red. E.I. Belenya. – M.: Strojizdat, 1971. – 175s.

5. **Truhanov V.M.** Nadezhnost tehniceskikh sistem tipa podvizhnykh ustanovok na etape proektirovaniya i ispytaniy, opytnykh obraztsov. – M. Mashinostroenie, 2003. – 320 s.

6. **Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V.** Osobennosti vliyaniya neekspluatatsionnykh dinamicheskikh nagruzok na gidrotehnicheskie sooruzheniya. // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosjemka. – 2012-. – № 5. – S.25-29.

7. **Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V.** Printsipy monitoringa tehniceskogo sostoyaniya nizkonapornykh gruntovykh plotin, popadayushchih v gruppu riska na osnovanii expert-

nogo zaklyucheniya. // Prirodoobustrojstvo. – 2013. – № 1. – S.38-42.

The material was received at the editorial office 25.02.2018

Information about the authors

Zharnitsky Valerij Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEI HE RGAU-MTAA;125550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49; e-mail: zharnitskiy@mail.ru, tel. +7(905)723072

Andreev Evgenij Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEI HE RGAU-MTAA;125550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49; e-mail: andreev-rf@mail.ru, тел. +7(929)6480927

Bayuk Oleg Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Theory of probabilities and mathematical statistics», FSBEI HE «Financial university under the Government of the Russian Federation»; 125993 (GSP-3), Moscow, Leningradsky prospect, 49; e-mail: oleg_bayuk@mail.ru, тел.: 8(926)1351269