

## **ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ**



УДК 627.82.012.4

**М.И. БАЛЬЗАННИКОВ**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ БЕТОННЫХ ПЛОТИН ГЭС**

Рассматриваются вопросы совершенствования гидротехнических подпорных сооружений гравитационного (массивного) типа русловых гидроэлектростанций. Предложен эффективный метод совершенствования бетонных гравитационных плотин, основанный на идеализации конструктивно-технологических решений. Его особенность в том, что на базе выявленных решений традиционного метода отбирается эффективная конструкция бетонной плотины и технология ее возведения, а затем разрабатываются перспективные, патентоспособные решения, которые по своим свойствам приближаются к идеальным конструкциям. При этом используются специальные приемы, известные в изобретательской деятельности. Эффективность идеализированного решения оценивается по позитивности его влияния на изменение конечного результата – снижение затрат на возведение плотины. По эффекту идеализированного решения судят о достоинствах и недостатках разработанного решения. В соответствии с предложенным методом разработаны конструктивно-технологические решения гравитационной плотины с применением крупнопористого бетона. Конструкция высокотехнологична и позволяет осуществлять охлаждение массива плотины за счет фильтрации воды через крупные поры бетона.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** гидротехническое строительство, бетонная гравитационная плотина, конструкция плотины, технологичность, укатанный бетон, совершенствование конструкции плотины.

DOI 10.32683/0536-1052-2021-747-3-

Обеспечение надежной работы подпорных гидротехнических сооружений для настоящего времени является весьма актуальным требованием как для проектных предприятий, так и для эксплуатирующих эти объекты организаций [1–3]. В то же время важным условием реализации проектных решений этих ответственных сооружений остается выбор наиболее рациональной конструкции, обеспечивающей высокие показатели экономичности и технологичности [4–7]. Особенно важно выполнение названных условий для подпорных сооружений гравитационного (массивного) типа, так как они весьма материалоемки, для возведения требуют значительных финансовых средств и длительного времени для строительства [8–10]. С целью снижения затрат на строительство таких плотин учеными, проектировщиками и строителями

© **Бальзанников М.И., 2021**

ведутся постоянные работы по созданию более совершенных конструктивных и технологических решений [11–14].

Известен традиционный научный метод поиска путей совершенствования гравитационных плотин. Сущность метода – анализ всех известных решений, а к реализации рекомендуются апробированные наиболее эффективные из них [15, 16]. Важное достоинство традиционного метода – рассмотрение уже реализованных решений. Недостаток его в том, что эти решения в большинстве своем обеспечивают локальный эффект и не нацеливают разработчиков на поиск генерального направления, гарантирующего максимальный эффект.

Впервые традиционным методом удачно выявлено эффективное направление совершенствования гравитационных плотин с ориентацией на их возведение с применением дорожной технологии. Эту технологию и конструкцию плотины предложили американские гидротехники. Плотина для прогрессивной дорожной технологии конструктивно представляла собой треугольный профиль (рисунок), центральный массив которой формировался из укатанного бетона, а по периферии прикрывался защитными экранами из плотного вибрированного бетона. С напорной грани экран выполнялся водонепроницаемым, а с низовой – морозостойким [17, 18].

Плотину такой конструкции возводили по дорожной технологии послойно на всю ее длину. Бетонную смесь к сооружению доставляли автосамосвалами, а непосредственно к месту укладки – бремсбергами (без использования традиционных бетоноукладочных кранов). Смесь распределяли по поверхности скреперами, разравнивали в слой бульдозерами, уплотняли катками. Дорожная технология позволяла возводить плотины с такой высокой интенсивностью, которая для крановой укладки была совершенно невозможна.

Учеными Самарского государственного архитектурно-строительного университета предложен эффективный метод совершенствования бетонных гравитационных плотин, основанный на идеализации конструктивно-технологических решений. Характерен он тем, что на базе выявленных решений традиционного метода формируется представление об эффективной конструкции бетонной плотины и технологии ее возведения, а затем разрабатываются перспективные, патентоспособные решения, которые по своим свойствам приближаются к идеальным.

Совершенствование конструкций бетонных гравитационных плотин методом идеализации выполняется в два этапа. На первом этапе используется традиционный метод, выявляются известные в мировой практике эффективные решения, принимают их за эталон для дальнейшего поиска более совершенного (идеального) решения. На втором этапе разрабатывается идеализованное решение специальными приемами, используемыми в изобретательской деятельности. Эффективность идеализованного решения оценивается

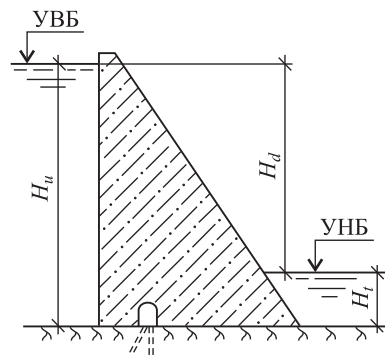


Схема плотины гравитационного типа

по позитивности его влияния на изменение конечного результата – снижение затрат на возведение плотины. По эффекту идеализированного решения судят о достоинствах и недостатках разработанного решения.

Выполненный анализ традиционных методов совершенствования гравитационных плотин показал, что несмотря на явную прогрессивность метода применения дорожной технологии возведения конструкция такой плотины не обладает высокой технологичностью. На это указывают две причины.

1. При послойном возведении тела плотины каждый слой получается трехэлементным. Слой необходимо формировать тремя видами бетонов разных составов, тремя технологическими потоками с применением трех видов технических средств. Технологии работ на этих элементах не сбалансированы во времени по интенсивности, производительности (мощности), что обуславливает удорожание строительства. Опыт возведения плотины Аппер Стилуотер (Upper Stillwater dam) (США) показал, что затраты труда на формирование монолитной оболочки сопоставимы с показателями по укатанному бетону. Вместе с тем во многих случаях монолитные оболочки не выполняют своих основных функций: в напорной зоне экран плотины при нарушении монолитности теряет свойство водонепроницаемости. Это одна из главных причин, побудивших специалистов в первую очередь совершенствовать конструктивно-технологические решения защитных оболочек.

Так для напорной зоны вместо бетонного экрана дополнительно рассматривались несколько вариантов устройства водонепроницаемых экранов из других материалов. Экран из нержавеющей листовой стали толщиной 3 мм был отвергнут из-за высокой стоимости. Битумный экран в стенке из сборных бетонных блоков отвергнут из-за необходимости применения большого количества операций (многодельности). Экран с устройством цементационной завесы предложен к использованию без требуемого обоснования. Для защиты укатанного бетона в низовой грани плотины строители вынуждены были создавать бетонные экраны толщиной до 6 м (Бурейская ГЭС, Россия), что приводило к сокращению объема укатанного бетона до 50 % [19], но и к значительному увеличению стоимости строительства сооружения. Рассматривался также вариант, в котором вместо бетонного экрана предлагалось использовать элемент сборного железобетона корытообразной формы с заполнением полости пенопластом. Вариант был признан нецелесообразным, поскольку возникала необходимость применения монтажного крана. Был рассмотрен также еще один более совершенный вариант, предусматривающий применение железобетонной плиты с плиточным пенопластовым утеплителем со стороны массивного бетона. Плиту предлагалось формировать торкретированием, чтобы не использовать монтажные краны. Способ рекомендовано было применять при возведении плотины ступенями, а плиту формировать с низовой грани. Следует отметить, что рассмотренные способы не решали проблемы обеспечения устойчивости плотины на опрокидывание при эксплуатации в суровых российских условиях.

2. Главная причина недостаточной технологичности плотины из укатанного бетона в том, что не обеспечивается монолитность ее массива, раскрываются горизонтальные строительные швы, напорный экран становится водопроницаемым, что совершенно недопустимо [16, 20].

Гидротехниками западных стран реализовано два варианта локализации фильтрации в сооружениях без устройства оболочек с целью обеспечения возможности послойно возводить сооружение одним технологическим потоком и неизменным комплектом технических средств. Так, при строительстве плотины Upper Stillwater dam оболочки выполняли только функции опалубки, а водонепроницаемость обеспечивалась всему массиву добавлением к цементу ( $77 \text{ кг/м}^3$ ) дополнительно  $170 \text{ кг/м}^3$  (70 %) золы-унос. В прогнозах отмечалось, что такой прием обеспечения водонепроницаемости плотин стал за последние годы определяющей тенденцией в практике мирового плотиностроения, несмотря на необходимость повышения расхода вяжущего вещества (цемент плюс зола-унос) в пределах  $150\text{--}225 \text{ кг/м}^3$  [21].

При строительстве плотины Уиллоу Крик (Willow Creek Dam) (Oregon) также отказались от защитных элементов в пользу повышения технологичности конструкции. При использовании вяжущего вещества в объеме  $67 \text{ кг/м}^3$  через массив сооружения наблюдалась интенсивная фильтрация воды, обусловленная пониженной плотностью бетона и нарушением монолитности сооружения. Снижение водопроницаемости объекта обеспечили цементацией всего сооружения после окончания его строительства. Но это решение, примененное к началу заполнения водохранилища, нельзя оценивать однозначно позитивно, поскольку возможно появление растягивающих напряжений в центральной зоне плотины после заполнения водохранилища.

Опыт строительства двух плотин показал, что примененные варианты решений обеспечивали требуемую водонепроницаемость, но не обеспечивали монолитность тела плотины. Раскрытие швов в низовой зоне сооружения могло существенно снизить устойчивость плотины на опрокидывание, а также привести к замораживанию бетона центральной зоны со стороны низовой грани плотины [22].

На основании выполненного анализа недостатков традиционного метода совершенствования бетонных гравитационных плотин и был предложен работниками вуза более эффективный метод. Он основан на идеализации конструктивно-технологических решений. Разработанный метод предусматривал два этапа. На первом этапе на основании традиционных решений определялась начальная эталонная конструкция, а на втором – шел поиск идеализированного решения.

Идеализированным методом выявлены характерные идеальные свойства как конструкции гравитационной плотины из укатанного бетона, так и дорожной технологии ее возведения, а также результативность их применения в сопоставлении с традиционным методом. Идеальная конструкция гравитационной плотины своим профилем отображает профиль грунтовой плотины, массив которой выполнен из малоцементного укатанного бетона, а по периферии прикрыт защитными элементами пленочного типа от негативного воздействия напорной воды, отрицательных температур наружного воздуха и атмосферной влаги. При идеализации конструкции исключается зонирование сооружения вертикальными строительными швами. Вместе с тем допускается создание горизонтальных зон устройством горизонтальных строительных швов.

Плотину идеальной конструкции предусматривается возводить по идеальной дорожной технологии с учетом опыта американских гидротехников.

Отличие заключается в том, что технологический процесс возведения плотины функционирует с высокой интенсивностью только один летний период, а массив кладки охлаждается условно мгновенно до стабильной эксплуатационной температуры к началу зимнего периода.

Два важных достоинства присущи идеальной конструкции плотины и идеальной технологии ее возведения:

– ее можно возводить одним технологическим потоком с высокой интенсивностью и неизменным комплектом высокопроизводительных технических средств без использования бетоноукладочных кранов и опалубки и, что очень важно, с применением одного вида бетонной смеси в слое. Принималось, что затраты времени и ресурсов на создание защитных пленочных элементов очень малы и не оказывают негативного влияния на функционирование основного технологического процесса;

– идеализация указывает основное направление совершенствования гравитационных плотин, хотя разработанные решения такими свойствами во многих случаях не обладают, а только к ним приближаются.

Идеализированный подход был применен к разработке более совершенной конструкции гравитационной плотины. При этом на первом этапе на основании анализа традиционных решений по гравитационным плотинам из малоцементного укатанного бетона обозначены взаимообусловленные недостатки. Первый из них – это нетехнологичность конструкции плотины. Недостаток обусловлен необходимостью применения большого количества операций (многодельности), а также наличием раскрытий горизонтальных строительных швов из-за чего напорный экран становится водопроницаемым. Второй – применение несовершенного способа охлаждения бетонного массива как следствие несовершенства конструкции плотины.

Согласно принципу идеализации, оба решения должны быть радикально эффективными, совместимыми для функционирования, способными при высоких темпах возведения плотины обеспечить условно мгновенное охлаждение бетонного массива до стабильной температуры эксплуатационного периода.

Цель идеализации конструкции была достигнута гидротехниками Самарского государственного строительного университета в содружестве с проектировщиками и строителями. В конструкции плотины предложено вместо традиционно укатанного бетона применять крупнопористый в соответствии с разработками [19]. Полученная идеализированная конструкция плотины обеспечивала высокую технологичность, а для охлаждения массива было предложено использовать идеализированный оригинальный способ. Сущность этого способа заключается в следующем: бетон летней кладки перед наступлением зимнего периода охлаждают водой, фильтрующейся за счет проявления сил гравитации через крупные поры бетона массива плотины. Охлаждение ведется послойно очередями или на всю высоту массива летней кладки.

Предложенный идеализированный способ строительства гравитационной плотины совместим с дорожной технологией возведения плотин. В нем предусмотрено ведение работ послойно на всю длину плотины. Бетонная смесь к сооружению доставляется автосамосвалами без использования бетоноукладочных кранов. Смесь распределяется по поверхности скреперами

и разравнивается бульдозерами, а уплотняется катками. Однако при этом используется крупнопористый бетон, в массиве которого после уплотнения остаются поры.

При разработке технологии возведения гравитационной плотины из крупнопористого бетона требовалось подтверждение возможности разравнивания и уплотнения бетонной смеси традиционными высокопроизводительными бульдозерами и пневмокатками, применяемыми для традиционного укатанного бетона. Подтверждение было достигнуто на экспериментальном участке строительства Шульбинского гидроузла (Россия). Было доказано, что порции бетонной смеси объемом 3 и 6 м<sup>3</sup> успешно разравнивались бульдозером с тяговой силой 25 тс слоями 0,30–0,75 м, а уплотнялись трехосными автосамосвалами грузоподъемностью 27 т за 4–5 проходок. Сделано заключение о возможности уплотнения крупнопористой смеси метровыми слоями при использовании традиционных пневмо- и виброкатков.

**Выводы.** 1. Анализ методов совершенствования гравитационных плотин из малоцементного укатанного бетона идеализацией конструктивно-технологических решений в сочетании с рассмотрением традиционных методов строительства обеспечивает максимум эффективности конечного результата тем, что нацеливает специалистов на разработку решений по своим свойствам, близким к идеальным.

2. Методом идеализации технических решений разработана идеализированная конструкция гравитационной плотины из крупнопористого бетона, а также способ ее охлаждения, которые обеспечат монолитность массива плотины при послойном ее возведении предельно высокими темпами роста сооружения по высоте (преимущественно за один летний период). Разработанные решения обеспечат существенное снижение затрат на возведение плотины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Сеницкий Ю.Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволж. науч. журн. 2012. № 2. С. 35–40.
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. Янченко А.В. О гидротехнических сооружениях повышенной ответственности и гидротехнических сооружениях повышенного уровня ответственности // Приволж. науч. журн. 2018. № 3 (47). С. 78–84.
4. Кузнецов В.С., Ладенко С.Ю. Техническое состояние земляных плотин Нижегородской ГЭС после 60 лет эксплуатации // Гидротехн. стр-во. 2015. № 10. С. 11–20.
5. Розанов Н.П., Румянцев И.С., Корюкин С.Н. и др. Особенности проектирования и строительства гидротехнических сооружений в условиях жаркого климата / под ред. Н.П. Розанова. М.: Колос, 1993. 303 с.
6. Телешев В.И., Ватин Н.И., Марчук А.Н., Комаринский М.В. Производство гидротехнических работ. Ч. 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы. М.: Изд-во АСВ, 2012. 488 с.
7. Balzannikov M.I., Rodionov M.V. Extending the operating life of low embankment dams in Russia // International journal on Hydropower and Dams. 2013. No. 6. P. 60–63.

8. *Бальзанников М.И.* Анализ результатов обследований деформации тела грунтовой плотины руслового гидроузла // Вестн. СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 1 (18). С. 62–70.
9. *Рассказов Л.Н., Бестужева А.С., Малаханов В.В., Толстиков В.В., Орехов В.Г., Саинов М.П., Анискин Н.А., Солдатов П.В.* Гидротехнические сооружения. Ч. 1. М.: Изд-во АСВ, 2011. 578 с.
10. *Юделевич А.М.* Оценка надежности гравитационных бетонных плотин на скальных основаниях // Изв. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2017. Т. 283. С. 30–36.
11. *Ляпичев Ю.П.* Устойчивость и прочность новых конструкций плотин из особо тощего укатанного бетона // Строит. механика инженерных конструкций и сооружений. 2007. № 2. С. 53–56.
12. *Толстиков В.В., Карлуш А.Б.* Исследование работоспособности гравитационной плотины из особо тощего укатанного бетона // Естественные и техн. науки. 2015. № 11 (89). С. 617–619.
13. *Коган Е.А.* Строительство плотин из укатанного бетона. Анализ состояния и перспективы развития // Гидротехн. стр-во. 2000. № 5. С. 30–40.
14. *Aniskin N.A., Shaytanov A.M.* Assessment of temperature effect on the stress-strain behavior of a concrete gravity dam // Power Technology and Engineering. 2020. Vol. 54. No. 2. P. 154–159.
15. *Гинзбург С.М., Корсакова Л.В., Павленко П.В.* Температурный режим и термонапряженное состояние плотин из укатанного бетона в период их возведения // Изв. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2007. Т. 249. С. 17–24.
16. *Хайланд М., Шнааршмидт Л., Роос Т.* Плотина Ляйбис/Лихте: выбор между конструкцией из укатанного бетона (RCC) и блочной конструкцией из монолитного вибрированного бетона – традиция против современности // Гидросооружения. 2009. № 1. С. 6–9.
17. *Дадиани Н.З.* Технологические особенности строительства плотин из укатанного бетона // Гидротехн. стр-во. 2018. № 6. С. 49–54.
18. *Анискин Н.А.* Температурный режим гравитационной плотины из укатанного бетона // Гидротехн. стр-во. 2005. № 12. С. 13–17.
19. *Шабанов В.А., Бальзанников М.И., Рыжов В.А., Осипов С.В., Конько В.В., Шкарин В.П.* Пути повышения эффективности и надежности гравитационных плотин из малоцементного бетона // Гидротехн. стр-во. 2001. № 12. С. 2–7.
20. *Анискин Н.А., Чонг Чык Н.* Проблема температурного трещинообразования в бетонных гравитационных плотинах // Вестн. МГСУ. 2020. Т. 15. № 3. С. 380–398.
21. *Wang L., Yang H.Q., Zhou S.H., Chen E., Tang S.W.* Mechanical properties, long-term hydration heat, shrinkage behavior and crack resistance of dam concrete designed with low heat portland (lhp) cement and fly ash // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 187. P. 1073–1091.
22. *Анискин Н.А., Чык Н.Ч.* Термонапряженное состояние бетонной плотины из укатанного бетона в процессе возведения во Вьетнаме // Пром. и гражданское стр-во. 2018. № 11. С. 57–61.

**Бальзанников Михаил Иванович**, д-р техн. наук, проф.; E-mail: mibsgasu@mail.ru  
Самарский государственный экономический университет

Получено 10.02.2021

**Bal'zannikov Mikhail Ivanovich**, DSc, Professor; E-mail: mibsgasu@mail.ru  
Samara State University of Economics, Russia

## IMPROVING THE HPP CONCRETE DAMS CONSTRUCTION TECHNOLOGY

The article deals with the issues of improving hydraulic retaining structures of the gravity (massive) type. An effective method of improving concrete gravity dams based on the idealization of structural and technological solutions is proposed. Its peculiarity is that on the basis of the identified solutions of the traditional method, an effective design of a concrete dam and the technology of its construction are selected, and then promising, patentable solutions are developed, which in their properties approach the ideal structures. In this case, special techniques known in inventive activity are used. The effectiveness of an idealized solution is evaluated by the positive impact it has on changing the final result – reducing the cost of building a dam. The advantages and disadvantages of the developed solution are judged by the effect of the idealized solution. In accordance with the proposed method, the structural and technological solutions of the gravity dam with the use of coarse-pored concrete were developed. The design is high-tech and allows cooling of the dam mass by filtering water through large pores of concrete.

**Key words:** hydraulic engineering, concrete gravity dam, dam design, manufacturability, rolled concrete, dam design improvement.

### REFERENCES

1. *Bal'zannikov M.I., Rodionov M.V., Senitskiy Yu.E.* Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti nizkonapornyykh gidrotekhnicheskikh ob'ektov s gruntovymi plotinami [Improving the operational reliability of low-pressure hydraulic engineering objects with ground dams]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky scientific journal]*. 2012. No. 2. Pp. 35–40. (in Russian)
2. *Zharnitskiy V.Ya., Andreev E.V.* Problemy ekspluatatsionnoy nadezhnosti i bezopasnosti gruntovykh plotin [Problems of operational reliability and safety of ground dams]. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography]*. 2013. No. 1. Pp. 42–47. (in Russian)
3. *Yanchenko A.V.* O gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh povyshennoy otvetstvennosti i gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh povyshennogo urovnya otvetstvennosti [On hydraulic structures of increased responsibility and hydraulic structures of increased responsibility]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky scientific journal]*. 2018. No. 3 (47). Pp. 78–84. (in Russian)
4. *Kuznetsov V.S., Ladenko S.Yu.* Tekhnicheskoye sostoyaniye zemlyanykh plotin Nizhegorodskoy GES posle 60 let ekspluatatsii [Technical condition of earthen dams of Nizhny Novgorod HPP after 60 years of operation]. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo [Hydrotechnical construction]*. 2015. No. 10. Pp. 11–20. (in Russian)
5. *Rozanov N.P., Rummyantsev I.S., Koryukin S.N. et al.* Osobennosti proektirovaniya i stroitel'stva gidrotekhnicheskikh sooruzheniy v usloviyakh zharkogo klimata [Features of design and construction of hydraulic structures in hot climate conditions]. Ed. by N.P. Rozanov. Moscow, Kolos, 1993. 303 p. (in Russian)
6. *Teleshev V.I., Vatin N.I., Marchuk A.N., Komarinskiy M.V.* Proizvodstvo gidrotekhnicheskikh rabot. Chast' 1. Obshchiye voprosy stroitel'stva. Zemlyanyye i betonnyye raboty [Production of hydraulic engineering works. Part 1. General construction issues. Earthen and concrete works]. Moscow, Publishing house ASV, 2012. 488 p. (in Russian)
7. *Bal'zannikov M.I., Rodionov M.V.* Extending the operating life of low embankment dams in Russia. *International journal on Hydropower and Dams*. 2013. No. 6. Pp. 60–63.



8. *Bal'zannikov M.I.* Analiz rezul'tatov obsledovaniy deformatsii tela gruntovoy plotiny ruslovogo gidrouzla [Analysis of the results of surveys of the deformation of the body of a ground dam of a channel hydroelectric unit]. *Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the SSASU. Urban planning and architecture]. 2015. No. 1 (18). Pp. 62–70. (in Russian)
9. *Rasskazov L.N., Bestuzheva A.S., Malakhanov V.V., Tolstikov V.V., Orekhov V.G., Sainov M.P., Aniskin N.A., Soldatov P.V.* Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya [Hydrotechnical facilities]. P. 1. Moscow, Publishing house ASV, 2011. 578 p. (in Russian)
10. *Yudelevich A.M.* Otsenka nadezhnosti gravitatsionnykh betonnykh plotin na skal'nykh osnovaniyakh [Evaluation of the reliability of gravity concrete dams on rock bases]. *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneev]. 2017. Vol. 283. Pp. 30–36. (in Russian)
11. *Lyapichev Yu.P.* Ustoychivost' i prochnost' novykh konstruksiy plotin iz osobo toshchego ukatannogo betona [Stability and strength of new dam structures made of particularly thin rolled concrete]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy* [Construction mechanics of engineering structures and structures]. 2007. No. 2. Pp. 53–56. (in Russian)
12. *Tolstikov V.V., Karlush A.B.* Issledovaniye rabosposobnosti gravitatsionnoy plotiny iz osobo toshchego ukatannogo betona [Investigation of the working capacity of a gravity dam made of particularly thin rolled concrete]. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Natural and technical sciences]. 2015. No. 11 (89). Pp. 617–619. (in Russian)
13. *Kogan E.A.* Stroitel'stvo plotin iz ukatannogo betona. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya [Construction of dams from rolled concrete. Analysis of the state and prospects of development]. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo* [Hydraulic engineering construction]. 2000. No. 5. Pp. 30–40. (in Russian)
14. *Aniskin N.A., Shaytanov A.M.* Assessment of temperature effect on the stress-strain behavior of a concrete gravity dam. *Power Technology and Engineering*. 2020. Vol. 54. No. 2. Pp. 154–159.
15. *Ginzburg S.M., Korsakova L.V., Pavlenko P.V.* Temperaturnyy rezhim i termopryazhennoye sostoyaniye plotin iz ukatannogo betona v period ikh vozvedeniya [Temperature regime and thermal stress state of rolled concrete dams during their construction]. *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneev]. 2007. Vol. 249. Pp. 17–24. (in Russian)
16. *Hayland M., Shnaarshmidt L., Roos T.* Plotina Lyaybis/Likhte: vybor mezhdru konstruksiyey iz ukatannogo betona (RCC) i blochnoy konstruksiyey iz monolitnogo vibrirrovannogo betona – traditsiya protiv sovremennosti [Leibis dam/Lichte: the choice between a construction made of rolled concrete (RCC) and a block structure made of monolithic vibrated concrete – tradition vs. modernity]. *Gidrosooruzheniya* [Hydraulic structures]. 2009. No. 1. Pp. 6–9. (in Russian)
17. *Dadiani N.Z.* Tekhnologicheskkiye osobennosti stroitel'stva plotin iz ukatannogo betona [Technological features of construction of dams from rolled concrete]. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo* [Hydraulic engineering construction]. 2018. No. 6. Pp. 49–54. (in Russian)
18. *Aniskin N.A.* Temperaturnyy rezhim gravitatsionnoy plotiny iz ukatannogo betona [Temperature regime of a gravity dam made of rolled concrete]. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo* [Hydraulic engineering construction]. 2005. No. 12. Pp. 13–17. (in Russian)
19. *Shabanov V.A., Bal'zannikov M.I., Ryzhov V.A., Osipov S.V., Kon'ko V.V., Shkarin V.P.* Puti povysheniya effektivnosti i nadezhnosti gravitatsionnykh plotin iz malotsementnogo betona [Ways of increasing the efficiency and reliability of gravity dams made of low-cement concrete]. *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo* [Hydraulic engineering construction]. 2001. No. 12. Pp. 2–7. (in Russian)

20. *Aniskin N.A., Chong Chyk N.* Problema temperaturnogo treshchinoobrazovaniya v betonnykh gravitatsionnykh plotinakh [The problem of temperature crack formation in concrete gravity dams]. Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. 2020. Vol. 15. No. 3. Pp. 380–398. (in Russian)
  21. *Wang L., Yang H.Q., Zhou S.H., Chen E., Tang, S.W.* Mechanical properties, long-term hydration heat, shrinkage behavior and crack resistance of concrete dam designed with low heat portland (lhp) cement and fly ash. Construction and Building Materials. 2018. Vol. 187. Pp. 1073–1091.
  22. *Aniskin N.A., Chyk N.Ch.* Termonapryazhennoye sostoyaniye betonnoy plotiny iz ukatannogo betona v protsesse vozvedeniya vo V''etname [Thermonapressed state of a concrete dam made of rolled concrete in the process of construction in Vietnam]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. 2018. No. 11. Pp. 57–61. (in Russian)
-