

О.Д. РУБИН¹, С.Е. ЛИСИЧКИН¹, О.В. ЗЮЗИНА²

¹ Филиал АО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект» имени С.Я. Жука» – «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений», г. Москва, Российская Федерация

² Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ БАЗАЛТОКОМПОЗИТНОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ НА РАБОТУ МАЛОАРМИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С МЕЖБЛОЧНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ШВАМИ

Предложено использовать предварительно напряженную базальтокомпозитную арматуру для усиления железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. В целях обоснования технических решений по усилению железобетонных конструкций гидротехнических сооружений предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой проведены экспериментальные исследования. Для проведения экспериментальных исследований были приняты железобетонные конструкции балочного типа, имеющие вертикальные межблочные строительные швы. Представлены результаты экспериментальных исследований железобетонных моделей балочного типа с межблочными строительными швами, усиленных предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой способом натяжения «на бетон». Модели испытаны на совместное действие изгибающего момента и поперечной силы. Отмечен особый характер трещинообразования; зафиксировано полное восстановление несущей способности железобетонных конструкций, ослабленных межблочными строительными швами, за счет усиления предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой.

Гидротехнические сооружения, железобетонные конструкции, межблочные строительные швы, базальтокомпозитная арматура, предварительное напряжение, усиление железобетонных конструкций, экспериментальные исследования, трещинообразование в конструкциях, восстановление несущей способности.

Введение. В настоящее время распространяется метод усиления эксплуатируемых железобетонных конструкций системами внешнего армирования на основе углеродного волокна, появился определенный опыт усиления эксплуатируемых конструкций гидротехнических сооружений (ГТС) композитными тканями: Баксанская ГЭС, Эзминская ГЭС, Загорская ГАЭС-2, туннель ГЭС Тробзон в Турции, перекрытие машзала ЖиГЭС (проект) и др. При этом указанный метод применим только для тех конструкций, к растянутой зоне которых имеется доступ для устройства системы внешнего армирования. Вместе с тем в подпорных стенах, устоях, стенах шлюзов и других ГТС

со стороны растянутой зоны имеется грунтовая засыпка практически на всю высоту этих железобетонных сооружений, что исключает эффективное применение внешнего армирования.

Для разработки технических решений по усилению длительно эксплуатируемых железобетонных конструкций ГТС представляется необходимым проведение комплекса мероприятий по обоснованию применения базальтокомпозитной арматуры (АБК), учитывающих: большую прочность (в 2,5-3 раза) АБК на разрыв в сравнении со стальной арматурой при равном диаметре; устойчивость АБК к щелочной среде бетона; легкость АБК в сравнении

со стальной в 4-4,5 раза при равном диаметре (упрощение технологии производства работ); то, что АБК не корродирует в водной и в других агрессивных средах, и др.

Для реализации вышеуказанной цели проведены экспериментальные исследования, учитывающие характерные особенности железобетонных конструкций ГТС: невысокий класс бетона и арматуры; коэффициент продольного армирования $\mu < 0,01$; наличие межблочных строительных швов; нарушение сцепления рабочей стальной арматуры с бетоном в зоне размещения строительных швов как результат проявления усадочных деформаций бетона при твердении (при строительстве), а также длительной эксплуатации конструкций ГТС при температурных и знакопеременных нагрузках; особый характер трещинообразования конструкций ГТС.

При проведении экспериментальных исследований был учтен опыт исследований железобетонных конструкций ГТС, в том числе усиленных композитными материалами [1-7].

Материалы и методы исследований.

Для исследований применялась апробированная методика физического моделирования железобетонных конструкций ГТС. Были изготовлены железобетонные модели балочного типа Б1, Б2 и Б3 с вертикальными межблочными строительными швами. Проектные размеры опытных балок: длина – 2000 мм, высота – 300 мм, ширина – 150 мм; класс бетона В30 ÷ В35.

Модель Б1 изготовлена со стальной арматурой в 2 приема для устройства межблочных строительных швов. Модели Б2 и Б3 изготовлены в 2 этапа: на первом этапе – бетонирование балки со стальной арматурой с межблочными строительными швами и создание канала для АБК; на втором этапе – предварительное напряжение АБК «на бетон», омоноличивание канала с последующим отпуском арматуры после набора прочности бетона.

Рабочее продольное армирование балки Б1: 2Ø12 класса А400 (стальная арматура) с коэффициентом $\mu_s = 0,0056$.

Рабочее продольное армирование балок Б2 и Б3: 2Ø12 класса А400 (стальная арматура) и 1Ø12 АБК.

АБК в балках Б2 и Б3 подвергалась предварительному напряжению на величину: $0,45 \times 800 = 360$ МПа (принято: коэффициент 0,45 – п. 1.4.2

СП 63.13330.2012 [8]; $R_{f,n} = 800$ МПа – предел прочности АБК при растяжении (табл. 1), п. 5.2.4 СП 295.1325800.2017 [9]) с последующим обетонированием каналов в балке Б2 и в балке Б3.

Поперечная арматура выполнялась из стержней диаметром 8 мм класса А400 и устанавливалась в приопорных зонах с шагом 50 мм.

В обеих балках на расстоянии 465 мм от торцов устраивались вертикальные межблочные строительные швы.

Конструкция опытных балок представлена на рисунке 1.

Необходимо отметить следующее.

1. Опытная балка Б2 испытывалась с омоноличенной предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой.

2. опытная балка Б3 испытывалась в 2 этапа:

а) по схеме испытаний балки Б1 (со стальной арматурой);

б) после испытаний этапа 1 устанавливалась базальтокомпозитная арматура; производилось предварительное натяжение способом «на бетон» с последующим омоноличиванием канала, и после выдержки в течение 10 сут. производились экспериментальные исследования.

При испытаниях опытные балки опирались на подвижную (катковую) и неподвижную (ножевую) опоры, расположенные на расстоянии 150 мм от торцов.

Нагрузка прикладывалась вертикально ступенями посредством гидравлического домкрата и передавалась через горизонтальную траверсу в двух точках на расстоянии 310-330 мм от центра балки, при этом расстояние между силами (зона «чистого изгиба») составило 620-660 мм, а расстояние между силами и опорами («пролет среза») – 500-540 мм (рис. 1).

Опытные балки оснащались контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) для измерения ширины раскрытия трещин и межблочных строительных швов; прогибов; деформаций бетона, стальной арматуры и АБК (рис. 2, а-в). Для этого использовались индикаторы часового типа и тензорезисторы с базой 20-50 мм.

Результаты и обсуждение. В процессе экспериментальных исследований получены следующие основные результаты.

В опытных балках Б1 и Б3 (этап 1) зафиксирован следующий характер трещинообразования (рис. 2 б-в, 3): после

раскрытия вертикальных межблочных швов при нагрузках, указанных в таблице 1, произошло выклинивание наклонных трещин по направлению к приложенным силам (на расстоянии $X_{III} = 0,24 \cdot h_{III}$ от сжатой грани в балках Б1 и Б3 (этап 1) и на расстоянии $X_{III} = 0,34 \cdot h_{III}$ от сжатой грани – в балке Б2).

При этом под действием нагрузки, близкой к разрушающей, образовались трещины вдоль продольной рабочей арматуры по направлению «от межблочного шва к опорам» (рис. 3 б). На участке между силами в зоне «чистого изгиба» образовалась система вертикальных нормальных трещин.

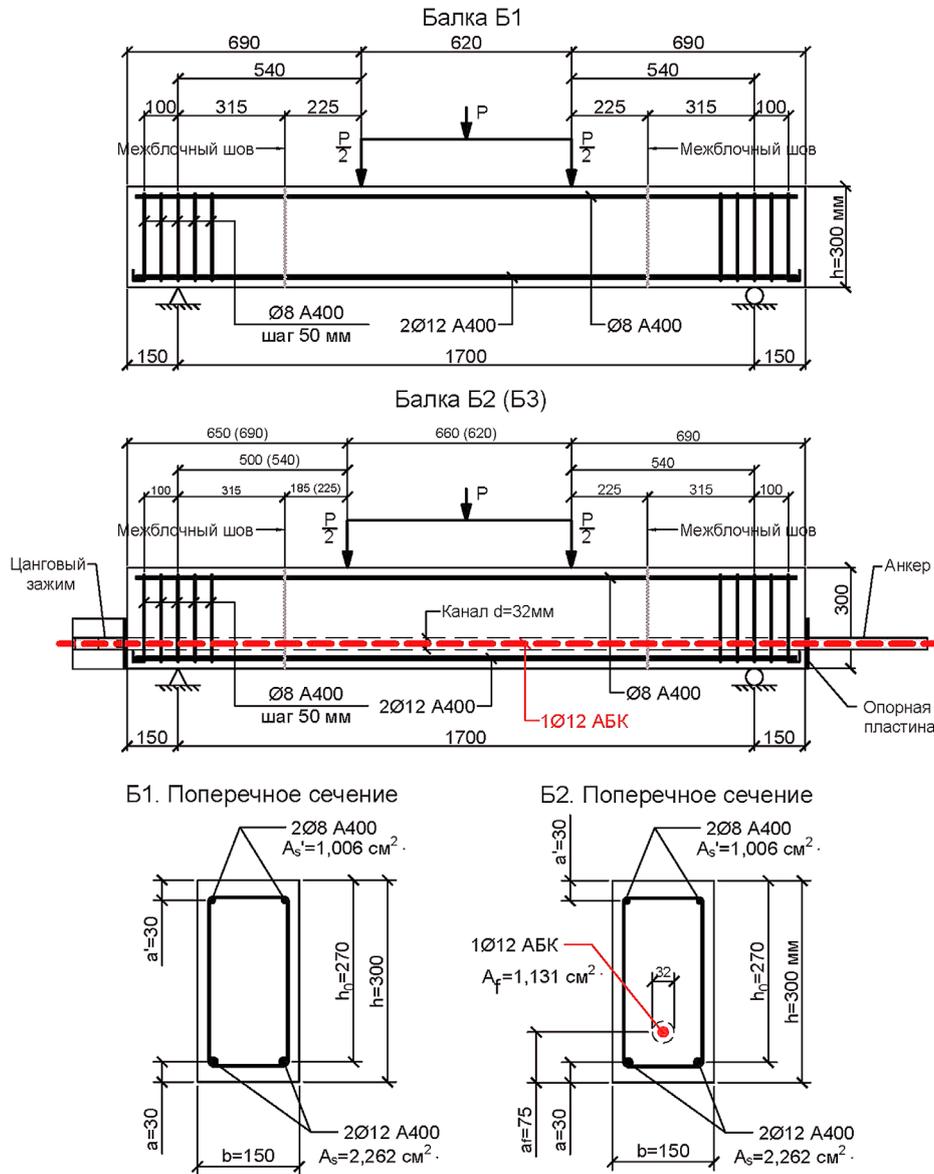


Рис. 1. Конструкции и схемы испытаний опытных балок

Опытные значения силы P, соответствующие образованию наклонных трещин из межблочных швов и разрушению балок Б1, Б2 и Б3 (этап 1) по схеме «вертикальная трещина по шву – наклонная трещина из шва по направлению к силе – горизонтальная трещина вдоль продольной рабочей арматуры по направлению к опоре», представлены в таблице.

Из анализа результатов испытаний балок Б1, Б2 и Б3 (этап 1) по первой группе

предельных состояний следует, что балка Б2, усиленная предварительно напряженной АБК, имеет лучшие показатели как по величине силы, соответствующей образованию наклонных трещин из межблочных строительных швов, так и по величине разрушающей силы; при этом характер разрушения балки Б2 – нехрупкое разрушение в сравнении с балками Б1 и Б3 (этап 1), которые имели хрупкое разрушение.

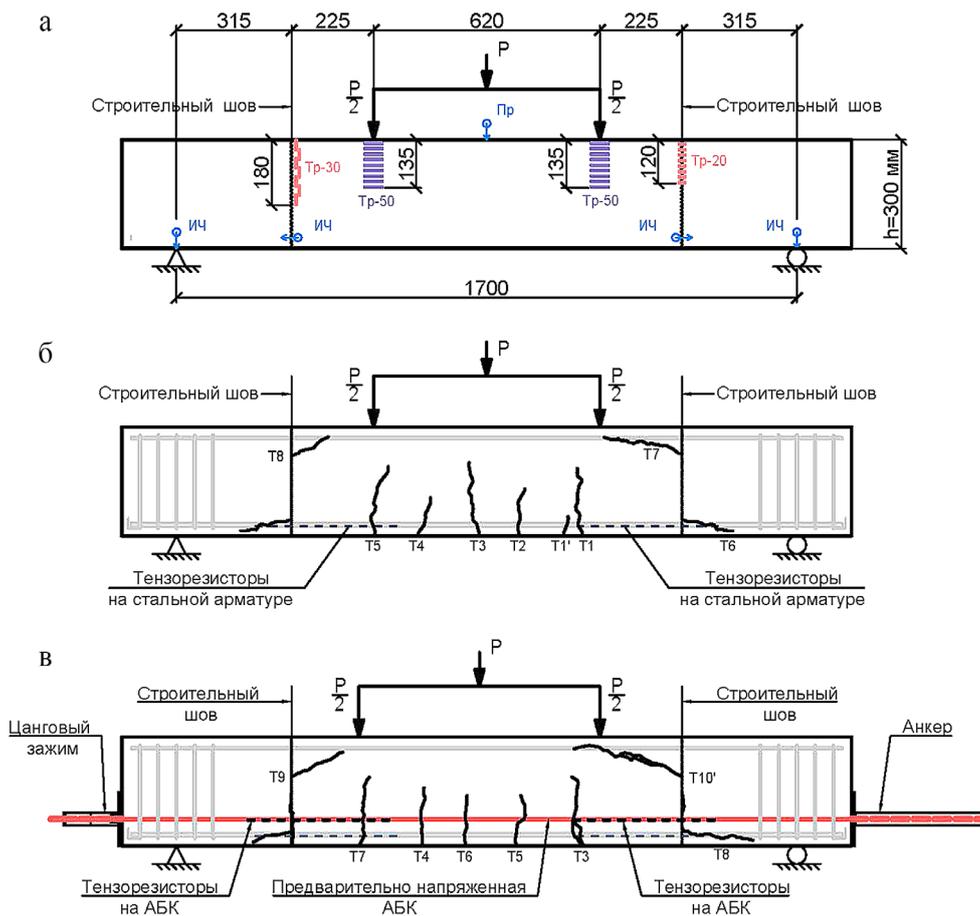


Рис. 2. Схема установки КИА и характер трещинообразования в балках на различных этапах нагружения:

- (а-в) – схема установки КИА на бетоне балок, на стальной арматуре и АБК;
- б) – характер трещинообразования балки Б1;
- в) – характер трещинообразования балки Б2

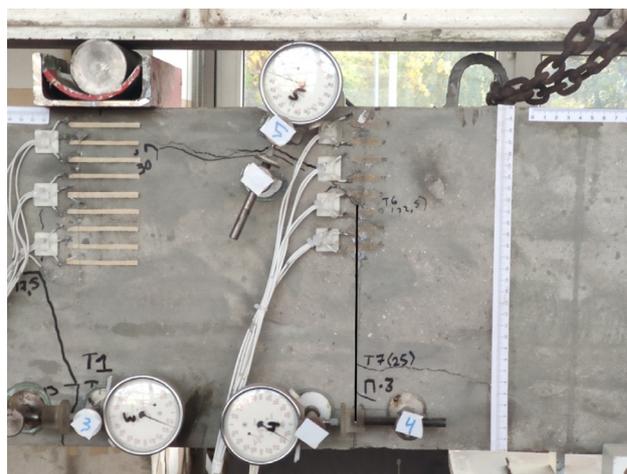


Рис. 3. Характер трещинообразования балки Б3:

- а) – по длине пролета; б) – в зоне межблочного строительного шва

Необходимо отметить, что балка Б3 (этап 2) в сравнении с балками Б1 и Б3 (этап 1) полностью восстановила свою несущую способность за счет предварительного натяжения базальтокомпозитной арматуры

при нехрупком разрушении, превышающем показатели вышеуказанных балок в среднем на 24%.

Графики деформаций стальной арматуры в сечении по межблочному

строительному шву в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) представлены на рисунке 4, из которого следует, что при разрушающей нагрузке максимальные напряжения σ_s^m

(при модуле упругости стальной арматуры $E_s = 2,0 \times 10^5$ МПа) не превышают (равны) пределу текучести продольной стальной арматуры.

Таблица

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Опытные значения силы, Р (кН)	Для балки Б1	Для балки Б2	Для балки Б3 (этап 1)	Для балки Б3 (этап 2)
1	Сила Р, соответствующая образованию наклонных трещин из межблочных строительных швов	46,8	67,6	44,2	44,2*
2	Сила Р, соответствующая разрушению балки	57,2 Разрушение хрупкое	104,0 Разрушение нехрупкое	52,0 Разрушение хрупкое	67,6 Разрушение нехрупкое

*Наклонные трещины из межблочных строительных швов образовались при испытании балки Б3 на этапе 1.

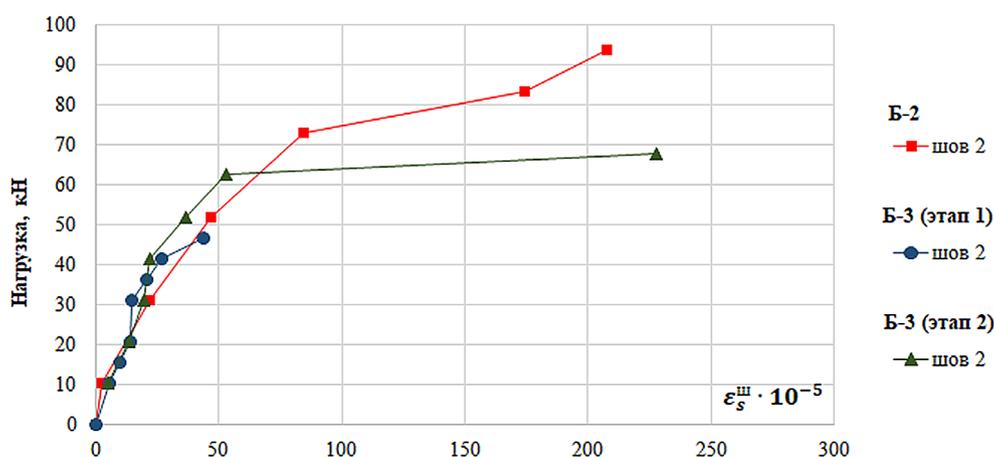


Рис. 4. Графики деформаций стальной арматуры в сечении по межблочному строительному шву в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

Графики деформаций базальтокомпозитной арматуры в сечении по межблочному строительному шву в балках Б2 и Б3 (этап 2) представлены на рисунке 5, из которого следует, что для балки Б3 (этап 2), разрушенной при наличии только стальной продольной рабочей арматуры и восстановленной предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой, при разрушающей нагрузке максимальные напряжения σ_f^m (при модуле упругости базальтокомпозитной арматуры $E_f = 0,5 \times 10^5$ МПа) достигли величины 141 МПа (с учетом предварительного напряжения $360 + 141 = 501$ МПа, что соответствует 62,5% от предела прочности АБК при растяжении).

Графики деформаций стальной и базальтокомпозитной арматуры в зоне «чисто го изгиба» балок Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) представлены на рисунках 6, 7, из которых следует, что максимальные напряжения σ_s и σ_f при разрушении балок значительно

(в $1,26 \div 2,18$ раза) ниже, чем в сечении по межблочным строительным швам (рис. 4, 5).

Таким образом, анализ опытных значений растягивающих напряжений в арматуре в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) указывает на тот факт, что применение предварительно напряженной АБК для усиления эксплуатируемых конструкций значительно снижает напряжения в рабочей стальной арматуре, обеспечивая ее сохранность, и обосновывает возможность продления срока службы эксплуатируемых ГТС.

Результаты экспериментальных исследований балок Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) по второй группе предельных состояний представлены на рисунках 8-10.

Из графика ширины раскрытия межблочных строительных швов (рис. 8) следует, что применение предварительно напряженной базальтокомпозитной арматуры для усиления балки Б3 (этап 1) привело

к тому, что значения α_{cr}^{III} при испытании Б3 (этап 2) практически одинаковы, при этом максимальные значения α_{cr}^{III} для балок

Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) не превышают допускаемую величину по СП 41.13330.2012 (п. 9.8) [10], равную 0,5 мм.

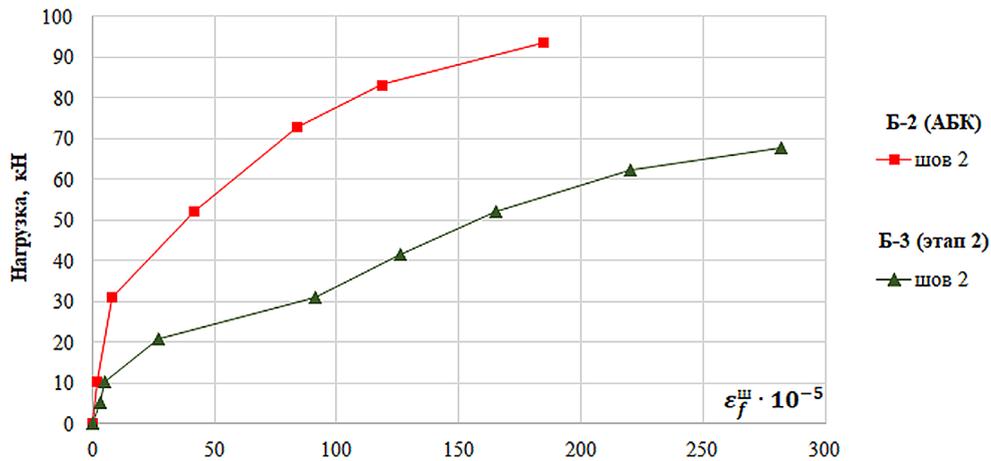


Рис. 5. Графики деформаций АБК в сечении по межблочному строительному шву в балках Б2 и Б3 (этап 2)

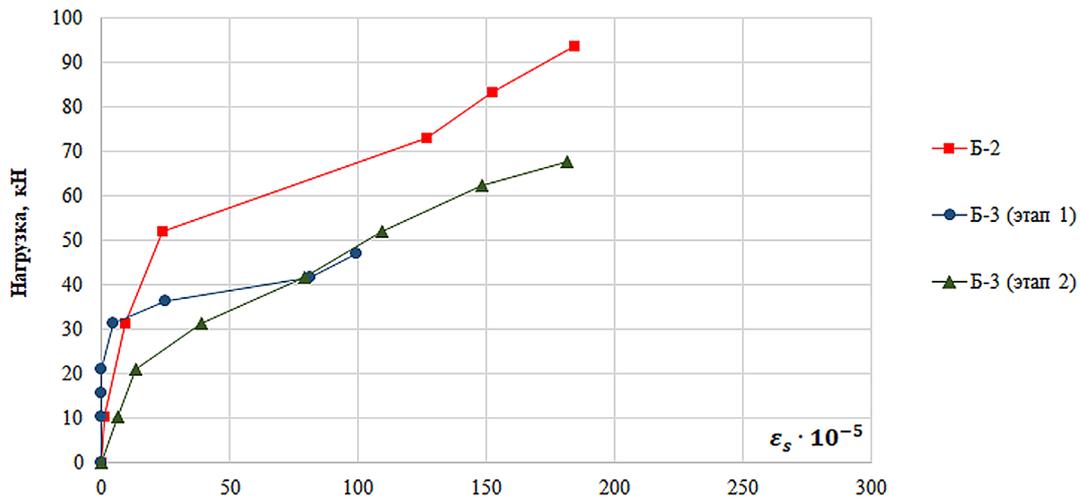


Рис. 6. Графики деформаций стальной арматуры в сечении действия силы $P/2$ в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

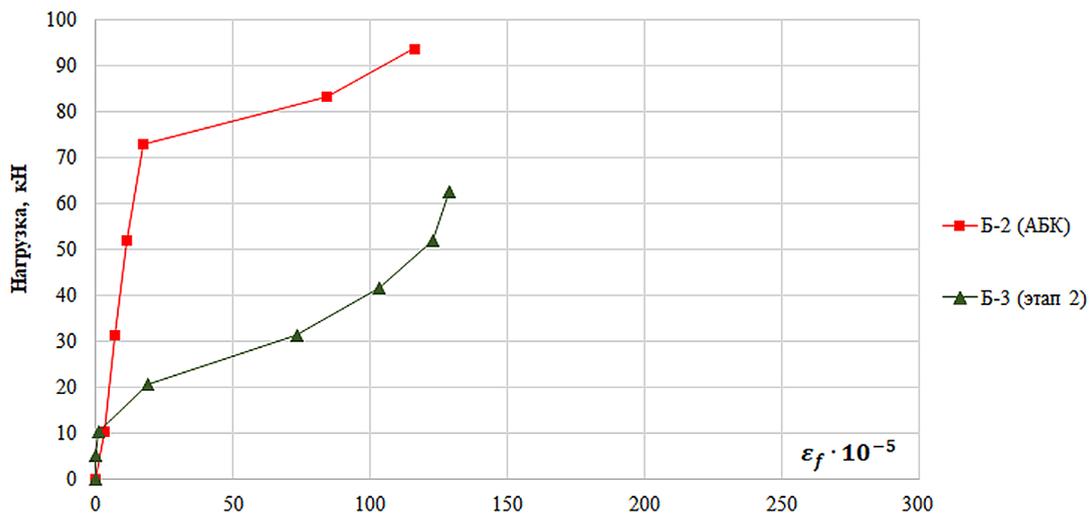


Рис. 7. Графики деформаций АБК в сечении действия силы $P/2$ в балках Б2 и Б3 (этап 2)

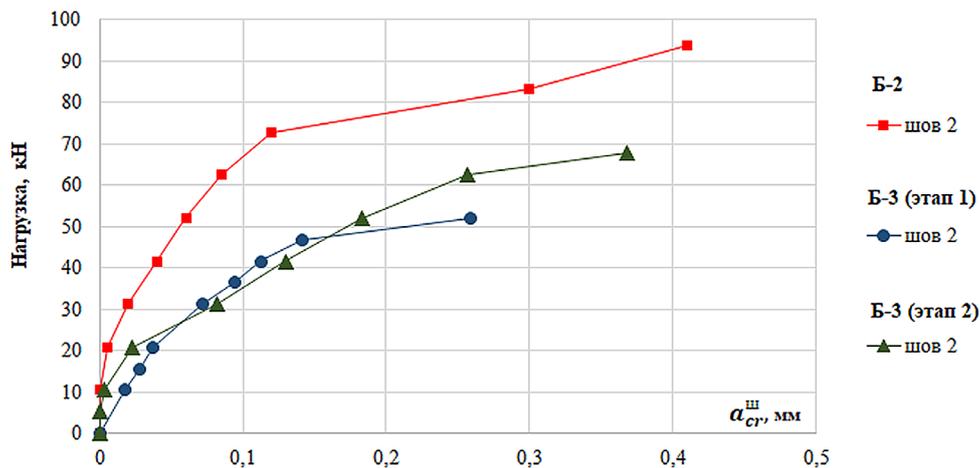


Рис. 8. Графики ширины раскрытия межблочных строительных швов в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

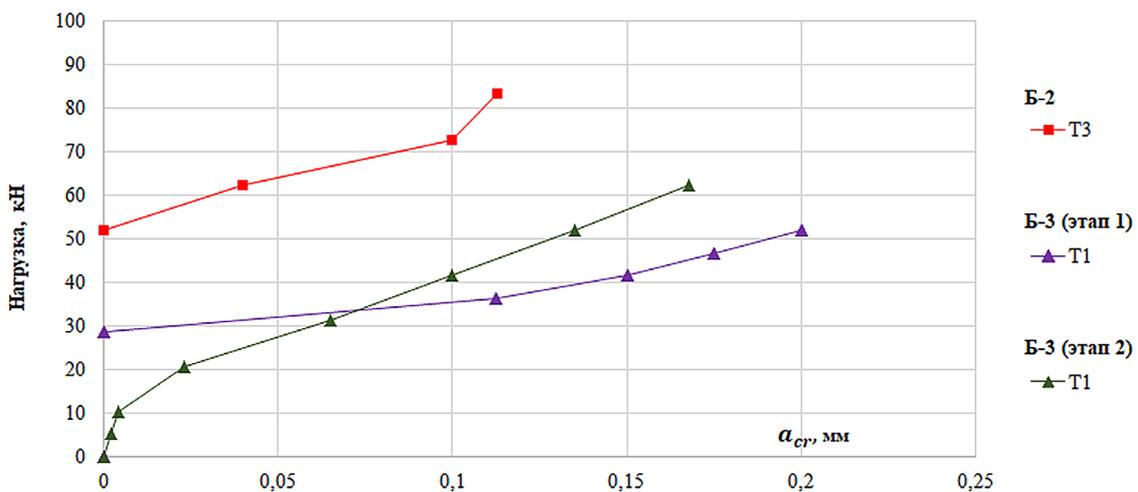


Рис. 9. Графики ширины раскрытия нормальных трещин в сечении действия силы $P/2$ в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

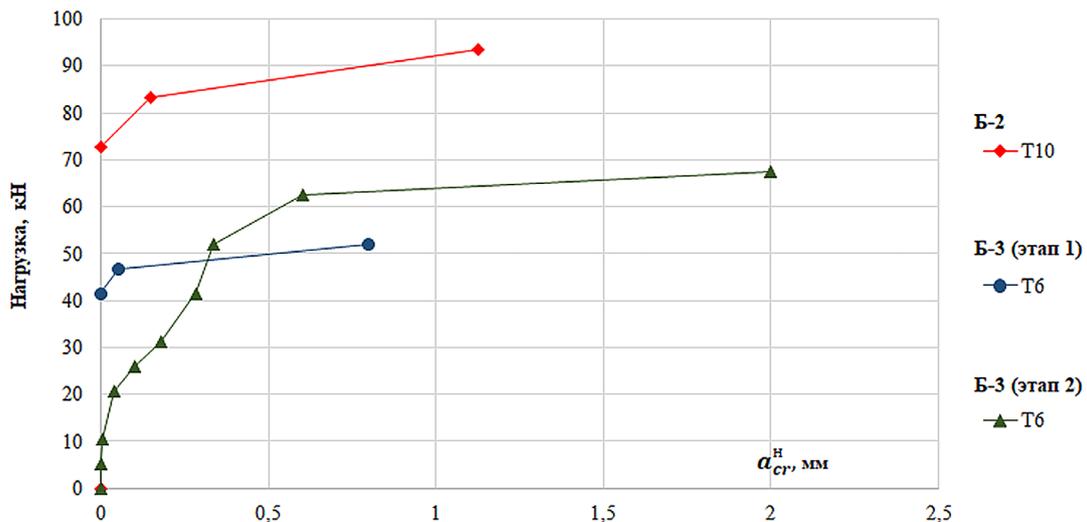


Рис. 10. Графики ширины раскрытия наклонных трещин в балках Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

Из графика ширины раскрытия нормальных трещин в зоне «чистого изгиба» (рис. 9) следует, что максимальная величина

$a_{ср}$ при разрушающей нагрузке не превышает 0,2 мм и что применение предварительно напряженно базальтокомпозитной

арматуры БЗ (этап 2) для усиления балки БЗ (этап 1) снижает ширину раскрытия нормальных трещин.

Из графика ширины раскрытия наклонных трещин (рис. 10) следует, что по величине a_{cr}^H можно судить о сдвиге

по межблочному строительному шву от действия в пролете среза (между сечением действия силы P и сечением по опоре) поперечной силы Q , которая на стадии разрушения превалирует над изгибающим моментом M .

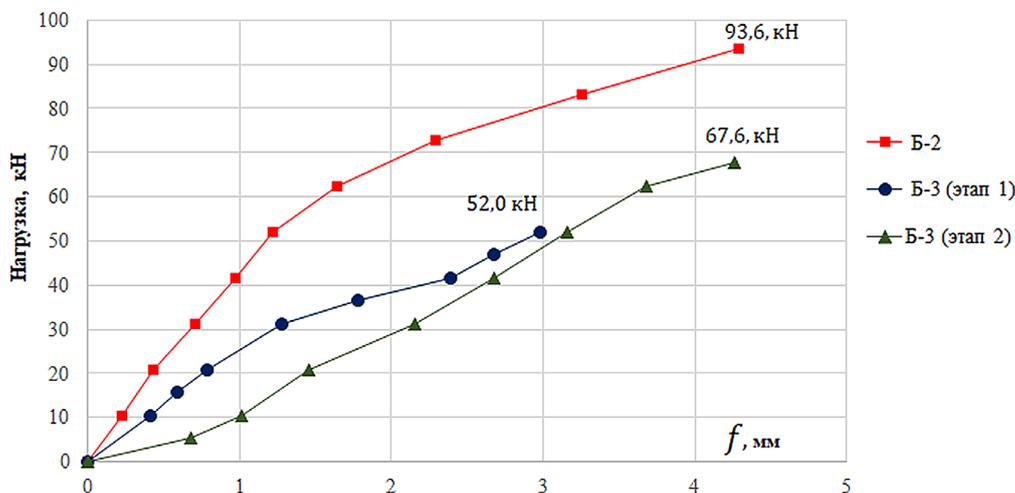


Рис. 11. Графики прогибов балок Б2 и Б3 (этапы 1 и 2)

График прогибов испытанных балок Б2 и Б3 (этапы 1 и 2) представлен на рисунке 11. Максимальный прогиб балок с применением предварительно напряженной базальтокомпозитной арматуры при разрушающей нагрузке соответствует 1/400 от пролета балок.

Выводы

1. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что усиление железобетонных конструкций ГТС, ослабленных межблочными строительными швами, предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой, позволило в полном объеме восстановить несущую способность с обеспечением нехрупкого разрушения конструкций.

2. Выявлен особый характер трещинообразования конструкций с межблочными строительными швами с предварительно напряженной АБК, что позволяет управлять процессами реализации технических решений при усилении, ремонте, реконструкции железобетонных конструкций ГТС, связанных с размещением дополнительного армирования.

3. Применение предварительно напряженной базальтокомпозитной арматуры позволило значительно снизить прогибы и ширину раскрытия межблочных строительных швов и нормальных

трещин в железобетонных конструкциях, армируемых по СП 41.13330.2012 стальной арматурой.

4. Поскольку базальтокомпозитная арматура не корродирует в водной и в других агрессивных средах, следует обратить внимание на возможность создания высокотехнологичной регулируемой системы усиления малоармированных железобетонных конструкций гидротехнических сооружений на основе управляемого предварительного напряжения АБК в течение всего срока длительной эксплуатации.

Библиографический список

1. Учет влияния строительных швов на прочность массивных железобетонных конструкций / А.П. Кириллов, В.Б. Николаев, О.Д. Рубин и др. // Гидротехническое строительство. – 1983. – № 6. – С. 33-36.
2. Рубин О.Д., Умнова Р.В. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов, продольных и поперечных сил / Сб. научных трудов Гидропроекта. Вып. 145. – М.: Гидропроект, 1991. – С. 83-95.
3. Рубин О.Д., Захаров И.Б., Лисичкин С.Е. Оценка состояния автодорожного моста Павловской ГЭС и расчетно-экспериментальное обоснование мероприятий по его усилению // Энергетическое строительство. – 1994. – № 9. – С. 47-50.

4. Лисичкин С.Е., Рубин О.Д., Камнев Н.М. Экспериментальное обоснование узла распределителя к напорному водоводу здания ГЭС гидроузла Аль Вахда // Гидротехническое строительство. – 1998. – № 6. – С. 52-56.

5. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Фролов К.Е. Результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций ГТС, имеющих межблочные строительные швы, усиленных внешним армированием из углеродного волокна // Вестник МГСУ. – 2018. – Вып. 9. – Т. 13. – С. 1067-1079.

6. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Фролов К.Е. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций гидротехнических сооружений с блочными швами, усиленных системой внешнего армирования // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2018. – № 3. – С. 198-204

7. Уманский А.М., Беккер А.Т. Применение базальтопластиковой арматуры в конструкциях морских гидротехнических сооружений // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2016. – Т. 282. – С. 61-75.

8. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М. – 2012. – 161 с.

9. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. – М.: Стандартинформ, 2017. – 55 с.

10. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87. – М.: Стандартинформ, 2012. – 67 с.

Материал поступил в редакцию 03.11.2020 г.

Сведения об авторах

Рубин Олег Дмитриевич, доктор технических наук, директор филиала АО «Институт Гидропроект» – «НИИЭС»; 125080, г. Москва, шоссе Волоколамское, 2; rubinod@niies.ru

Лисичкин Сергей Евгеньевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник филиала АО «Институт Гидропроект» – «НИИЭС»; 125080, г. Москва, шоссе Волоколамское, 2; lisichkin1989@rambler.ru

Зюзина Оксана Валерьевна, аспирант АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»; 195220, Санкт-Петербург, Гжатская, 21; zuzinaov@vniig.ru

O.D. RUBIN¹, S.E. LISICHKIN¹, O.V. ZYUZINA²

¹ Branch of JSC “Design and survey and research Institute “Gidroproekt” named after S.Ya. Zhuk” – “Research Institute of power structures”, Moscow, Russian Federation

² Joint-Stock company «All-Russian research institute of hydraulic engineering named after B.E. Vedeneev», Saint-Petersburg, Russian Federation

THE INFLUENCE OF BASALT-COMPOSITE PRESTRESSED REINFORCEMENT ON THE OPERATION OF LOW-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH INTERBLOCK CONSTRUCTION JOINTS

It is proposed to use prestressed basalt composite reinforcement to strengthen reinforced concrete structures of hydraulic structures. In order to substantiate technical reinforcement of reinforced concrete structures of hydraulic structures with prestressed basalt composite reinforcement, experimental studies were carried out. For experimental studies, reinforced concrete beam-type structures with vertical interblock construction joints were adopted. The results of experimental studies of reinforced concrete models of beam type with interblock joints reinforced with prestressed basalt composite reinforcement by the method of tension “on concrete” are presented. The models are tested for bending moment and transverse force. A special character of cracking is noted; full restoration of the bearing capacity of reinforced concrete structures, weakened by interblock construction joints, was recorded due to the reinforcement of prestressed basalt composite reinforcement.

Hydraulic structures, reinforced concrete structures, interblock construction joints, basalt composite reinforcement, prestressing, reinforcement of reinforced concrete structures, experimental studies, cracking in structures, restoration of bearing capacity.

References

1. Uchet vliyaniya stroitelnyh shvov na prochnost massivnyh zhelezobetonnyh

konstruktsij / Kirillov A.P., Nikolaev V.B., Rubin O.D. i dr. // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1983. – № 6. – S. 33-36.

2. **Rubin O.D., Umnova R.V.** Experimentalnye issledovaniya zhelezobetonnykh konstruksij pri dejstvii izgibayushchih momentov, prodolnyh i poperechnykh sil // Sb. Nauchnykh trudov Hidroproekta. Vyp. 145. – M.: Hidroproekt, 1991. – S. 83-95.

3. **Rubin O.D., Zaharov I.B., Lisichkin S.E.** Otsenka sostoyaniya avtodorozhnogo sostoyaniya avtodorozhnogo mosta Pavlovskoj GES i raschetno-experimentalnoe obosnovanie meropriyatij po ego usileniyu // Energeticheskoe stroitelstvo. – 1994. – № 9. – S. 47-50.

4. **Lisichkin S.E., Rubin O.D., Kamnev N.M.** Experimentalnoe obosnovanie uzla raspredelatelya k napornomu vodovodu zdaniya GES gidrouzla Al Vahda. // Hidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1998. – № 6. – S. 52-56.

5. **Rubin O.D., Lisichkin S.E., Frolov K.E.** Rezultaty experimentalnykh issledovaniy zhelezobetonnykh konstruksij GTS, imeyushchih mezhiblochnye stroitelnye shvy, usilennykh vneshnim armirovaniem iz uglerodnogo volokna // Vvstnik MGSU. – 2018. – t. 13. Vyp. 9. – S. 1067-1079.

6. **Rubin O.D., Lisichkin S.E., Frolov K.E.** Experimentalnye issledovaniya zhelezobetonnykh konstruksij gidrotehnicheskikh sooruzhenij s blochnymi shvami, usilennykh sistemoy vneshnego armirovaniya // Stroitel'naya mehanika inzhenernykh konstruksij i sooruzhenij. – 2018. – № 3. – S. 198-204

7. **Usmansky A.M., Bekker A.T.** Primenenie bazaltoplastikovoy armatury v konstruksijah morskikh gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneva. – 2016. – T. 282. – S. 61-75.

8. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonny konstruksij. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 52-01-2003. – M.: Standartinform, 2012. – 161 s.

9. SP 295.1325800.2017. Konstruksij betonnye, armirovannye polimernoj kompozitnoj armaturoj. Pravila proektirovaniya. – M.: Standartinform. – 2017. – 55 s.

10. SP 41.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye konstruksij gidrotehnicheskikh sooruzhenij. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.06.08-87. – M. – 2012. – 67 s.

Information about the authors

Rubin Oleg Dmitrievich, doctor of technical sciences, director of the Branch AO «Institute Hidroproekt» – «NIIES»; 125080, Moscow, shosse Volokolamskoe, 2; rubinod@niies.ru

Lisichkin Sergej Evgenjevich, doctor of technical sciences, chief researcher of the Branch AO «Institute Hidroproekt» – «NIIES»; 125080, Moscow, shosse Volokolamskoe, 2; lisichkin1989@rambler.ru

Zyuzina Oksana Valerjevna, postgraduate JSC «VNIIG named after B.E. Vedenev»; zyuzinaov@vniig.ru

УДК 502/504: 626/627:620.92:627.223.5

DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-59-67

А.М. БАКШТАНИН, А.П. КРЫЛОВ, Т.И. МАТВЕЕВА, Э.С. БЕГЛЯРОВА

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

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА СЕВЕРНОЙ ПРИЛИВНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Развитие приливной гидроэнергетики является как никогда актуальным. Приливная энергия – единственная гарантированная энергия нашей планеты в течение всего периода использования, так как ее гарантом являются неизменяемые в обозримом будущем космические силы. Для оптимизации выработки электроэнергии турбины ПЭС должны использоваться в нескольких режимах, выбор которых зависит от необходимой в данный момент мощности, потребностей и возможностей других производителей электроэнергии. Если для ТЭС и АЭС нужны нефть, газ, уголь, уран; для ГЭС – речная вода (а сейчас – маловодный период); для волновых, ветровых и солнечных электростанций необходимы солнце и ветер, – то для ПЭС в любом створе Мирового Океана выработка электроэнергии зависит лишь от притяжения Луны, и величину получаемой энергии можно точно определить за любой промежуток времени на весь период эксплуатации. Поэтому и управлять ПЭС можно на расстоянии за сотни километров (пример – ПЭС Ранс), оставляя на станции лишь охрану. Успешная реализация проекта Северной ПЭС и его инновационных