



DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-190-202

УДК 626.01

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ СТАНЦИОННОГО УЗЛА В СЛУЧАЕ НЕРАВНОМЕРНОЙ ОСАДКИ И ПРИ ВЫРАВНИВАНИИ ЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

А.В. Александров

Проектно-изыскательский

и научно-исследовательский институт «Гидропроект» им. С.Я. Жука
Российская Федерация, 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 2

После неравномерной осадки здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 в его железобетонных конструкциях возникло напряженно-деформированное состояние, которое явилось следствием изгиба здания ГАЭС-2 поперек потока. В железобетонных конструкциях возникли трещины, а в арматуре, которую пересекают образовавшиеся трещины, возникли значительные по величине растягивающие напряжения. Рабочее расчетное армирование располагается вдоль потока. Для стабилизации положения здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 предусматривали возведение временной перемычки реверсивного канала и понижение уровня воды в котловане здания ГАЭС-2. После этапа стабилизации планировалось выравнивание положения здания станционного узла методом компенсационного нагнетания. На основе пространственных конечно-элементных моделей здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 с основанием было выполнено определение напряженно-деформированного состояния несущих железобетонных конструкций после его неравномерной осадки и для периода выравнивания положения здания ГАЭС-2. Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния, сформировавшегося после неравномерной осадки здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 и понижения уровня воды в котловане здания ГАЭС-2, согласовывались с натурными данными о напряжениях в арматуре, полученными методом разгрузки арматуры. Анализ результатов расчетов напряженно-деформированного состояния показал, что требуется усиление несущих железобетонных конструкций здания станционного узла Загорской ГАЭС-2. Разработаны и обоснованы проектные решения по усилению несущих железобетонных конструкций здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 внешним армированием на основе углеродного волокна.

Ключевые слова: здание станционного узла, неравномерная осадка, несущие железобетонные конструкции, напряженно-деформированное состояние, трещины, напряжения в арматуре, внешнее армирование, управляемое компенсационное нагнетание

После неравномерной осадки здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 в его железобетонных конструкциях возникло напряженно-деформированное состояние (НДС), которое явилось следствием изгиба здания ГАЭС-2 поперек потока, при этом в работу включилась арматура, которая при проектировании принималась как конструктивная (рабочее расчетное армирование размещается вдоль

потока). В арматуре, которую пересекают образовавшиеся трещины, возникают растягивающие напряжения.

Первоочередные мероприятия по восстановлению эксплуатационных свойств здания ГАЭС-2 предусматривали возведение временной перемычки реверсивного канала и понижение уровня воды в котловане здания ГАЭС-2 с последующей стабилизацией его положения.

При понижении уровня воды в котловане (т.е. при уменьшении выталкивающей силы воды, действующей на здание ГАЭС-2) вызывало опасение увеличение осадки правобережного участка здания ГАЭС-2, в том числе скачкообразный рост осадки здания ГАЭС-2 в случае нарушения контакта с сопрягающей подпорной стенкой ПС-3. При этом ожидалось повышение растягивающих напряжений в арматуре (направленной поперек потока) верхних конструкций здания ГАЭС-2 (в первую очередь в перекрытии на отм. 166,4 м).

Перечисленные обстоятельства потребовали усиления железобетонных конструкций здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 в период понижения уровня воды в котловане, а также в период выравнивания положения здания ГАЭС-2 с использованием метода компенсационного нагнетания.

Для этих целей на основе представленных ниже результатов расчетных исследований НДС несущих железобетонных конструкций здания ГАЭС-2 были разработаны проектные решения по их усилению композиционными материалами из углеродных волокон (в первую очередь перекрытия, расположенного на отм. 166,4 м) с учетом зарубежного и отечественного опыта [1—7].

При проведении расчетных исследований НДС несущих железобетонных конструкций учитывались конструктивные особенности здания Загорской ГАЭС-2 (рис. 1).

Следует отметить, что конструкция здания ГАЭС-2 размерами в плане 106×74 м представляет собой сложную пространственную систему массивных гидротехнических конструкций: монолитных стен (в том числе щитовой стены со стороны нижнего бьефа), плит перекрытий, колонн и др., выполненных из бетона класса В25 с армированием класса А500С.

В настоящее время железобетонные конструкции здания ГАЭС-2 находятся в напряженно-деформированном состоянии, сформировавшемся вследствие неравномерной осадки здания и понижения уровня воды в котловане с отм. 162,5 м до отм. 129,0 м.

В мировой инженерно-строительной практике отсутствует опыт расчетного обоснования и практической реализации сопоставимых по параметрам проектов выравнивания сооружений.

Расчеты НДС несущих конструкций проводились с целью обоснования возможности восстановления здания Загорской ГАЭС-2 путем его выравнивания методом управляемого компенсационного нагнетания и восстановительного усиления железобетонных конструкций.

Восстановление здания Загорской ГАЭС-2 является уникальной строительной операцией, требующей нестандартного подхода как в части расчетно-теоретических вопросов, так и в части организации и поэтапности выполнения расчетного обоснования проекта.

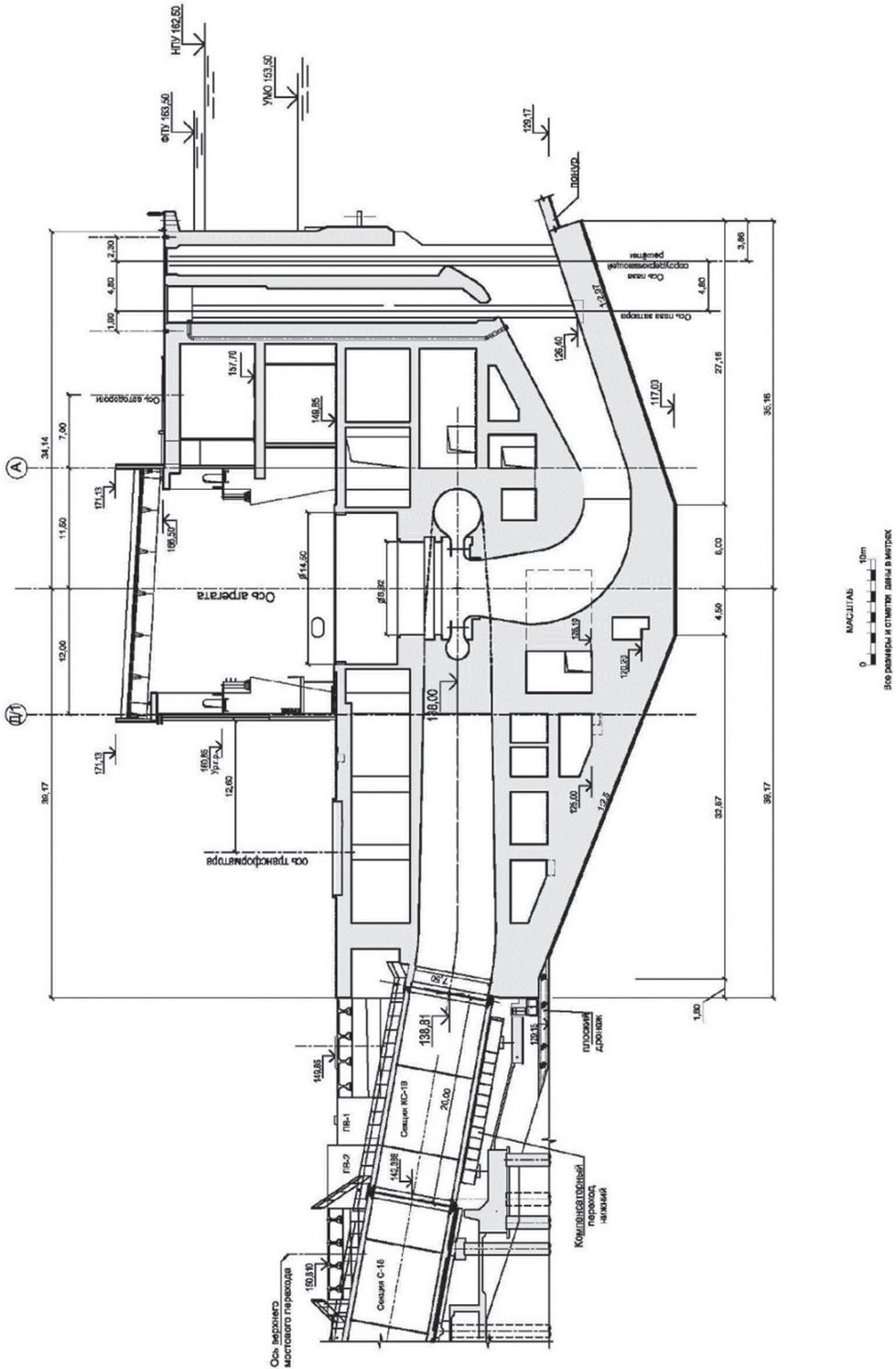


Рис. 1. Конструкция здания ГАЭС-2 в сечении вдоль потока
 [Fig. 1. Structure of Zagorsk-2, cross-section along the flow]

Задача математического моделирования просадки и выравнивания здания Загорской ГАЭС-2 методом компенсационного нагнетания выходит за пределы современной практики расчетного обоснования гидротехнических сооружений по таким параметрам, как величина пространственных перемещений здания, величина относительных деформаций грунта, степень трещиноватости железобетонных конструкций, находящихся в работе.

Расчетные исследования НДС несущих железобетонных конструкций здания ГАЭС-2 проводились в АО «Институт Гидропроект» на основе конечно-элементных моделей в рамках программного вычислительного комплекса ANSYS, при разработке которых учитывались результаты выполненных визуальных и инструментальных обследований (в том числе определение фактических напряжений методом разгрузки арматуры), а также мероприятия, предусмотренные при выполнении работ по стабилизации и выравниванию положения здания ГАЭС-2 (методом компенсационного нагнетания) с учетом результатов расчетов НДС основания, а также опыта моделирования работы гидротехнических сооружений [8—10].

При этом на первой стадии расчетных исследований была разработана пространственная конечно-элементная модель, в рамках которой воспроизводились особенности конструкции здания ГАЭС-2, особенности инженерно-геологического строения основания сооружения, снижение свойств основания в период непроектной осадки, свойства материалов заполнения пустот в основании (на стадии стабилизации положения здания ГАЭС-2), особенности нагрузок в период непроектной осадки, в период стабилизации положения, в период выравнивания и др. Вид пространственной конечно-элементной модели представлен на рис. 2.

На последующей стадии расчетных исследований выполнялась разработка более подробных конечно-элементных моделей выделенных характерных фрагментов конструкций здания ГАЭС-2 (нагруженных по контуру усилиями, полученными из решения общей задачи), в которых воспроизводилось трещинообразование, выявленное при обследованиях; фактическое армирование; нарушение сцепления арматуры с бетоном в зонах трещин и др. В качестве примера представлена схема моделирования арматурных стержней в железобетонных конструкциях (рис. 3).

При моделировании выравнивания положения здания определялись напряжения в арматуре несущих железобетонных конструкций, на основе величины которых далее определялось необходимое усиление конструкций композиционными материалами.

На последующей стадии расчетных исследований (с учетом проектных решений по усилению железобетонных конструкций внешним армированием из композитных материалов) в конечно-элементные модели включались элементы усиления конструкций (ленты из углеродного волокна), после чего расчеты НДС повторялись. При этом определялись напряжения как в существующей стержневой арматуре, так и в элементах усиления несущих конструкций, в том числе снижение растягивающих напряжений в стержневой арматуре за счет работы элементов усиления.

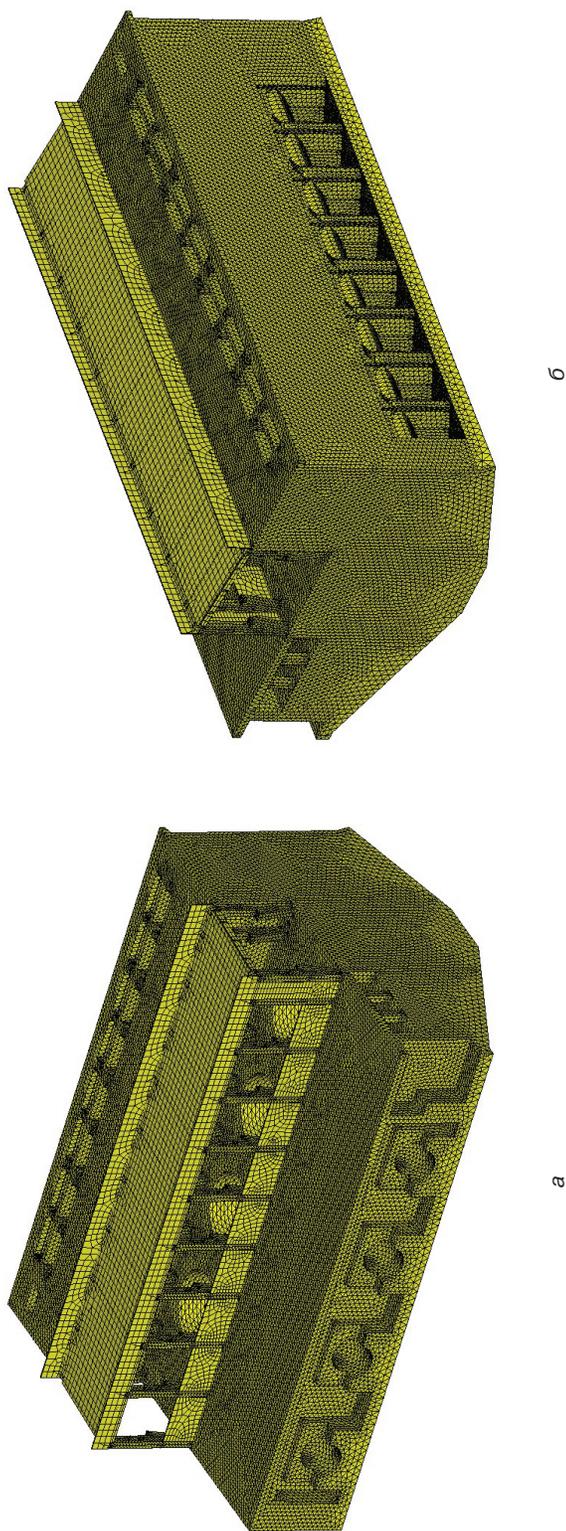


Рис. 2. Конечно-элементная модель здания ГАЭС-2: а — вид со стороны верхнего бассейна; б — вид со стороны нижнего бассейна
[Fig. 2. Finite element model of Zagorsk-2 structure: а — view from the upper basin side; б — view from the lower basin]

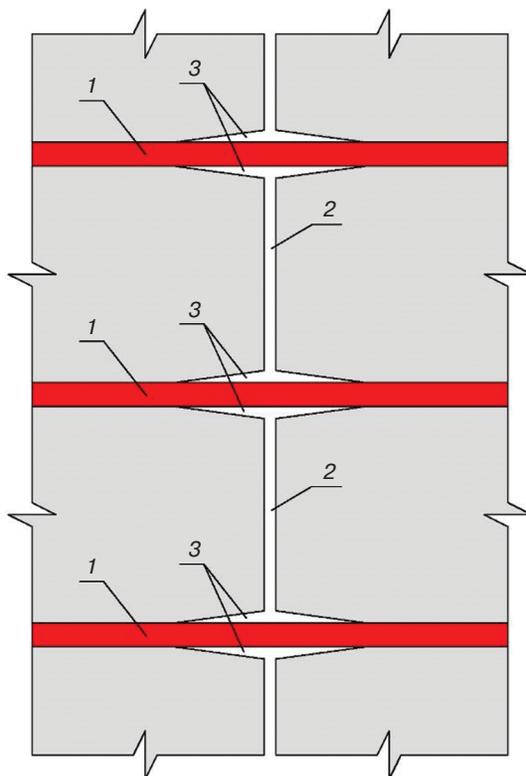


Рис. 3. Моделирование нарушения сцепления арматуры с бетоном в зоне вертикальной трещины: 1 — горизонтальная арматура; 2 — вертикальная трещина; 3 — участки нарушенного сцепления
[**Fig. 3.** Modeling of reinforcement to concrete bond failure in the region of vertical crack: 1 — horizontal reinforcement; 2 — vertical crack; 3 — regions of bond failure]

Определение фактического напряженно-деформированного состояния несущих конструкций станционного узла после неравномерной осадки

Результаты проведенных расчетов НДС указанных выше основных несущих конструкций здания Загорской ГАЭС-2 согласуются с данными инструментального исследования на основе применения метода разгрузки арматуры (таблица).

Результаты расчетов показывают, что в арматуре перекрытий и стен здания ГАЭС-2, направленной поперек потока, действуют растягивающие напряжения от 8,2 МПа до 243,0 МПа, которые не превышают предельно допустимых по нормам значений (расчетного сопротивления арматуры 435 МПа и нормативного сопротивления 500 МПа); при этом своих наибольших значений напряжения достигают на верхних отметках сооружения и плавно убывают с уменьшением отметок. В фундаментной плите здания ГАЭС-2 расположена сжатая зона.

Таблица

Результаты сопоставления расчетных и натуральных результатов определения фактических напряжений (МПа) в арматуре несущих железобетонных конструкций здания ГАЭС-2
[Table. Results of comparison of analytical and actual in-situ stresses (MPa) in the reinforcement of RC elements in Zagorsk-2 structure]

Отметка, м [Elevation, m]	Конструкция [Structure element]	Расчетные значения [Analytical values]	Натурные значения (методом «разгрузки арматуры» и по показаниям ПСАС) [Actual in-situ values (by “reinforcement de-stressing” method and by reinforcement force transducer measurements)]
166,40	Перекрытие в/о 7-8 (в районе трещины № 11) [floor deck along axes 7-8 (in the region of crack No. 11)]	250,0	243,0
166,40	Консоль стены НБ в/о 6-7 (в районе трещины № 38) [cantilever part of lower basin wall along axes 6-7 (in the region of crack No. 38)]	187,5	185,0
151,35	щитовая стена в/о 7-8 (пом. № 007.1) [panel wall along axes 7-8 (room No. 007.1)]	164,0	157,3
149,85	Перекрытие в/о 5-6 (в районе трещины № 13) [floor deck along axes 5-6 (in the region of crack No. 13)]	156,0	182,0
144,20	щитовая стена в/о 6-7 (пом. № 049) [panel wall along axes 6-7 (room No. 049)]	93,0	74,1
142,70	Перекрытие в/о 8-9 (в районе трещины № 28) [floor deck along axes 8-9 (in the region of crack No. 28)]	115,0	108,0
123,50	Верх фундаментной плиты в/о 7-8 (отсасывающая труба) [top of the foundations lab along axes 7-8 (in take aspiration pipe)]	6,0	8,2
120,50	Низ фундаментной плиты [bottom of the foundations lab]	-23,0	-35,0 (ПСАС)

Рекомендации по усилению несущих конструкций при понижении уровня воды в котловане станционного узла и различных вариантах взаимодействия с подпорной стеной ПС-3

На основе результатов расчетов фактического НДС и изменения НДС при понижении уровня воды в котловане здания ГАЭС-2 было определено необходимое усиление конструкций:

— на участках перекрытия на отм. 166,4 м потребовалось установить три слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм ($5,29 \text{ см}^2$ на 1 пог. м) в направлении поперек потока и два слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм — вдоль потока ($3,53 \text{ см}^2$ на 1 пог. м);

— на участках перекрытия на отм. 157,7 м потребовалось установить два слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм ($3,53 \text{ см}^2$ на 1 пог. м) в направлении поперек потока и один слой углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм — вдоль потока ($1,76 \text{ см}^2$ на 1 пог. м);

— на участках перекрытия на отм. 149,85 м потребовалось установить три слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм ($5,29 \text{ см}^2$ на 1 пог. м) в направлении поперек потока и два слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм — вдоль потока ($3,53 \text{ см}^2$ на 1 пог. м);

— на участках щитовой стены в отм. 157,7—164,9 м и в отм. 149,85 м — 156,7 м потребовалось установить два слоя углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм ($3,53 \text{ см}^2$ на 1 пог. м) в горизонтальном направлении и один слой углеродной ленты шириной 300 мм с просветами 200 мм — в вертикальном направлении ($1,76 \text{ см}^2$ на 1 пог. м).

Представленные результаты были реализованы в проекте усиления железобетонных конструкций здания ГАЭС-2.

Результаты расчетов НДС и рекомендации по усилению несущих конструкций при выравнивании положения здания станционного узла

Результаты расчетов НДС для стадии выравнивания положения здания ГАЭС-2 показали, что возникает определенное растяжение в несущих конструкциях, расположенных в диапазоне от отметки 117,0 м до отметки около 132,0 м (т.е. в трех конструкциях, в которых после непроектной осадки возникло сжатие или незначительное растяжение); при этом максимальные растягивающие напряжения в арматуре направленной поперек потока составили:

- в фундаментной плите мокрой потерны на отм. 119,5 м — 61,3 МПа;
- фундаментной плите отсасывающих труб на отм. 121,5 м — 114,5 МПа;
- перекрытии на отм. 125,1 м — 113,5 МПа.

В железобетоне несущих конструкций, расположенных выше, отмечалось повсеместное сжатие.

На основе анализа полученных результатов было рекомендовано выполнить усиление несущих конструкций (расположенных в диапазоне от отметки 117,0 м до отметки около 132,0 м) внешним армированием с применением композитных материалов из углеродного волокна (с учетом опыта разработки технических по усилению конструкций перекрытий на отметках 149,85—166,4 м, а также щитовой стены в отметках 149,85—164,9 м для стадии понижения уровня воды в котловане здания ГАЭС-2).

Усиление внешним армированием производилось с использованием углеродной ткани FibArm Tape 530/300 (шириной 300 мм и толщиной волокон 0,294 мм) и связующего FibArm Resin 530+.

Расчетное сопротивление углеродной ткани растяжению принималось равным 2160 МПа, модуль деформации — 245000 МПа.

Представленные выше результаты расчетов были реализованы в проекте усиления несущих железобетонных конструкций здания станционного узла.

На рисунке 4 показан фрагмент разреза здания по потоку (пунктиром обозначены конструктивные элементы, подлежащие усилению). На рисунке 5 приведена схема усиления перекрытия на отм. 166,4 м.

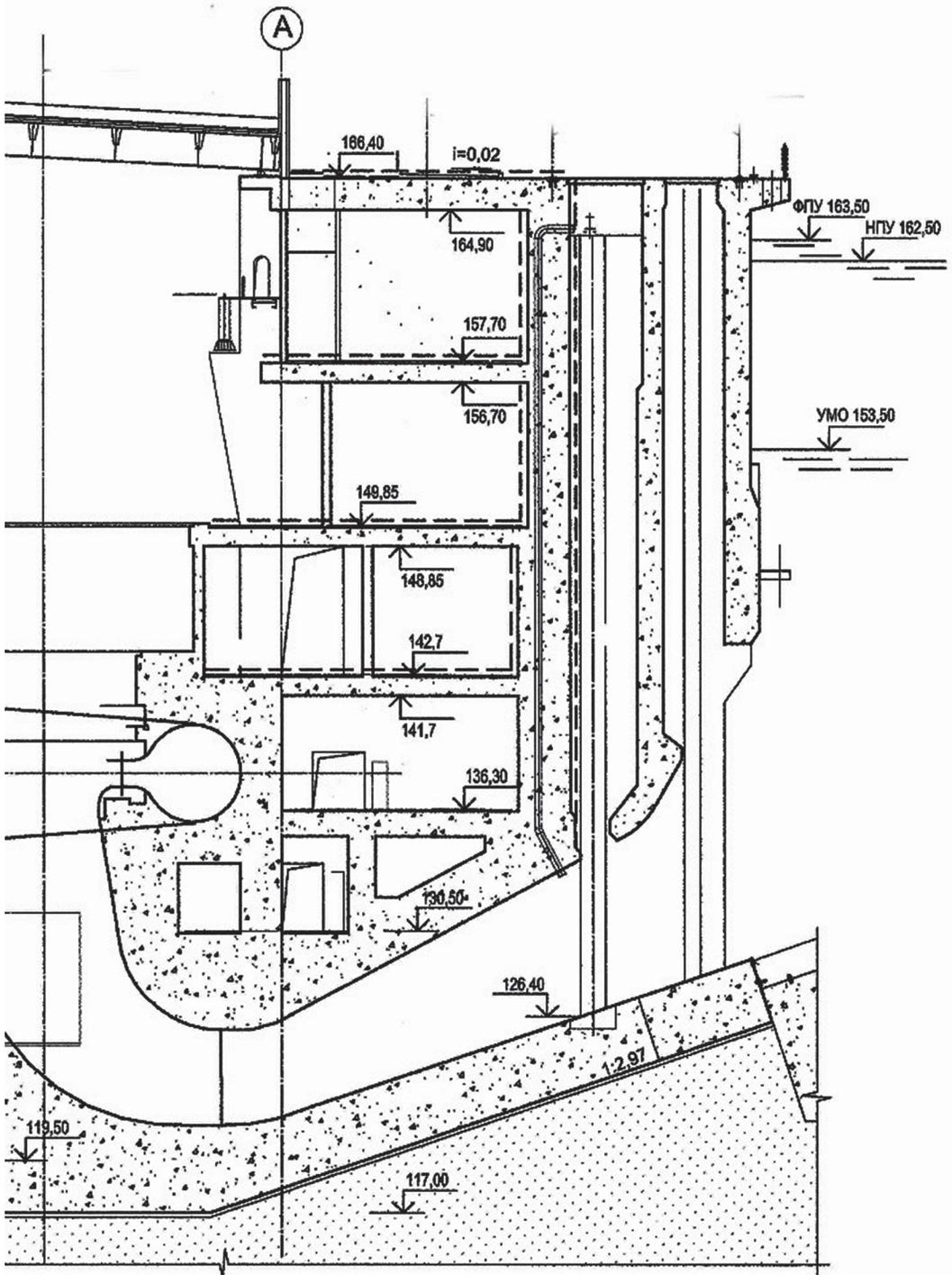


Рис. 4. Схема усиления
[Fig. 4. Strengthening scheme]

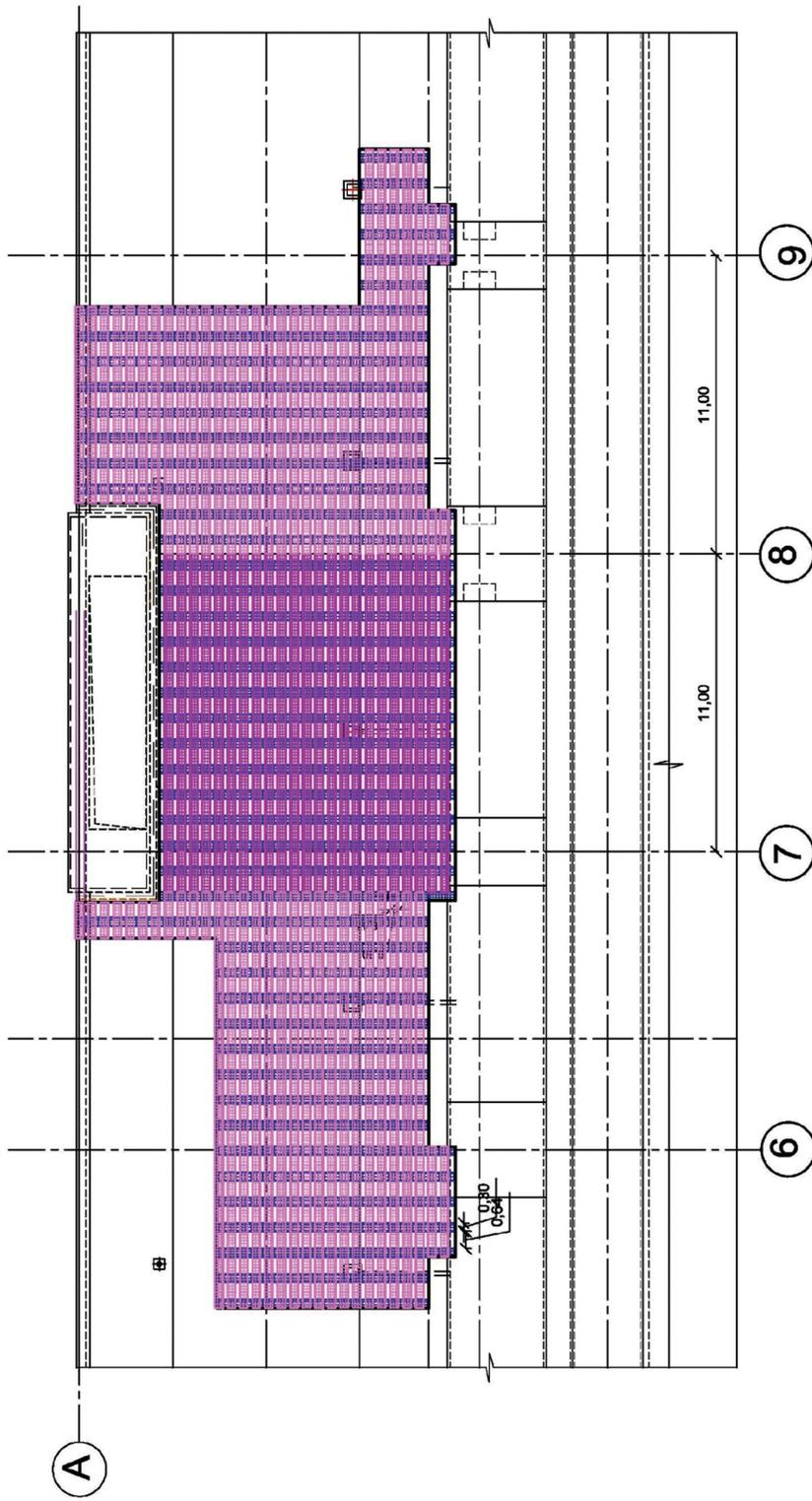


Рис. 5. Схема усиления перекрытия на отм. 166,40 м
[Fig. 5. Strengthening scheme of floor deck at 166.40 m elevation]

Выводы

На основе разработанных пространственных конечно-элементных моделей и выделенных характерных фрагментов несущих железобетонных конструкций были выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций здания станционного узла.

Расчетные исследования НДС несущих железобетонных конструкций здания ГАЭС-2 выполнялись для определения фактического состояния, сформировавшегося после неравномерной осадки и понижения уровня воды в котловане здания станционного узла, а также при планируемом выравнивании его положения.

Результаты расчетов НДС несущих железобетонных конструкций здания станционного узла после непроектной осадки согласуются с данными натурального определения фактических напряжений в арматуре методом разгрузки арматуры.

На основе анализа результатов расчетов НДС железобетонных конструкций здания станционного узла определено требуемое для их усиления количество внешнего армирования из углеродного волокна.

Разработаны проектные решения по усилению несущих железобетонных конструкций здания станционного узла внешним армированием на основе углеродного волокна.

На последующих этапах работы по выравниванию здания ГАЭС (с учетом результатов натурального эксперимента на опытном участке) рекомендуется использовать разработанные методики конечно-элементного моделирования в рамках расчетов системы «задние ГАЭС — основание» в пространственной постановке, связанные с нелинейным моделированием грунтов и нелинейным моделированием трещиноватого железобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Sandeep S. Pendhari, Tarun Kant, Yogesh M. Desai. Application of polymer composites in civil construction: A general review // Composite Structures. 2008. № 84. Pp. 114—124.
- [2] Einde L.V.D., Zhao L., Seible F. Use of FRP composites in civil structural application // Constr. Build Mater. 2003. №17. Pp. 389 M.R. 403.
- [3] Duell, J.M., Wilson, J.M., Kessler, M.R. Analysis of a carbon composite overwrap pipeline repair system // International Journal of Pressure Vessels and Piping. 85(2008). Pp. 782—789.
- [4] Mohitpour M., Golshan H., Murray A. Pipeline design and construction: a practical approach // ASME Press. New York, 2003. Pp. 499—518.
- [5] Чернявский В.Л. Система ремонта и усиления строительных конструкций // Гидротехника. 2010—2011. № 4(21)—5(22). С. 60—63.
- [6] Сердюк А.И., Чернявский В.Л. Опыт усиления строительных конструкций композиционными материалами при реконструкции Баксанской ГЭС // Гидротехника. № 3(32). 2013. С. 115—117.
- [7] Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Балагуров В.Б., Александров А.В. Новая технология ремонта ГТС посредством армирования композитными материалами // Изв. ВНИИГ. Т. 280. 2016. С. 3—10.
- [8] Lisichkin S.E., Rubin O.D., Shakars I.É., and Novikov S.P. “Assessment of the stress-strain state of the left block of the Płaviņas hydroelectric station powerhouse with consideration of the data of on-site observations”. Gidrotekh. Stroit., No. 2. 47—53 (1998).

- [9] *Rubin O.D., Lisichkin S.E., Grebenshchikov V.P., Tsybakov V.A., Nefedov A.V., Katanov A.D., and Ponomarev D.I.* “Analysis of a reliability assurance solution for the structure of spillway No. 2 of the concrete dam at the Boguchanskaya HPP”. *Izv. VNIIG. Beton. Zhelezobet. Hidrotekh. Sooruzh.*, 244, 227—233 (2005).
- [10] *Rubin O.D., Lisichkin S.E., Lyapin O.B., and Nefedov A.V.* “Research on concrete and reinforced concrete power-generating structures”. *Gidrotekh. Stroit.*, No. 8/9. 22—28 (1999).

© Александров А.В., 2018

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 10 февраля 2018

Дата принятия к печати: 11 апреля 2018

Для цитирования:

Александров А.В. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния здания станционного узла в случае неравномерной осадки и при выравнивании его положения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. Т. 19. № 2. С. 190—202. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-190-202

Сведения об авторе:

Александров Андрей Викторович — инженер, заместитель главного инженера по организации строительства и архитектуре, АО «Институт Гидропроект». *Область научных интересов:* гидротехническое строительство, восстановление железобетонных сооружений после непроектных осадок, усиление железобетонных конструкций композитными материалами. *Контактная информация:* e-mail: a.aleksandrov@hydroproject.ru

NUMERICAL MODELLING OF POWERHOUSE STRUCTURE STRESS-STRAIN STATE CAUSED BY UNEQUAL SETTLEMENT AND DURING ITS LEVELLING OPERATIONS

A.V. Aleksandrov

Designing, Surveying and Research Institute “Hydroproject” named after S.Y. Zhuk
2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125080, Russian Federation

Abstract. Reinforced concrete elements of the Zagorsk-2 pumped storage station structure had got into unexpected stress-strain state after unequal settlement and bending of the structure crosswise of the flow as a result. Cracks emerged in the load bearing reinforced concrete elements and the reinforcement crossing the cracks suffered significant tensile stresses. Important to mention, that the main reinforcement is arranged along the flow. There was a cofferdam designed and constructed across the reverse channel, which allowed to decrease the water level and remove water from the channel to provide stabilized position of the powerhouse. After stabilization of the powerhouse, it was planned to level the powerhouse by the compensation grouting method. Based on the finite element soil-structure model of the powerhouse, the stress-strain state of reinforced concrete elements subject to unequal settlement and during the levelling operations was determined. The results of the stress-strain state analysis were compared with the actual in-situ stress data obtained by the “reinforcement de-stressing”

method. According to the results of the analysis, it is necessary to strengthen the RC load bearing structures of the Zagorsk-2 powerhouse. In the article, the main design proposals for strengthening the RC load bearing structures of the Zagorsk-2 powerhouse by the external carbon fibre reinforcement are given and justified.

Key words: powerhouse, unequal settlement, load bearing structures, stress-strain state, cracks, tension in rebars, external reinforcement, controlled compensation grouting

REFERENCES

- [1] Sandeep S. Pendhari, Tarun Kant, Yogesh M. Desai. Application of polymer composites in civil construction: A general review. *Composite Structures*. 2008. No. 84. P. 114—124.
- [2] Einde L.V.D., Zhao L., Seible F. Use of FRP composites in civil structural application. *Constr. Build Mater.*, No. 17. 2003. P. 389 M.R. 403.
- [3] Duell, J.M., Wilson, J.M., Kessler, M.R. Analysis of a carbon composite overwrap pipeline repair system. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2008. No. 85. P. 782—789.
- [4] Mohitpour M., Golshan H., Murray A. Pipeline design and construction: a practical approach. ASME Press; New York, 2003. Pp. 499—518.
- [5] Chernyavskij V.L. Sistema remonta i usileniya stroitel'nykh konstruksii [Repair and strengthening of structures]. *Hydrotehnika*. 2010—2011. No. 4(21)—5(22). P. 60—63. (In Russ.)
- [6] Serdyuk A.I., Chernyavskij V.L. Opyt usileniya stroitel'nykh konstruksii kompozitsionnymi materialami pri rekonstruksii Baksanskoi GES [Practical experience of strengthening structures of Baksan Hydroelectric Power Station with composite materials during reconstruction]. *Hydrotehnika*. No. 3(32). 2013. P. 115—117. (In Russ.)
- [7] Rubin O.D., Lisichkin S.E., Balagurov V.B., Aleksandrov A.V. Novaya tekhnologiya remonta GTS posredstvom armirovaniya kompozitnymi materialami [New technology of repairing hydraulic structures by strengthening with composite materials]. *Proceeding of the VNIIG*. Vol. 280. 2016. P. 3—10. (In Russ.)
- [8] Lisichkin S.E., Rubin O.D., Shakars I.É., and Novikov S.P. Assessment of the stress-strain state of the left block of the Płaviņas hydroelectric station powerhouse with consideration of the data of on-site observations. *Gidrotekh. Stroit.*, 1998. No. 2. P. 47—53.
- [9] Rubin O.D., Lisichkin S.E., Grebenshchikov V.P., Tsybakov V.A., Nefedov A.V., Katanov A.D., and Ponomarev D.I. Analysis of a reliability assurance solution for the structure of spillway No. 2 of the concrete dam at the Boguchanskaya HPP. *Izv. VNIIG. Beton. Zhelezobet. Gidrotekh. Sooruzh.*, 2005. Vol. 244. P. 227—233.
- [10] Rubin O.D., Lisichkin S.E., Lyapin O.B., and Nefedov A.V. Research on concrete and reinforced concrete power-generating structures. *Gidrotekh. Stroit.*, No. 8/9. 22—28 (1999).

Article history:

Received: February 10, 2018

Accepted: April 11, 2018

For citation:

Aleksandrov A.V. (2018). Numerical modelling of powerhouse structure stress-strain state caused by unequal settlement and during its levelling operations. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 19(2), 190—202. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-190-202

Bio Note:

Andrey V. Aleksandrov — engineer, deputy chief engineer for organization of construction and architecture, JSC “Institute Hydroproject”. *Research Interests:* hydrotechnical construction, restoration of reinforced concrete structures after unpredicted settlements, strengthening of reinforced concrete structures with composite materials. *Contact information:* e-mail: a.aleksandrov@hydroproject.ru