

DOI: 10.12737/23295

Смоляго Г.А., д-р техн. наук, проф.,
Дрокин С.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Белоусов А.П., заместитель директора по техническим вопросам,
Пушкин С.А., начальник отдела обследования зданий и сооружений
ООО «Строительная экспертиза»

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЧИСТОЙ ВОДЫ

drokin_sergey@mail.ru

В процессе ввода в эксплуатацию возникла необходимость в обследовании резервуара для хранения чистой воды на предмет соответствия требованиям действующих нормативных документов и рабочего проекта. Были выявлены многочисленные дефекты, в том числе косослой бетона, многочисленные рабочие швы бетона, выполненные без предварительной подготовки поверхности затвердевшего (схватившегося) предыдущего слоя бетона. Был выполнен расчет резервуара без учета дефектов (согласно проекта) и с учетом рабочих швов бетонирования. Произведен анализ результатов расчетов. Выполнен анализ влияния дефектов на прочностные и эксплуатационные характеристики конструкций резервуара.

Ключевые слова: обследование конструкций, рабочие швы бетонирования, долговечность, прочность, дефекты железобетонных конструкций.

На завершающем этапе строительства (в процессе ввода в эксплуатацию) возникла необходимость в установлении соответствия возведенных конструкций и выполненных работ требованиям проекта и действующих нормативных документов, определения и выявления возникших дефектов и повреждений конструкций в процессе их возведения и их влияние на несущую способность отдельных конструкций резервуара, на его долговечность и пригодность к эксплуатации.

В этой связи была проведена комплексная экспертиза монолитных железобетонных конструкций резервуара с контролем наличия и влияния имеющихся дефектов и повреждений, строительных недоделок, отступлений от требований проекта и действующих норм на эксплуатационные качества конструкций и сооружения в целом.

Резервуар объемом 500 м³, предназначенный для приема регенерационного раствора и промывочной воды фильтров станции очистки карьерных вод, имеет прямоугольную форму с размерами в плане 12,0×12,0 м и высотой 3,6 м, частично заглубленный, с обсыпкой грунтом, обеспечивающей необходимый уровень теплоизоляции.

Все конструкции резервуара выполнены монолитными железобетонными. Бетон конструкций (согласно проекту) класса по прочности на сжатие В25; марками по морозостойкости F100 и водонепроницаемости W4. Толщина днища - 400 мм, с предусмотренной подготовкой из бетона класса В7,5. Уклон по днищу создается цементно-песчаным раствором марки

M100. Стены резервуара выполнены толщиной 300 мм, сечение колонн – 400×400 мм. Перекрытием резервуара служит монолитная железобетонная ребристая плита с шагом балок 3,0 м. Ширина поперечного сечения балок перекрытия – 400 мм, высота – 500 мм. Толщина плиты перекрытия – 250 мм.

В результате инструментального обследования монолитных железобетонных стен резервуара было установлено, что среднее значение прочности бетона в испытываемых зонах железобетонных конструкций в большинстве случаев соответствуют проектным значениям.

В процессе проведения обследования были выявлены дефекты и повреждения как с наружной стороны, так и с внутренней стороны монолитных стен резервуара, а также отступления от проекта. К числу имеющихся повреждений относятся:

- шероховатые участки и участки, имеющие «рваную» бетонную поверхность;
- наплывы бетона;
- многочисленные участки с неоднородной пористой структурой бетона, пустоты, поры, раковины, отмечены также такие дефекты структуры, как пустоты и полости под зернами крупного заполнителя и стержнями арматуры;
- непровибрированные участки с образованием каверн;
- щербистость поверхности бетона;
- отклонение геометрических размеров конструкций резервуара из-за смещения (прогиба) опалубки;

— отклонения от проектных величин прочности бетона на отдельных участках конструкций;

— непроектная (сниженная) величина защитного слоя бетона;

— шаг и диаметр арматуры, определенные неразрушающим методом контроля, а также при выборочном вскрытии локальных зон (местах наибольших дефектов бетонирования) не соответствуют требованиям проекта.

Характерные дефекты стен железобетонного резервуара представлены на рис. 1.



Рис. 1. Характерные дефекты стен железобетонного резервуара

При проведении обследования колонн резервуара было отмечено устройство рабочих швов по их высоте (не в уровне перекрытия), причем поверхность рабочих швов, устроенных при укладке бетонной смеси с перерывами, не перпендикулярна оси бетонируемых колонн.

Стены резервуара имеют многочисленные косослой бетона, дефектные холодные швы бетонирования, образующиеся при укладывании без предварительной подготовки поверхности на затвердевший (схватившийся) предыдущий слой бетона последующего слоя бетонной смеси. Необходимо отметить, что зона шва становится предварительно напряженной вследствие того, что холодные швы являются границей, на которой происходит превращение усадочных напряжений сжатия в напряжения растяжения. Релаксация напряжений растяжения, реализующихся в виде микротрещин, приводит к тому, что зона стыка имеет меньшую плотность и прочность, по сравнению с монолитным бетоном, что приводит к снижению прочности в зоне рабочего шва по сравнению с исходной прочностью бетона [3, 4, 5]. Это способствует снижению морозостойкости, водонепроницаемости и ухудшению внешнего вида конструкций.

Согласно действующим нормативным документам [1], расчетные схемы строительных объектов должны отражать действительные условия их работы, включая возможные геометрические и физические несовершенства, а также в монолитных железобетонных конструкциях должна быть обеспечена прочность конструкции с учетом рабочих швов бетонирования [2].

На стадии проектирования при статическом расчете резервуара жесткость всех конструкций резервуара принималась постоянной, рабочие швы бетонирования не учитывались. Они фактически являются пластическими шарнирами, снижающими общую статическую неопределимость, жесткость резервуара, значительно влияющими на усилия в конструкциях и изменение их при эксплуатации.

Расчет резервуара производился для двух случаев: без учета дефектов (согласно проекту) и с учетом дефектов (с учетом рабочих швов бетонирования) в ПК Лира.

Общий вид расчетной схемы без учета рабочих швов бетонирования представлен на рис. 2, с рабочими швами бетонирования – на рис. 3. Мозаика расчетного армирования стен при расчете без учета и с учетом швов бетонирования приведены на рис. 4, 5.

- горизонтальные швы бетонирования в стенах приводят к уменьшению изгибающих моментов относительно местной оси X в середине высоты стен и к увеличению изгибающих моментов вверху и внизу стен, а также растягивающей продольной силы по местной оси X (практически вдоль швов бетонирования) в стенах;

- горизонтальные швы бетонирования в стенах приводят к увеличению продольной растягивающей силы в фундаментной плите, балках и плите перекрытия;

- при наличии швов бетонирования прочность стен обеспечена;

- при наличии швов бетонирования прочность фундаментной плиты не обеспечена, перенапряжение составляет 8%;

- при наличии швов бетонирования прочность перекрытия обеспечена;

- осадка резервуара не превышает предельного значения, разность осадок для данного сооружения не регламентируется.

Собственный вес

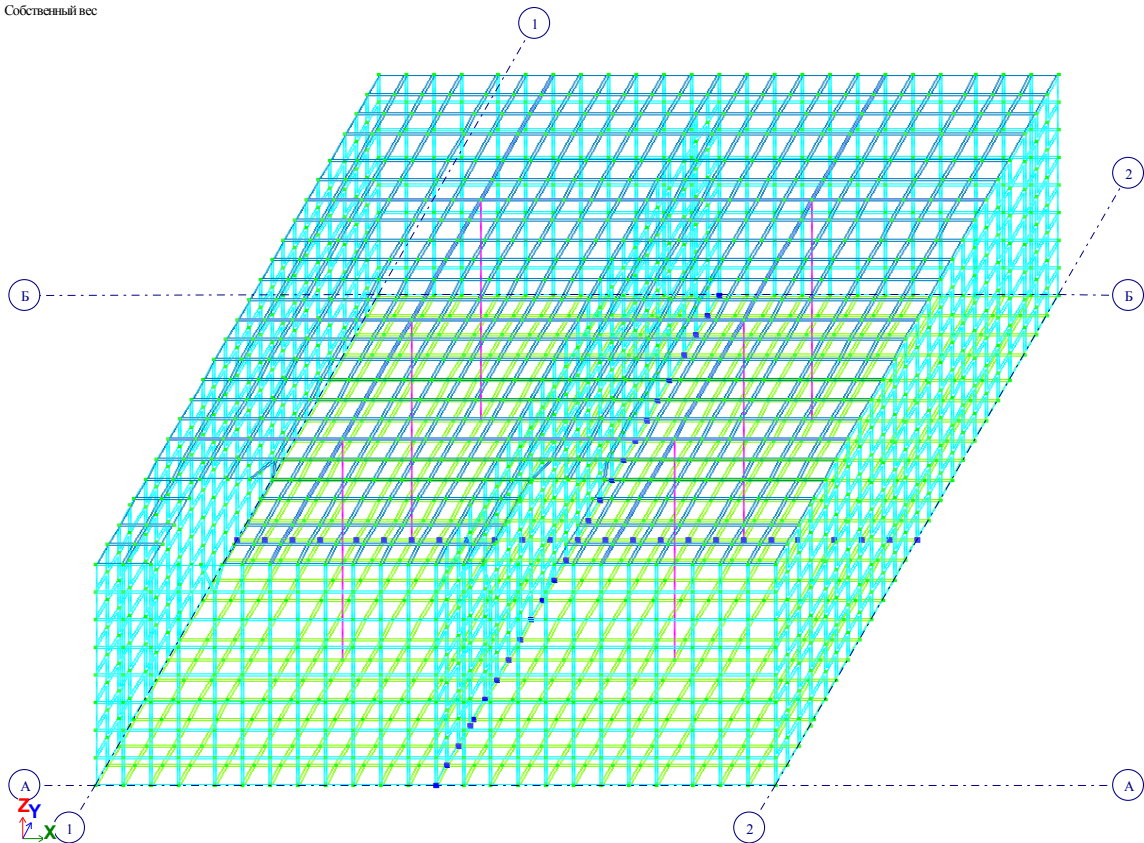


Рис. 2. Общий вид расчетной схемы без учета рабочих швов бетонирования

Собственный вес

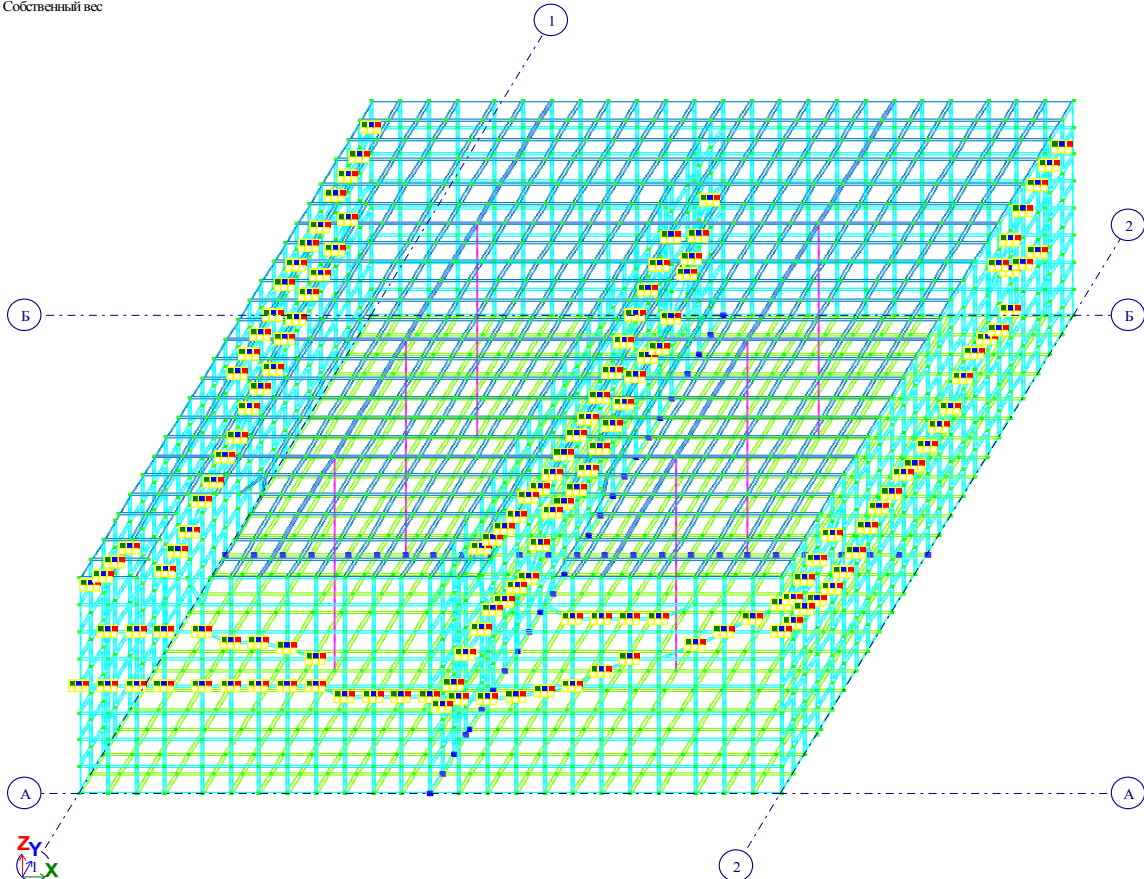


Рис. 3. Общий вид расчетной схемы с учетом рабочих швов бетонирования

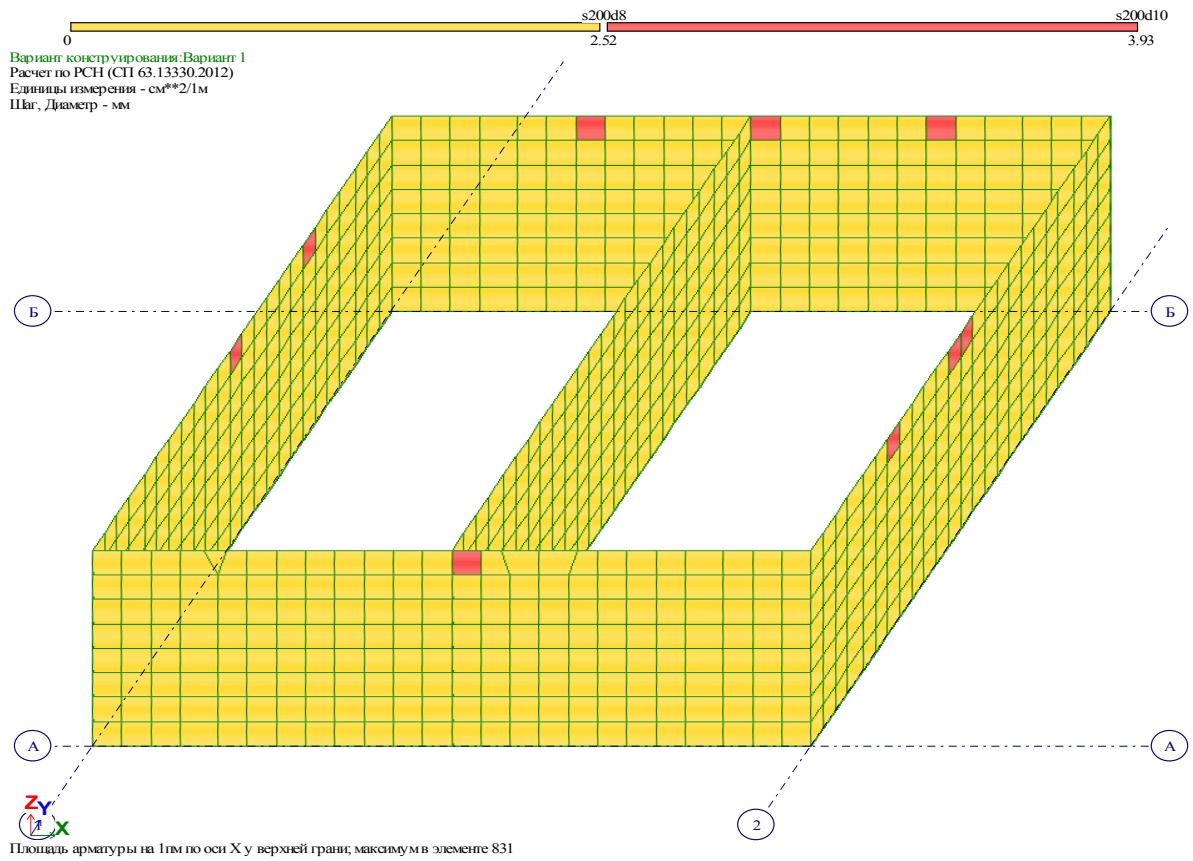


Рис. 4. Площадь армирования по внешней грани стен по оси X (рабочие швы бетонирования отсутствуют)

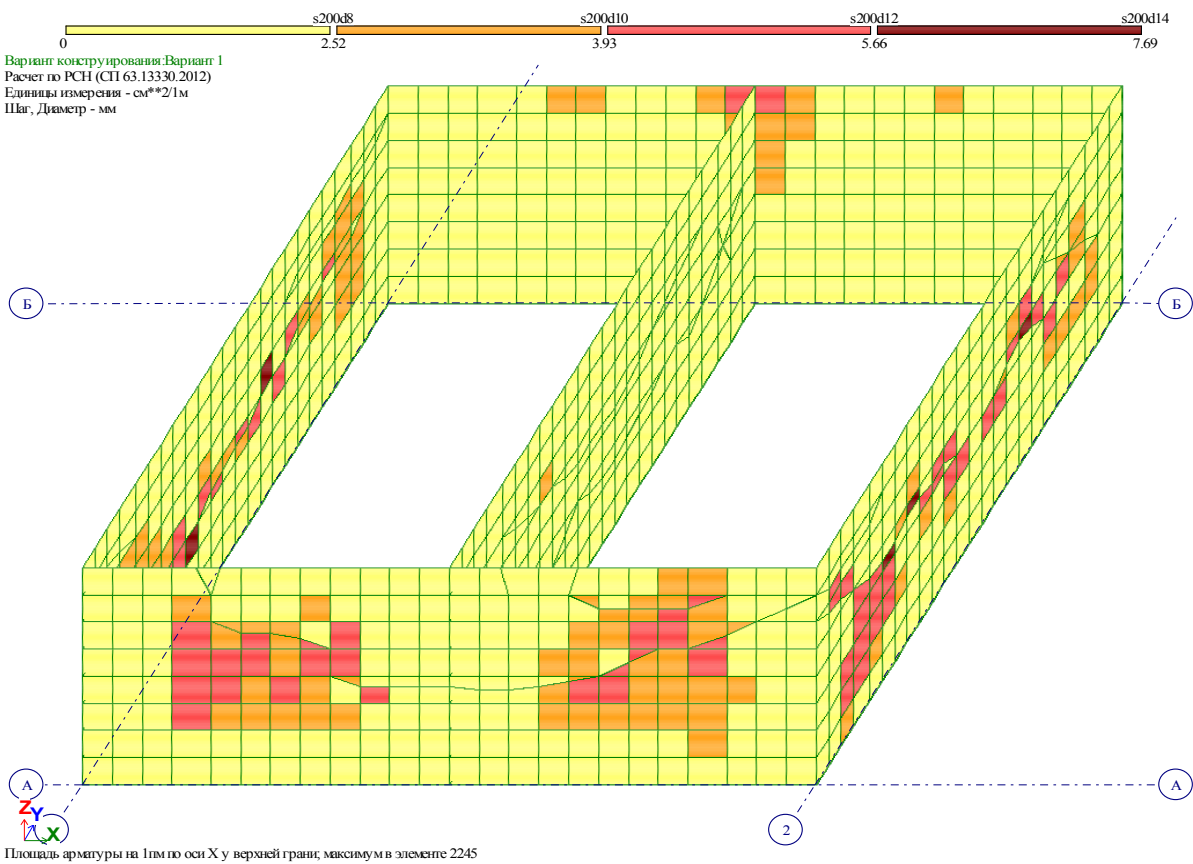


Рис. 5. Площадь армирования по внешней грани стен по оси X (при наличии рабочих швов бетонирования)

На основании приведенных результатов расчетов можно сделать следующие выводы:

- при возведении резервуара без рабочих швов бетонирования прочность конструкций резервуара обеспечена с существенным запасом;

На момент проведения обследования строительно-монтажные работы по возведению конструкций сооружения резервуара выполнены с нарушениями требований проекта, с неудовлетворительным качеством и с нарушением требований действующих нормативных документов. Техническое состояние на момент проведения обследования конструкций сооружения оценивается от ограниченно-работоспособного до недопустимого.

Обнаруженные дефекты и отступления от требований рабочего проекта в процессе эксплуатации резервуара могут привести к фильтрации воды через тело бетона конструкций стен и днища, что в свою очередь приведет к усилению процесса коррозии арматуры, а, следовательно, и к снижению ее площади поперечного сечения и, как следствие, к ухудшению их прочностных и эксплуатационных характеристик, влияющих как на несущую способность, так и на долговечность сооружения [6].

Для обеспечения дальнейшей нормальной безопасной эксплуатации и восприятия, действующих на конструкции сооружения нагрузок, необходимо произвести комплекс мероприятий по восстановлению конструкций, находя-

щихся в недопустимом и ограниченно-работоспособном состоянии с учетом полученных результатов обследования, а также рабочих чертежей и технологии производства работ по усилению и восстановлению монолитных железобетонных конструкций, разработанных в соответствии с требованиями рабочего проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований.
2. СП 63 13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
3. Высоцкий С.А. Диагностика зон сопряжений железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. №2. С. 17–19.
4. Высоцкий С.А., Потапов Н.И., Мартынов С.В. Оценка качества рабочих швов в железобетонных конструкциях // Транспортное строительство. 2007. №5. С. 18–20.
5. Иванов С.И., Тухтаев Б.Х. Дефектоскопия рабочих швов бетонирования // Бетон и железобетон. 2010. №3. С. 21–24.
6. Меркулов С.И. Оценка резерва несущей способности эксплуатируемых железобетонных конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 66–69.

Smolyago G.A., Drokin S.V., Belousov A.P., Pushkin S.A. **INSPECTION OF RC PURE WATER RESERVOIR**

During the period of putting the reservoir into operation it's revealed that the reservoir was needed to be assessed for requirements of normative documents and contractor design. Numerous defects, such as curls in concrete, construction joints, carried out without preparation of the previous layer surface, were found. Calculations of the reservoir in two variants: with and without defects were carried out. Analysis of the calculation results was carried out. Analysis of the influence of defects on strength and operational properties of reservoir structures was carried out.

Key words: *assessment of structures, construction joints, durability, strength, defects of RC structures.*

Смоляго Геннадий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства и городского хозяйства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дрокин Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: drokin_sergey@mail.ru

Белоусов Александр Петрович, заместитель директора по техническим вопросам
ООО «Строительная экспертиза»
Адрес: Россия, 308009, г Белгород, Свято-Троицкий бульвар, д.11, оф. 3.

Пушкин Сергей Александрович, начальник отдела обследования зданий и сооружений
ООО «Строительная экспертиза»
Адрес: Россия, 308009, г Белгород, Свято-Троицкий бульвар, д.11, оф. 3.
