Особенности напряженно-деформированного состояния стен камер шлюзов

О.Д. Рубин¹, С.Е. Лисичкин², В.Б. Николаев³, Д.С. Башкиров⁴

¹Научно-исследовательский институт энергетических сооружений (НИИЭС),
125362, г. Москва, Строительный пр., д. 7а;

²Инженерный центр сооружений, конструкций и технологий в энергетике (ИЦ СКТЭ),
125364, г. Москва, ул. Свободы, д. 35, стр. 36;

³Инженерно-строительное бюро «Надежность» (ИСБ «Надежность»),
129323, г. Москва, пр. Серебрякова, д. 7;

⁴Акватик, 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 ж, корп. 5

АННОТАЦИЯ

Введение. Железобетонные стены шлюзовых сооружений являются ответственными конструкциями, так как снижение их уровня безопасности в процессе длительной эксплуатации может привести к негативным последствиям. Характерные особенности таких конструкций обуславливают их напряженно-деформированное состояние (НДС) и несущую способность. Неотъемлемую часть конструкций стен камер шлюзов составляют межблочные строительные швы (как горизонтальной, так и вертикальной ориентации), наличие которых учитывается нормативными и нормативно-методическими документами, действующими в последние десятилетия.

Материалы и методы. Применены аналитические методы анализа результатов наблюдений за НДС массивных железобетонных конструкций стен камер шлюзов, а также методик расчета и нормативных документов.

Результаты. Проведен анализ состояния ряда камер шлюзов отечественных объектов, таких как канал им. Москвы, ГЭС Кашхатау; Павловский шлюз и др. Отмечен особый характер трещинообразования и НДС, что потребовало проведения неотложных мероприятий по их усилению и ремонту. Выполнен анализ положений нормативных документов, действовавших в период проектирования большинства таких сооружений, и действующих в настоящее время.

Выводы. Выявлено несовершенство нормативных документов, действовавших в период проектирования большинства стен камер шлюзов, в результате чего в целом ряде случаев возникло непроектное состояние. Обоснована необходимость совершенствования методики расчета железобетонных конструкций стен камер шлюзов, а также положений действующих нормативных документов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидротехнические железобетонные конструкции, стены камер шлюзов, межблочные строительные швы, трещинообразование, методика расчета, нормативные документы

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Николаев В.Б., Башкиров Д.С. Особенности напряженно-деформированного состояния стен камер шлюзов // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 4. С. 473–483. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.473-483

The features of stress-deformation state of the lock chamber walls

Oleg D. Rubin¹, Sergey E. Lisichkin², Valeriy B. Nikolaev³, Dmitry S. Bashkirov⁴

¹Scientific Research Institute of Energy Structures, 7a Construction travel, Moscow, 125362, Russian Federation;

²Engineering Center of Structures, Constructions and Technologies in Power Engineering,
35 Freedom st., Moscow, 125364, Russian Federation;

³Engineering and Construction Bureau "Reliability",
7 Serebryakov travel, 129323, Moscow, Russian Federation;

⁴Aquatic, 125zh building 5 Varshavskoe shosse, 117587, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Reinforced concrete walls of lock installations are critical structures, since a decrease in their level of safety in the course of long-term operation can lead to negative consequences. Characteristic features of such structures determine their stress-deformation state and bearing capacity. So, an integral part of the lock chamber walls are inter-block construction joints (both horizontal and vertical), the presence of which is taken into account by regulatory and methodical documents existing in the recent decades.

Materials and methods. There are used analytical methods for processing results of observing stress-deformation state of massive reinforced-concrete lock chamber walls as well as computational procedures and normative documents.

Results. The analysis of the condition of a number of lock chamber walls of such domestic objects as Canal named in honour of Moscow, Kaskhatau hydroelectric power station, Pavlovsky lock, etc. has been conducted for this work. A special character of crack formation and stress-deformation state is noted, which required urgent measures for their strengthening and repair. The analysis of normative document provisions is performed for the documents existing at the time of design work on the most of these installations and ones in effect at the present time.

Conclusions. The characteristic features are revealed for reinforced concrete structures of the lock chamber walls, which determine the features of their stress-deformation state. Due to the imperfection of the normative documents that were in effect during the designing the most of such structures, an off-design state arose in a number of cases that required urgent measures to strengthen and repair them. Improvement work is going on at the directions of methodology for calculating the stress-deformation state and strength of reinforced concrete structures in the lock chamber walls.

KEYWORDS: hydraulic reinforced-concrete structures, lock chamber walls, inter-block construction joints, crack formation, analysis procedure, normative documents

FOR CITATION: Rubin O.D., Lisichkin S.E., Nikolaev V.B., Bashkirov D.S. The features of stress-deformation state of the lock chamber walls. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019; 14:4:473-483. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.473-483 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные стены шлюзовых сооружений являются ответственными конструкциями, так как снижение их уровня безопасности в процессе длительной эксплуатации может привести к негативным последствиям.

Имеются характерные особенности таких конструкций, обуславливающие их напряженно-деформированное состояние (НДС):

- значительные габариты, как правило, более 1 м;
- невысокие классы бетона, как правило, до В20;
- низкие проценты армирования (менее 1 %);
- большие диаметры арматуры (до 70 мм);
- обязательное наличие горизонтальных межблочных швов;
- особенности образования и развития трещин;
- снижение прочности бетона на растяжение в зонах швов;
- особенности характера действующих нагрузок: давление воды на лицевые грани стен камер шлюзов, давление грунтовых вод на подошву и на тыловые грани стен камер шлюзов, а также противодействие воды внутри конструкций (в раскрывшихся трещинах и межблочных швах).

Известны примеры непроектного состояния, сложившегося в конструкциях стен камер ряда шлюзов. В целом ряде таких случаев потребовалось производить усиление [1–4] или ремонт стен камер шлюзов [5–8] вследствие непроектного состояния.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Упомянутое выше непроектное напряженно-деформированное состояние выражается в особом характере трещинообразования (в том числе в раскрытии горизонтальных межблочных швов [1–3]; в выклинивании из швов наклонных трещин, направленных к лицевой грани и отделяющих бетон сжатой зоны от массива стен [4–6]); в возникновении растягивающих напряжений на уровне нейтральной оси конструкции с трещинами [9–11];

в скачкообразном росте смещений стен внутрь камеры шлюза и др. [12–14].

Особенности характера трещинообразования в железобетонных конструкциях стен камер шлюзов заключаются в следующем. В ходе длительной эксплуатации (в том числе под воздействием знакопеременных и многократно повторных нагрузок), в первую очередь происходит раскрытие горизонтальных межблочных швов со стороны тыловых граней конструкций и продвижение горизонтальных трещин по швам в сторону лицевой грани.

Достигнув сжатой зоны бетона конструкции, горизонтальная трещина изменяет свою траекторию наклонно в направлении лицевой грани. Образуется наклонная трещина, отделяющая бетон сжатой зоны от остального массива конструкции стены камеры шлюза. Для предотвращения развития наклонной трещины в направлении лицевой грани и ширины раскрытия наклонной трещины необходима установка поперечной (горизонтальной) арматуры, которая вместе с тем должна обеспечивать надежную связь отделенной наклонной трещиной сжатой зоны конструкции с ее остальным массивом.

Нормативно-методические документы, действовавшие в период проектирования и строительства большинства шлюзовых сооружений (ориентировочно, до конца 1980-х годов) практически не учитывали перечисленные особенности, что приводило к непроектной эксплуатации; значительным смещениям стен в камеру шлюзов; образованию трещин, не предусмотренных проектом; разрушению бетона лицевой грани; недостаточному поперечному (горизонтальному) армированию и др.

В этой связи следует упомянуть стены камер шлюзов канала им. Москвы (рис. 1), стены каналолотка ГЭС Кашхатау (рис. 2), стены камер Павловского шлюза (рис. 3) и др.

Имеются примеры выхода наклонной трещины на лицевую грань со смещением верхней части стены на 25 мм внутрь камеры совместно с раскрытием горизонтального межблочного шва на 40 мм (стены шлюзов канала им. Москвы) [1, 3, 11].

С начала эксплуатации (с 1937 г.) стали расти перемещения верха стен камеры шлюза канала им. Москвы в камеру (до 5–9 см). Были приняты меры, которые заключались в понижении уровня засыпки пазух стен на высоту до пяти метров; после чего произошло временное уменьшение роста указанных перемещений [5, 14].

Был открыт шурф в грунте засыпки пазухи с тыловой стороны стен, что позволило обнаружить следующее. В межблочном горизонтальном шве между первым и вторым блоками бетонирования стены зафиксировано раскрытие шириной более 10 мм. Проектная тыловая арматура, пересекающая данный шов, должна была быть установлена в количестве четыре диаметра 22 мм с шагом 250 мм и два диа-

метра 32 мм с шагом 500 мм. В действительности арматура большего диаметра обрывалась ниже отметки шва. Оставшаяся арматура диаметром 22 мм оказалась перегруженной. Как показали измерения на основе установленной в шурфе контрольно-измерительной аппаратуры, растягивающие напряжения в тыловой арматуре достигали предела текучести (300 МПа). Произошло искривление арматурных стержней в раскрывшемся межблочном шве вследствие сдвига верхнего блока бетонирования в направлении камеры шлюза.

Потребовалось проведение мероприятий для обеспечения прочности и устойчивости стен камеры шлюза № 2. Первые проведенные мероприятия заключались в том, что верх стен был закреплен

Рис. 1. Характер трещинообразования в стенке камеры шлюза канала им. Москвы. Произошло раскрытие шва (1), выклинивание из него наклонной трещины (3), сдвиг верхней части стенки в камеру шлюза: 1 — горизонтальные межблочные швы; 2 — рабочая арматура у тыловой грани; 3 — наклонная трещина

Fig. 1. The character of cracking in the lock chamber wall of the Moscow (River) Canal. A joint opening occurred (1), an inclined crack wedged out of it (3), the upper part of the wall shifted into the lock chamber: 1 — horizontal inter-block joints; 2 — rear face working reinforcement; 3 — inclined crack

Рис. 2. Характер трещинообразования в стене канала-лотка Кашхатау ГЭС: *a* — лицевая грань стены; *b* — торцевая грань стены; 1 — горизонтальные межблочные швы; 2 — наклонные трещины

Fig. 2. The character of cracking in the wall of the Kashkhatau hydroelectric power station canal chute: *a* — front wall face; *b* — end wall face; 1 — horizontal inter-block joints; 2 — inclined cracks

Рис. 3. Деформированное состояние правой стенки секции С-1 Павловского шлюза: а — до усиления; б — после усиления, выполненного в 1967 г.

Fig. 3. The deformed state of the C-1 section right wall of the Pavlovsky lock: a — before reinforcement; b — after reinforcement conducted in 1967

посредством оттяжек, установленных в количестве 16 штук. После создания усилий натяжения в оттяжках смещение верха стен в сторону камеры шлюза уменьшилось [5, 15–17].

В конце 1950-х годов на лицевой поверхности стен камер шлюза № 2 были вырублены штрабы в нижней части стен (в зонах вутов). При этом был выявлен особый характер трещин. На боковых вертикальных поверхностях штраб были зафиксированы наклонные трещины, которые выходили из раскрывшихся горизонтальных межблочных швов в направлении лицевой грани и даже выходили на лицевую поверхность бетона стен. Наблюдения за состоянием тыловой грани стен в шурфе показали, что горизонтальные межблочные швы раскрылись со стороны засыпки на величину, достигающую 3 см. Из-за искривления арматурных стержней в зоне их пересечения с горизонтальным межблочным швом произошел отрыв защитного слоя бетона толщиной 12 см на участке протяженностью до 20 см.

Смещение верхнего блока бетонирования в сторону камеры достигло 3 см.

Было принято решение усилить другие секции камеры шлюза № 2 посредством оттяжек, которые

были описаны выше. В данном случае их устанавливали в количестве 18-ти штук.

Закрепление верха стен камеры шлюза № 2 вызвало изменение характера работы конструкций стен. Верх стен стал перемещаться в сторону засыпки (до 0,6 см), а низ консольной части в зоне горизонтального межблочного шва стал перемещаться в сторону камеры шлюза (до 0,8 см).

Потребовалось применение другого варианта усиления железобетонных конструкций стен камер шлюза № 2. Для этой цели в тело конструкций стен (в пробуренные вертикальные скважины диаметром 22,5 см) с шагом 100 см были установлены стальные конструкции диаметром до 18 см, пересекающие горизонтальные межблочные швы. Такие конструкции усиления должны были удерживать консольные части стен от смещения по горизонтальным швам.

Также применялся вариант усиления стен камер шлюзов канала им. Москвы предварительно напряженными брусковыми железобетонными элементами, которые изготавливались в заводских условиях и устанавливались вертикально в заранее вырубленные штрабы со стороны лицевой грани конструкций стен камеры шлюза в зонах горизонтальных межблочных швов [6, 8].

Одним из наиболее эффективных методов ремонта железобетонных конструкций стен камер шлюзов канала им. Москвы был признан метод колонн [1–4, 15]. Ремонт указанных конструкций методом колонн заключался в вырубке прямоугольных штраб в массиве бетона стен со стороны лицевой грани, установке в штрабах слабонаклонной поперечной арматуры, заанкеренной в массиве бетона стен, и последующем обетонировании штраб «новым» бетоном. Таким образом, в конструкции устанавливалась требуемая поперечная арматура, и заменялся поврежденный бетон со стороны лицевой грани «новым» прочным бетоном.

Опыт анализа состояния и ремонта железобетонных конструкций стен камер шлюзов канала им. Москвы был применен на ряде отечественных [7, 18–22] и зарубежных шлюзов [23–27].

На лицевой поверхности стен канала-лотка ГЭС Кашхатау были обнаружены раскрывшиеся горизонтальные межблочные швы (1), изображенные на рис. 2, а; на торцевой вертикальной поверхности — наклонные участки трещин (2), развивающиеся из каждого горизонтального межблочного шва (рис. 2, б), которые отделяли сжатую зону конструкции у тыловой грани от массива стены. Такое трещинообразование в сочетании с недостаточным (практически отсутствием) поперечным (горизонтальным) армированием послужило причиной разрушения стен ряда секций канала-лотка.

Павловский шлюз входит в состав Павловского гидроузла, который расположен на р. Уфа в 177 км выше по течению г. Уфа Республики Башкортостан.

В основании шлюза залегают известняки, а непосредственно под основанием нижней головы шлюза залегает разрушенная зона известняков, мощностью до 2-х м.

Ввод шлюза во временную эксплуатацию был осуществлен 25.04.1958 г., в постоянную эксплуатацию — 23.01.1962 г.

Судоходный шлюз одноступенчатый, однониточный, шахтного типа, выполнен из монолитного железобетона. В состав сооружений шлюза входят: верхняя голова, нижняя голова, камера, подходные каналы, палы верхнего и нижнего бьефов. Класс гидросооружений — II.

Напорным фронтом шлюза являются конструкции верхней головы и стенки секции С-1 камеры шлюза.

Общая длина шлюза между наружными гранями устоев — 164,16 м. Габаритные размеры камеры шлюза: длина — 120,0 м, ширина — 15,0 м, глубина на пороге при НПУ — 2,40 м.

Верхняя голова шлюза имеет доковую конструкцию длиной 34,15 м и шириной по основанию 42,0 м, толщина днища — 12,0 м. Порогом рабочих и аварийно-ремонтных ворот служит стенка падения высотой 23,0 м и толщиной 6,0 м.

Нижняя голова имеет доковую рамную железобетонную конструкцию, образованную днищем, устоями головы и жестко связанной с ними забральной стенкой. Забральная стенка имеет толщину 3,5 м и соединяет оба устоя, образуя судоходное отверстие высотой 12,0 м. Длина нижней головы — 32,6 м, ширина по основанию — 42,0 м. Днище головы толщиной 10,0 м является порогом рабочих и ремонтных ворот.

Камера шлюза состоит из четырех секций по 24,33 м каждая, разделенных между собой и примыкающих к ним голов температурно-осадочными швами. Швы перекрыты противофильтрационными битумно-шахтными шпонками. Секция С-1 камеры шлюза докового типа. Секции С-2, С-3 и С-4 имеют разрезное днище. Габариты камеры образованы правыми (береговыми) стенками секций и левой стенкой (право-монтажным блоком ГЭС, примыкающим к шлюзу).

Отметки основных элементов камеры следующие: верх парапета — 145,60 м; верх ограждения — 145,75 м; верх стенок секции С-1 — 143,00 м (в начале) и 144,50 м (в конце); верх правой стенки секции С-2 — 140,60 м (в начале) и 142,00 м (в конце); верх правых стенок секций С-3, С-4 — 144,50 м; низ стен — 105,00 м; низ днища камеры — 93,00 м.

Система питания шлюза — распределительная. Забор воды осуществляется из верхнего бьефа через водозаборные отверстия, расположенные в устоях верхней головы. Наполнение камеры производится через поперечные водовыпуски галерей, устроенных в стенках камеры. Опорожнение шлюза происходит через конусные затворы водовыпусков галерей, расположенных в нижней голове шлюза, в отводящий канал ГЭС.

Сооружения Павловского шлюза находятся в эксплуатации более 58 лет. При возведении шлюза имели место многочисленные нарушения технологии укладки бетона, особенно в зимний период, что вызвало необходимость проведения значительных объемов ремонтных работ, начиная с первых лет его эксплуатации.

Так, с 1968 г. проводится ремонт стен камеры и устоев верхней и нижней голов шлюза. Ремонтные работы заключаются в основном в выполнении следующих работ:

- вырубка дефектного бетона лицевой грани с последующим его восстановлением путем укладки за опалубку или набрызгом;
- вырубка и замена штрабного бетона с заменой закладных частей;
- устранение фильтрации через бетон и уплотнение дефектного бетона инъекцией (цементацией).

Кроме того, проведены работы по усилению некоторых железобетонных конструктивных элементов камеры шлюза. С 1973 г. на секции С-1 камеры шлюза в ее верхней части установлены закрепляющие фермы-распорки. В 1997 г. на секции

С-4 по правой стенке камеры шлюза с ее внешней стороны установлены контрфорсы.

Проведенные обследования показали следующее:

- отмечена активная фильтрация через кольцевую шпонку левой галереи наполнения;
- наблюдается увеличение продольной трещины первой секции нижнего пирса шлюза;
- в целом, состояние бетона гидросооружения характеризуется наличием трещиноватости на глубину до 2 м в отдельных элементах, нарушением целостности защитного слоя бетона с оголением рабочей арматуры, наличием очагов струйной фильтрации, выщелачивания и инсоляции.

Особое внимание следует обратить на выявленные повсеместно протяженные горизонтальные трещины на лицевых гранях стен камеры шлюза, которые представляют собой следы выхода наклонных трещин, выклинивающихся из горизонтальных межблочных швов в направлении лицевой грани вследствие недостатка или полного отсутствия поперечной (горизонтальной) арматуры. При этом на стенах секций С-1 и С-2 (в большей мере в секции С-1) обнаружены зияющие пустоты, уходящие вглубь массива стен вдоль наклонных траекторий указанных трещин. Характерный механизм образования наклонных трещин на примере секции С-1 показан на рис. 3, а. После проведенного усиления горизонтальными фермами-распорками, установленными поверху стенок, произошло изменение схемы работы конструкции. В результате было зафиксировано раскрытие наклонных трещин со стороны лицевой грани правой стенки (рис. 3, б). Аналогичные наклонные трещины также имеют место в стенах секций С-2, С-3, С-4. Кроме того, на тыловых гранях секций С-3 и С-4 вследствие более низкого уровня обратной засыпки (128,6 м и 132,0 м) и уровня воды в засыпках 111,0 м, чем на секциях С-1 и С-2, у которых уровень засыпки составляет 144,5 м и 142,00 м, соответственно, а уровень воды в засыпках 140,0 м уравнивает гидростатическую нагрузку при наполненной камере, имеет место выход наклонных трещин на тыловые грани стен, скрытые засыпками.

В настоящее время разработан проект усиления стен камеры Павловского шлюза методом колонн.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что на основе анализа непроектного состояния, сложившегося в конструкциях стен камер ряда шлюзов (что потребовало проведения неотложных мероприятий по их усилению и ремонту), в период с конца 1980-х годов по настоящее время нормативные документы были дополнены положениями, касающимися учета влияния межблочных строительных швов бетонирования на прочность конструкций по наклонным сечениям (а также по продольным (вертикальным) сечениям на уровне нейтральной оси конструкций и на уровне межблочных строи-

тельных швов), в том числе в части учета влияния швов на снижение прочности бетона на растяжение.

Упомянутые положения были включены в нормативные и нормативно-методические документы (СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений», СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»). Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87 (П 46-89/ВНИИГ); Рекомендации по учету строительных швов в массивных железобетонных конструкциях. М. : Институт «Гидропроект», 1982, в том числе:

- п. 5.21 (формула (38)) СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» (а также п. 8.20 (формула (59)) СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»). Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; п. 3.40 (5.21), пп. 3.45-3.47 Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87 (П 46-89/ВНИИГ)) в части расчетов на прочность наклонных сечений на действие поперечной силы и изгибающего момента;

- п. 5.22 (табл. 17) СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» (а также п. 8.20 (табл. 22) СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»). Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; п. 3.42 (5.22) «Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87» (П 46-89/ВНИИГ)) в части учета наличия строительных швов в зоне действия поперечных сил;

- п. 6.6 СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» (а также п. 5.24 СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»). Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; п. 3.1 (5.1) «Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87» (П 46-89/ВНИИГ)) в части учета влияния швов бетонирования на снижение прочности бетона на растяжение, входящей в формулу (38) СНиП 2.06.08-87;

- п.п. 5.27, 5.29 СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» (а также п. 8.25 СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»). Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; пп. 3.52-3.54 «Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструк-

ций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87» (П 46-89/ВНИИГ)) в части расчетов элементов переменной высоты на действие поперечной силы и изгибающего момента;

- п. 8.29 СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87; п. 3.56 Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87 (П 46-89/ВНИИГ) в части расчетов на прочность продольных сечений железобетонных конструкций на уровне нейтральной оси и на уровне строительных швов при наличии в них строительных швов;

- рекомендации Института «Гидропроект» (Рекомендации по учету строительных швов в массивных железобетонных конструкциях. М., 1982) в части расчетов на прочность сечений, наклонных к продольной оси элементов, при действии поперечной силы и изгибающего момента с учетом влияния швов бетонирования.

При этом в СП 41.13330.2012 не содержится конкретных положений по определению растягивающих напряжений, действующих на уровне вершин трещин и на уровне продольных швов. Также в расчетные зависимости для определения прочности бетона в наклонных сечениях не включен понижающий коэффициент, учитывающий снижение прочности бетона при растяжении в зонах межблочных строительных швов.

Следует отметить, что в железобетонных конструкциях стен камер шлюзов есть не только горизонтальные межблочные швы, но и вертикальные швы, со стороны лицевой грани, образовавшиеся в случае применения железобетонных панелей различного типа (плоских или ребристого типа) в качестве несъемной опалубки; а также при ремонте бетона лицевой грани путем удаления поврежденного слоя бетона и замены его «новым» бетоном. При этом горизонтальные трещины по межблочным швам имеют свое продолжение по вертикальному контакту между плоскими или ребристыми панелями (или вертикальными слоями «нового» бетона) и массивом монолитного бетона стен камер шлюзов. Требуется поперечная горизонтальная арматура, обеспечивающая связь между панелями (или

вертикальными слоями «нового» бетона) и массивом бетона стен.

В настоящее время продолжается работа по совершенствованию методик расчета НДС и прочности конструкций стен камер шлюзов, в том числе с учетом отечественного [8–11, 17, 28–32] и зарубежного опыта исследований [33–38].

Также совершенствуются расчетные зависимости для определения значений напряжений в бетоне и в арматуре стен камер шлюзов. При этом (в соответствии со СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции». Основные положения. М., 2004) принимается линейное распределение напряжений в бетоне сжатой зоны и линейные соотношения между деформациями бетона, растянутой и сжатой арматуры.

ВЫВОДЫ

Во многих железобетонных конструкциях стен камер шлюзов (например, канала им. Москвы, канала-лотка ГЭС Кашхатау, Павловского шлюза) зафиксировано неprojectное состояние, выразившееся в особом характере трещинообразования и повышенных смещениях таких конструкций. При этом отмечалось раскрытие горизонтальных межблочных швов и выход из них наклонных трещин в направлении сжатой грани конструкций.

Определены характерные особенности железобетонных конструкций стен камер шлюзов (в первую очередь, наличие горизонтальных межблочных швов), обуславливающие их напряженно-деформированное состояние, отличное от projectных предположений.

Выявлено несовершенство нормативных документов, действовавших в период проектирования большинства стен камер шлюзов, в результате чего в целом ряде случаев возникло неprojectное состояние, что потребовало проведения неотложных мероприятий по их усилению и ремонту.

Обоснована необходимость совершенствования методики расчета железобетонных конструкций стен камер шлюзов, а также положений действующих нормативных документов. В данном направлении авторами проводится исследовательская работа, в том числе усовершенствована зависимость для расчетов на прочность наклонных сечений при действии поперечной силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов А.П., Николаев В.Б., Беленький Б.С., Рубин О.Д., Брауде В.М. Учет влияния строительных швов на прочность массивных железобетонных конструкций // Гидротехническое строительство. 1983. № 6. С. 33–38.

2. Николаев В.Б., Рубин О.Д. Совершенствование методов расчета прочности железобетонных конструкций гидротехнических сооружений со строительными швами // Обзорная информация — Энер-

гетика и электрификация. Сер. 2 — Гидроэлектростанции. 1986. Вып. 1. С. 56.

3. Рубин О.Д., Умнова Р.В., Ни В.Е. Анализ работы и усиление стен доковых шлюзов // Гидротехническое строительство. 1988. № 8. С. 47–79.

4. Рубин О.Д., Умнова Р.В., Ни В.Е. Усиление эксплуатируемых подпорных сооружений // Гидротехническое строительство. 1989. № 12. С. 42–45.

5. Щербина В.И., Рубин О.Д., Ни В.Е. Эксплуатация, оценка состояния и разработка мероприятий по повышению надежности шлюзов канала им. Москвы // Сб. науч. трудов. Сер. Гидроэлектростанции. М. : Информэнерго, 1989. Вып. 7. 56 с.

6. Залесов А.С., Рубин О.Д. Характер и причины трещинообразования в стенах шлюзов канала им. Москвы // Энергетическое строительство. 1990. № 11. С. 54–56.

7. Рубин О.Д. Усиление стен шлюзов докового типа и контроль за эксплуатацией // ПРЕДСО-90 : мат-лы конф. и совещ. по гидротехнике. СПб. : Энергоатомиздат, 1991. С. 73–75.

8. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Ильин Ю.А. Осуществление контроля за безопасностью шлюзовых и подпорных сооружений путем оценки их фактического состояния на основе расчетных и натурных исследований // 5-й Международный конгресс ЭКВАТЭК-2002. Вода: экология и технология : сб. мат. конгр. М., 2002. С. 948.

9. Рубин О.Д., Ильин Ю.А., Уандыков Б.К. Обеспечение безопасности и надежности судоходных гидротехнических сооружений // Материалы научно-практической конференции. г. Волгоград, 17–19 сентября 2002. С. 43–47.

10. Михайлов А.В. О влиянии температурных воздействий на напряженное состояние конструкций докового типа // Гидротехническое строительство. 1967. № 9. С. 16–20.

11. Михайлов А.В., Авдеева В.И. Влияние изменения реактивного давления обратных засыпок на напряженное состояние шлюзовых камер со сплошными днищами // Гидротехническое строительство. 1973. № 1. С. 13–16.

12. Гольцман В.Х., Шейман Л.Б. О расчете доковых конструкций камер шлюзов с учетом натурных наблюдений // Гидротехническое строительство. 1976. № 10. С. 29–34.

13. Ни В.Е. О прочности стен камер шлюзов // Гидротехническое строительство. 1982. № 9. С. 35–38.

14. Ни В.Е. Результаты наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений канала имени Москвы // Гидротехническое строительство. 1977. № 12. С. 28–33.

15. Бочаров В.В., Ни В.Е. Повышение надежности шлюзов // Гидротехническое строительство. 1982. № 9. С. 35–38.

16. Бочаров В.В., Быков Л.С., Даценко Ю.С., Ищенко И.Г., Матросов А.С., Медведев Л.И. и др.

Канал имени Москвы: 50 лет эксплуатации / под ред. Л.С. Быкова и А.С. Матросова. М. : Стройиздат, 1987. 240 с.

17. Пухов И.Е. Физико-механические свойства бетона шлюзов канала имени Москвы // Гидротехническое строительство. 1988. № 8. С. 44–46.

18. Тернавский С.В., Жуков В.Н., Зальцман Ю.О., Любомиров А.А. Усиление стен шлюза № 8 канала имени Москвы предварительно-напряженными анкерами // Гидротехническое строительство. 1996. № 11. С. 8–24.

19. Левачев С.Н., Федорова Т.С. Напряженно-деформированное состояние бетона стен камер шлюзов канала имени Москвы // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 137–149. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.8.137-149

20. Уандыков Б.К. Оценка сейсмической безопасности длительно эксплуатируемых верхней и нижней головы Усть-Каменогорского шлюза // Гидротехническое строительство. 2005. № 8. С. 39–40.

21. Уандыков Б.К. Оценка сейсмической безопасности длительно эксплуатируемых стен камеры Усть-Каменогорского шлюза // Речной транспорт. 2005. № 3. С. 87–88.

22. Уандыков Б.К. Оценка состояния гидротехнических сооружений Шульбинского шлюза // Речной транспорт. 2004. № 1. С. 47–49.

23. Моргунов К.П., Красникова М.В. Анализ напряженно-деформированного состояния элементов камер шлюзов Волгоградского гидроузла при различных условиях эксплуатации // Вестник ГУ морского и речного флота. 2016. Т. 8. Вып. 4. С. 74–85. URL: <https://journal.gumrf.ru/files/articles/38/74-85.pdf>. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-74-85

24. Frishter L.Yu., Ivanov P.S., Isajkin A.S., Shablinskij G.E. Analysis of complex impacts on stress-strain state of the wall chamber lock // Procedia Engineering. 2015. Vol. 111. Pp. 215–219. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.079

25. Frishter L.Yu., Ivanov P.S. The research of stress-strain state wall of the section gateway taking into account changes stiffness // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. Pp. 1035–1038. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.816

26. Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бестужева А.С., Саинов М.П. и др. Гидротехнические сооружения (речные). Часть 2. М. : ЛитРес, 2016. 538 с.

27. Колосов М.А. Повышение надежности работы судоходных шлюзов // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 7. С. 60–61.

28. Ганеев А.М., Рябов Г.Г., Нычик Т.Ю. Исследование вариантов верхней головы проектируемого шлюза Багаевского гидроузла // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. № 3 (43). С. 524–536. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-524-536

29. Ганеев А.М., Кононов В.В. Строительство судоходных гидротехнических сооружений в России (к 200-летию начала подготовки инженеров в области гидротехнического строительства) // Гидротехническое строительство. 2009. № 10. С. 11–17.

30. Баширов Д.С., Ковалев С.В. Реконструкция плотин № 25 и № 27 Беломорско-Балтийского канала // Гидротехническое строительство. 2018. № 7. С. 50–56. URL: <http://gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/511>

31. Баширов Д.С., Ковалев С.В. Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции гидросооружений Беломорско-Балтийского канала // Гидротехническое строительство. 2018. № 6. С. 43–49. URL: <http://gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/510>

32. Комков И.В., Моргунов К.П., Семенников А.В. Исследование свойств бетона камер шлюзов Волгоградского гидроузла // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. Вып. 5 (39). 2016. С. 85–97. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-85-97

33. Fangshu Qian, Titao Wang, Hongwei Ding, Xiaojun Chen. The research on evaluation technology of lock chamber wall // 3rd Proceedings of the 2016 3rd International Conference on Mechatronics and Information Technology. 2016. Pp. 625–628. DOI: 10.2991/icmit-16.2016.113

34. Il'in Yu.A. Calculated substantiation of the method of strengthening the Moscow canal lock chamber walls with prestressed reinforcing members // Hydrotechnical Construction. 1999. Vol. 33. Issue 4. Pp. 208–214. DOI: 10.1007/BF02764508

35. Frishter L.Yu., Ivanov P.S., Isajkin A.S., Shablinskij G.E. Analysis of complex impacts on stress-strain state of the wall chamber lock // Procedia Engineering. 2015. Vol. 111. Pp. 215–219. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.079

36. Burmistrov M.A., Kotenkov Yu.K. Field investigations of the static behavior of a navigation lock chamber // Hydrotechnical Construction. 1967. Vol. 1. Issue 3. Pp. 248–254. DOI: 10.1007/BF02376657

37. Levachev S.N., Gogin A.G., Shaitanov A.M. Comparison of lock chamber calculation methods // Power Technology and Engineering. 2018. Vol. 52. Issue 4. Pp. 418–424. DOI: 10.1007/s10749-018-0968-3

38. Mikhailov A.V., Avdeeva V.I. Effect of a change in the reaction pressure of backfills on stresses in lock chambers with solid bottoms // Hydrotechnical Construction. 1973. Vol. 7. Issue 1. Pp. 20–26. DOI: 10.1007/BF02376746

39. Guo M.Y., Gao C.C., Yang X.L. The Application of analytic hierarchy process (AHP) in the evaluation technology research for lock chamber walls // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 988. Pp. 234–237. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.988.234

40. Moshkov A.B. Discussion of construction norms: Earth pressure on lock chamber walls // Hydrotechnical Construction. 1974. Vol. 8. Issue 7. Pp. 642–648. DOI: 10.1007/BF02377698

41. Xiang J.W., Wang C.F., Zhu X., Huang X.C., Liu Y.H., Zhou J.F. Finite element structural analysis of lock chamber based on uneven covering layer foundation // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 838–841. Pp. 432–438. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.838-841.432

Поступила в редакцию 25 июня 2018 г.

Принята в доработанном виде 10 февраля 2019 г.

Одобрена для публикации 26 марта 2019 г.

О Б АВТОРАХ: **Рубин Олег Дмитриевич** — доктор технических наук, генеральный директор, **Научно-исследовательский институт энергетических сооружений (НИИЭС)**, 125362, г. Москва, Строительный пр., д. 7а, info@niies.ru;

Лисичкин Сергей Евгеньевич — доктор технических наук, заместитель генерального директора, **Инженерный центр сооружений, конструкций и технологий в энергетике (ИЦ СКТЭ)**, 125364, г. Москва, ул. Свободы, д. 35, стр. 36, cskte@mail.ru;

Николаев Валерий Борисович — доктор технических наук, генеральный директор, **Инженерно-строительное бюро «Надежность» (ИСБ «Надежность»)**, 129323, г. Москва, пр. Серебрякова, д. 7, valernik@inbox.ru;

Баширов Дмитрий Сергеевич — генеральный директор, **Акватик**, 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 ж, кор. 5, info@aquatic.ru.

REFERENCES

1. Kirillov A.P., Nikolayev V.B., Belen'kiy B.S., Rubin O.D., Braude V.M. Accounting for the effect of building seams on the strength of massive reinforced concrete structures. *Power Technology and Engineering*. 1983; 6:33-36. (rus.).

2. Nikolayev V.B., Rubin O.D. The improvement of the methods for calculating the strength of reinforced concrete structures of hydraulic structures with construction seams. *Survey information — Energy and*

electrification. Ser. 2. Hydroelectric power stations. 1986; 1:561. (rus.).

3. Rubin O.D., Umnova R.V., Ni V.Ye. Analysis of work and strengthening of dock walls of gateway. *Power Technology and Engineering*. 1988; 8:47-79. (rus.).

4. Rubin O.D., Umnova R.V., Ni V.Ye. Strengthening maintained retaining structures. *Power Technology and Engineering*. 1989; 12:42-45. (rus.).

5. Shcherbina V.I., Rubin O.D., Ni V.Ye. Operation, assessment of the state and development of measures to improve the reliability of locks of Moscow (River) Canal. *A series of "Hydroelectric power stations"*. Moscow, Informenergo Publ., 1989; 7:56. (rus.).

6. Zalesov A.S., Rubin O.D. The nature and cause of the cracking in the walls of the locks of Moscow (River) Canal. *Power Building*. 1990; 11:54-56. (rus.).

7. Rubin O.D. *Strengthening of the dock type gateway walls and control over operation. PRESO-90: materials of conferences and meetings on hydraulic engineering*. Saint-Petersburg, Energoatomizdat Publ., 1991; 73-75. (rus.).

8. Rubin O.D., Lisichkin S.Ye., Il'in Yu.A. Implementation of control over the safety of locks and retaining structures by assessing their actual state on the basis of estimated and full-scale studies. *The 5th International Congress ECWATECH-2002. Water: ecology and technology. Proceedings*. Moscow, 2002; 948. (rus.).

9. Rubin O.D., Il'in Yu.A., Uandykov B.K. The maintenance of safety and reliability of navigable hydraulic structures. *Materials of the scientific-practical conference. Volgograd, 17-19 September*. 2002; 43-47. (rus.).

10. Mikhaylov A.V. On the influence of temperature influences on the stressed state of dock type constructions. *Power Technology and Engineering*. 1967; 9:16-20. (rus.).

11. Mikhaylov A.V., Avdeyeva V.I. The influence of changes in the reactive pressure of backfill on the stressed state of sluice chambers with continuous bottoms. *Power Technology and Engineering*. 1973; 1:13-16. (rus.).

12. Gol'tsman V.Kh., Sheyman L.B. The calculation of dock structures of lock chambers taking into account field observations. *Power Technology and Engineering*. 1976; 10:29-34. (rus.).

13. Ni V.Ye. The strength of the walls of the lock chambers. *Power Technology and Engineering*. 1982; 9:35-38. (rus.).

14. Ni V.Ye. The results of observations of the state of the hydraulic structures of the Moscow Canal. *Power Technology and Engineering*. 1977; 12:28-33. (rus.).

15. Bocharov V.V., Ni V.Ye. Improving the reliability of locks. *Power Technology and Engineering*. 1982; 9:35-38. (rus.).

16. Bocharov V.V., Bykov L.S., Datsenko Yu.S., Ishchenko I.G., Matrosov A.S., Medvedev L.I. et al. *The Moscow Canal. 50 years of operation*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1987; 240. (rus.).

17. Pukhov I.Ye. Physicomechanical properties of concrete sluices of the Moscow Canal. *Power Technology and Engineering*. 1987; 8:44-46. (rus.).

18. Ternavskiy S.V., Zhukov V.N., Zal'tsman Yu.O., Lyubomirov A.A. Strengthening of the gateway walls of the Moscow Canal No. 8 with prestressed anchors. *Power Technology and Engineering*. 1996; 11:8-24. (rus.).

19. Levachev S.N., Fedorova T.S. Stress-strain state of concrete in the walls of lock chambers of the Moscow Channel. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineer]*. 2013; 8:137-149. URL: <http://vestnikmgsu.ru/files/archive/issues/2013/8/ru/18.pdf>. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.8.137-149 (rus.).

20. Uandykov B.K. Estimation of seismic safety of the long-exploited upper and lower head of the Ust-Kamenogorsk lock. *Power Technology and Engineering*. 2005; 8:39-40. (rus.).

21. Uandykov B.K. Estimation of seismic safety of the long-term-operated walls of the Ust-Kamenogorsk lock chamber. *River transport*. 2005; 3:87-88. (rus.).

22. Uandykov B.K. Assessment of the state of the hydraulic structures of the Shulbinsky lock. *River transport*. 2004; 1:47-49. (rus.).

23. Morgunov K.P., Krasnikova M.V. Analysis of stress-strain state elements lock chamber Volgograd hydroelectric complex under different operating conditions. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2016; 8(4):74-84. URL: <https://journal.gumrf.ru/files/articles/38/74-85.pdf>. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-74-85 (rus.).

24. Frishter L.Yu., Ivanov P.S., Isajkin A.S., Shablinskij G.E. Analysis of complex impacts on stress-strain state of the wall chamber lock. *Procedia Engineering*. 2015; 111:215-219. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.079

25. Frishter L.Yu., Ivanov P.S. The research of stress-strain state wall of the section gateway taking into account changes. *Procedia Engineering*. 2016; 165:1035-1038. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.816

26. Rasskazov L.N., Nuts V.T., Aniskin N.A., Malakhanov V.V., Ibragimova A.S., Sainov M.P. et al. *Hydrotechnical structures (river)*. Moscow, LitRes Publ., 2016; 538.

27. Kolosov M.A. Improving the reliability of the navigation locks. *Transport Russian Federation*. 2006; 7:60-61.

28. Gapeev A.M., Ryabov G.G., Nychik T.Yu. Study of options for top head of designed gateway of Bagaevsk waterworks. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O.*

Makarova. 2017; 9(3):524-536. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-524-536

29. Gapeev A.M., Kononov V.V. Construction of navigable hydraulic structures in Russia (on the occasion of the 200th anniversary of the beginning of the training of engineers in the field of hydraulic engineering). *Power Technology and Engineering*. 2009; 10:11-17.

30. Bashkirov D.S., Kovalev S.V. Reconstruction of № 25 and № 27 dams White Sea-Baltic Canal. *Power Technology and Engineering*. 2018; 7:50-56. URL: <http://gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/511>

31. Bashkirov D.S., Kovalev S.V. Development and implementation of a comprehensive project for the reconstruction of hydraulic structures of the White Sea-Baltic Canal. *Power Technology and Engineering*. 2018; 7:43-49. URL: <http://gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/510>

32. Komkov I.V., Morgunov K.P., Semennikov A.V. Investigation of concrete lock chamber Volgograd hydrounit. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2016; 5(39):85-97. DOI: 10.21821 / 2309-5180-2016-8-5-85-97

33. Fangshu Qian, Titao Wang, Hongwei Ding, Xiaojun Chen. Research on evaluation technology of lock chamber wall. *Proceedings of the 2016 3rd International Conference on Mechatronics and Information Technology*. 2016; 625-628. DOI: 10.2991/icmit-16.2016.113

34. Il'in Yu.A. Calculated substantiation of the method of strengthening the Moscow canal lock chamber walls with prestressed reinforcing members. *Hydro-*

technical Construction. 1999; 33(4):208-209. DOI: 10.1007/BF02764508

35. Frishter L.Yu., Ivanov P.S., Isajkin A.S., Shablinskij G.E. Analysis of complex impacts on stress-strain state of the wall chamber lock. *Procedia Engineering*. 2015; 111:215-219. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.079

36. Burmistrov M.A., Kotenkov Yu.K. Field investigations of the static behavior of a navigation lock chamber. *Hydrotechnical Construction*. 1967; 1(3):248-254. DOI: 10.1007/BF02376657

37. Levachev S.N., Gogin A.G., Shaitanov A.M. Comparison of lock chamber calculation methods. *Power Technology and Engineering*. 2018; 52(4):418-424. DOI: 10.1007/s10749-018-0968-3

38. Mikhailov A.V., Avdeeva V.I. Effect of a change in the reaction pressure of backfills on stresses in lock chambers with solid bottoms. *Hydrotechnical Construction*. 1973; 7(1):20-26. DOI: 10.1007/BF02376746

39. Guo M.Y., Gao C.C., Yang X.L. The Application of analytic hierarchy process (AHP) in the evaluation technology research for lock chamber walls. *Advanced Materials Research*. 2014; 988:234-237. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.988.234

40. Moshkov A.B. Discussion of construction norms: Earth pressure on lock chamber walls. *Hydrotechnical Construction*. 1974; 8(7):642-648. DOI: 10.1007/BF02377698

41. Xiang J.W., Wang C.F., Zhu X., Huang X.C., Liu Y.H., Zhou J.F. Finite element structural analysis of lock chamber based on uneven covering layer foundation. *Advanced Materials Research*. 2014; 838-841:432-438. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.838-841.432

Received June 25, 2018.

Adopted in a modified form on February 10, 2019.

Approved for publication March 26, 2019.

ABOUT THE AUTHORS: **Oleg D. Rubin** — Doctor of Technical Sciences, General Director, **Scientific Research Institute of Energy Structures**, 7 a Construction travel, Moscow, 125362, Russian Federation, info@niies.ru;

Sergey E. Lisichkin — Doctor of Technical Sciences, Deputy General Director, **Engineering Center of Structures, Constructions and Technologies in Power Engineering**, 35 Freedom st., Moscow, 125364, Russian Federation, cskte@mail.ru;

Valeriy B. Nikolaev — Doctor of Technical Sciences, General Director, **Engineering and construction Bureau "Reliability"**, 7 Serebryakov travel, 129323, Moscow, Russian Federation, valernik@inbox.ru;

Dmitry S. Bashkirov — General Director, **Aquatic**, 125 zh, building 5 Varshavskoe shosse, 117587, Moscow, Russian Federation, info@aquatic.ru.