

7. Смирнова К. И. Режим современного и прогноз будущего уровня Каспийского моря. -Метеорология и гидрология, 1974, № 1, с. 56-62.
8. Бухарицин П. И., Политов С. А., Лукьянов Ю. С. Влияние колебаний уровня Каспийского моря на экономическое развитие приморской части Астраханской области // Тр. Гос. океанограф. ин-та. Вып. 211. Исследования океанов и морей. - М., 2008. - С. 460-466.
9. Hogendoorn, R. M., Boels, J. F., Kroonenberg, S. B., Simmons, M. D., Aliyeva, E., Babazadeh, A. D., and Huseynov, D.: Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian sea level changes, Mar. Geol., 222–223, 359–380, 2005.
10. A. Naderi Beni, H. Lahijani, R. Mousavi Harami, K. Arpe, S. A. G. Leroy, N. Marriner, M. Berberian, V. Andrieu-Ponel, M. Djamali, A. Mahboubi1, and P. J. Reimer Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian sea. Clim. Past, 9, 1645–1665, 2013/
11. Gegelyantz, A. A., Galperin, E. N., Kosminskaya, I. P., and Krafschina, R. M.: Structure of the earth's crust in the central part of the Caspian Sea from deep seismic sounding data, Dokl. Akad. Nauk, SSSR, 123, 520–522, 1958.
12. Ibrayev, R. A., Ozsoy, E., Schrum, C., and Sur, H. I.: Seasonal variability of the Caspian Sea three-dimensional circulation, sea level and air-sea interaction, Ocean Sci., 6, 311–329, 2010.
13. Бухарицин П.И., Арманский А.Г. Современная характеристика и основные направления реконструкции Волго-Каспийского судоходного канала // Материалы Первой Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (16-18 февраля 2005 г., Астрахань). - Астрахань, 2005. - С. 16-18.
14. Бухарицин П.И. Оценка современно состояния водообеспеченности района западных подступных ильменей // Сборник статей Институт водных проблем РАН. – Москва, 2017. – с. 513-538.

© А. Э. Усынина, А.С. Святский, С. Г. Боярко

**Ссылка для цитирования:**

А. Э. Усынина, А.С. Святский, С. Г. Боярко. Рекомендации по восстановлению водности рыбоходных каналов дельты Волги // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 78–82.

УДК 614.7: 546.13.001.6

**МЯГКАЯ НАПЛАВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ  
В СОСТАВЕ ВОДОЗАБОРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМ  
МНОГОЦЕЛЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ ХОЗЯЙСТВ, ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ**

**Е. Д. Хецуриани<sup>1,2</sup>, В. Л. Бондаренко<sup>3</sup>, А. И. Ылясов<sup>4</sup>, Ф. С. Нозимов<sup>3</sup>, Т. Е. Хецуриани<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И.Платова, г. Новочеркасск, Россия

<sup>2</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

<sup>4</sup>Филиал WTL (США) в Азии, г. Москва, Россия

<sup>5</sup>Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Водозаборный технологический комплекс в составе действующих и создаваемых специализированного типа природно-технических систем ПТС «Природная водная среда – Водозаборный технологический комплекс – Система многоцелевого водоснабжения» («П.В.С.-В.Т.К.-С.М.В.») является важным многофункциональным техногенным компонентом, от конструктивного совершенства которого зависит его экологическая приемлемость (ЭП) [1] к окружающим средам, как доминирующего фактора по обеспечению экологической безопасности (ЭБ) в зонах его влияния. В составе ПТС «П.В.С.-В.Т.К.-С.М.В.» «В.Т.К.», как техногенный компонент, является главным, от функциональной работы которого зависит непрерывное водообеспечение городского хозяйства, населенного пункта и объектов экономики, к примеру (ТЭС, АЭС, ГРЭС и т.п.), в расчётном количестве с обеспечением современных экологических требований. Водообеспечение городского хозяйства, объектов экономики осуществляется путем отбора расчетных расходов ( $Q \text{ м}^3/\text{с}$ ) воды из водных объектов (река, водохранилище), что обуславливает собой ряд важных экологических проблемных задач, основными из которых являются сохранение биологического разнообразия ихтиофауны (различные виды рыб и т.п.) и водной растительности, защиту от токсичных синезеленых водорослей, речной дрейсены и др. На основе анализа результатов многолетних исследований, проводимых нами [1-4] и многими другими авторами [5,7,8] было установлено, что для обеспечения экологических требований по сохранению биологического разнообразия в водном объекте при отборе расчетных расходов воды для «С.М.В.» необходимы новые методологические подходы по обеспечению современных экологических требований, в которых доминирующим является обеспечение ЭБ в зонах влияния «В.Т.К.» в котором водозаборное сооружение, непосредственно взаимодействующего с «П.В.С.» водного объекта [14–17].

**Ключевые слова:** водозаборный технологический комплекс, природно-техническая система, экологическая приемлемость, экологическая безопасность, мягкая наплавная конструкция, физические и геометрические параметры мягкой наплавной конструкции.

**SOFT SURFACED CONSTRUCTION OF A WATER INTAKE STRUCTURE AS PART OF A WATER INTAKE TECHNOLOGICAL COMPLEX OF MULTI-PURPOSE WATER SUPPLY SYSTEMS FOR URBAN HOUSEHOLDS AND ECONOMIC OBJECTS**

**E. D. Khetsuriani<sup>1,2</sup>, V. L. Bondarenko<sup>3</sup>, A. I. Ilyasov<sup>4</sup>, F. S. Nozimov<sup>3</sup>, T. E. Khetsuriani<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>South Russian state Polytechnic University (NPI). M. I. Platova, Novocherkassk, Russia

<sup>2</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup>Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia

<sup>4</sup>WTL (USA) Branch in Asia, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Rostov State Medical University. Rostov-on-Don, Russia

Water technological complex consisting of existing and upcoming specialized type of natural-technical systems PTS "Natural water environment - Water technological complex System of multi-purpose water supply" ("P. V. C.-V. T. K. S. M.") is an important multi-functional anthropogenic component from the constructive perfection of which depends on its environmental acceptability (EA) to environments as the dominant factor for ensuring environmental security (DL) in the zones of its influence. In the composition of the title "P. V. C.-V. T. K. S. M. V." "V. T. K." how the anthropogenic component is important, a functional which depends on a continuous water supply in urban, settlement and economic facilities, for example (TPP, NPP, TPP, etc.), in the estimated amount of providing modern environmental requirements. Water supply of urban economy, economic objects is carried out by selecting the estimated costs (Q m<sup>3</sup> / s) of water from water bodies (river, reservoir), which causes a number of important environmental problems, the main of which are the preservation of the biological diversity of ichthyofauna (various species of fish, etc.) and aquatic vegetation, protection from toxic blue-green algae, river dreysens, etc. Based on the analysis of the results of years of research by us and many other authors of showed that to ensure the environmental requirements for the conservation of biological diversity in a water body in the selection of design water flow for "S. M. V." a need for new methodological approaches to ensure modern environmental requirements, which is the dominant of EB provision in zones of influence "V. T. K." in which the water intake structure directly interacting with a "P. V. S." water object.

**Keywords:** water intake technological complex, natural and technical system, environmental acceptability, environmental safety, soft surfacing structure, physical and geometric parameters of soft surfacing structure.

**Введение**

В развитии нового методологического подхода возникла необходимость в пересмотре действующей многие десятилетия конструктивной парадигме, связанной с использованием традиционных конструктивных материалов (металл, бетон, железобетон) при создании различных типов водозаборных сооружений и на «В.Т.К.». Следует отметить, что действующие в настоящее время различные типы водозаборных сооружений из традиционных материалов [1] не отвечают современным требованиям по показателям ЭП и соответственно не могут обеспечивать необходимую ЭБ [2-4].

Для обеспечения ЭП в отдельных конструктивных элементах и конструкции в целом водозаборного сооружения в составе «В.Т.К.» нами был принят новый конструкционный материал в виде высокопрочной синтетической ткани, который широко используется в строительстве трансформируемых конструкций для различного функционального назначения. Для водозаборных сооружений «С.М.В.» городских хозяйств тканевые материалы, как показали результаты исследований используется в создании мягких наплавных конструкций (МНК), выполняемых из высокопрочных синтетических тканевых материалов, размещаемых в расчетном створе водного объекта с учетом гидравлической структуры водного потока [6]. МНК водозаборного сооружения включает в себя подвижный гибкий экран, размещаемый на глубине водного потока в расчётном береговом створе водного объекта, верхняя кромка которого крепится к системе поверхностных поплавков (2), а нижняя

кромка – к системе заглубленных поплавков (3), которые удерживаются в плановом размещении на водной поверхности и на глубине якорными устройствами (4) через гибкие связи (5). Заглубленный гибкий экран (6) размещается на определенном расстоянии от водозаборного окна (7), который выполняют функцию отвода донных видов ихтиофауны и донных наносов от водозаборного окна, в котором скорость водного потока *v*, исходя из физических особенностей ихтиофауны, не должна превышать 0,1-0,15 м/с.

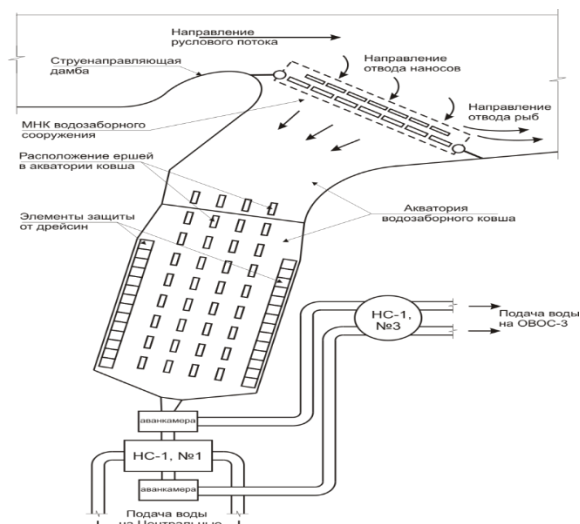


Рис. 1. Водозаборный технологический комплекс «Системы многоцелевого водоснабжения» городов Ростова-на-Дону, Аксая, Батайска

**Материалы и методы.** Исследованиями установлено, что МНК водозаборного сооружения в составе «В.Т.К.» ПТС «П.В.С.–В.Т.К.–С.М.В.»

обладает рядом конструктивных и функциональных преимуществ в сравнении с водозаборными сооружениями, выполненными из традиционных материалов. Наиболее важными преимущественными показателями являются:

- высокий уровень ЭП к окружающей природной среде [1-3];
- многофункциональность, связанная с обеспечением сохранения биоразнообразия ихтиофауны и водной растительности в водном объекте, защиты водозаборного ковша от донных и взвешенных наносов, шуги и плавающих предметов, поступающих из водного объекта [12-13];
- возможность быстрого монтажа и демонтажа сооружения;
- достаточно низкая масса и высокая транспортабельность;
- широкие возможности в автоматизации и управлении и др.

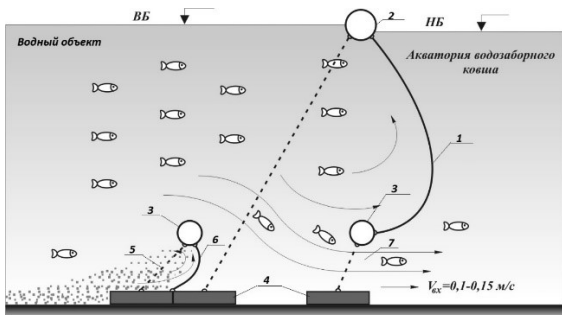


Рис. 2. МНК водозаборного сооружения в составе «В.Т.К.» «С.М.В.»:

1 – гибкий экран задаваемой формы по глубине водного потока; 2 – система поверхностных поплавков; 3 – системы заглубленных поплавков; 4 – якорные устройства; 5 – гибкие связи; 6 – заглубленный гибкий экран; 7 – водозаборное окно

Для МНК водозаборных сооружений в составе «В.Т.К.» городских хозяйств и объектов экономики разработаны три базовых конструктивных элемента: перегораживание верхних слоев водного потока гибким экраном, переживание нижних данных слоев водного потока гибким экраном (1) (рис. 2); перегораживание нижних (донных) слоев водного гибким экраном (6) (рис. 2); перегораживающий гибкий экран по всей глубине водного потока в виде глухой части сооружения для сопряжения с беговыми устоями на водном объекте [6].

Для обеспечения устойчивой функциональной работы МНК водозаборного сооружения важными расчетными элементами являются: - определение гидростатического, гидродинамического давления и волновые нагрузки на гибкий экран (1,6), по данным которых выполняется расчет мягкой оболочки гибких экранов.

**Результаты исследований.** При отборе расчетных расходов воды через донное водозаборное окно (рис. 2); суммарный гидростатический и скоростной напор водного потока определяется по формуле:

$$Z_0 = \frac{v^2}{2gM^2}, \quad (1)$$

где  $M$  – коэффициент расхода для затопленного отверстия с плавными боковыми подходами  $M=0,8-0,85$ ;  $v$  – скорость подхода водного потока к сооружению (рис. 1).

Удельный расход ( $q$ ) отбора воды в водозаборном окне определяется по формуле:

$$q = m\sqrt{2gH^{3/2}}, \quad (2)$$

где  $m$  – коэффициент расхода для подтопленного водослива, определяемый по формуле Базена:

$$m = \left(0,405 - \frac{0,0027}{H}\right) \cdot 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{H-Z}{\rho}\right) \cdot \sqrt{Z/H},$$

где  $H$  – напор воды на гребне водослива.

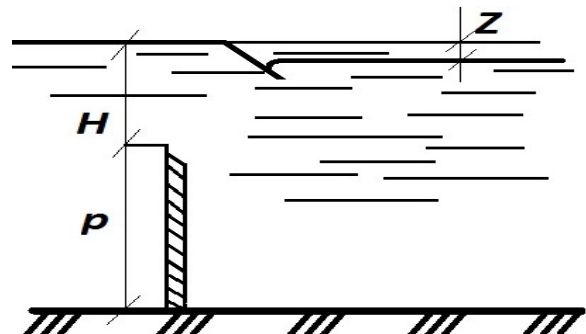


Рис. 3. Расчетная схема для определения  $Z$

Определение перепада  $Z$  сводится к решению нелинейного уравнения в неявной форме по  $Z$ :

$$q = \left[ \left(0,405 - \frac{0,0027}{H}\right) \cdot 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{H-Z}{\rho}\right) \cdot \sqrt{\frac{Z}{H}} \right] \cdot \sqrt{2gH^{3/2}}. \quad (3)$$

Суммарный напор на гибкий экран состоит из статического перепада В.Б. и Н.Б. (рис. 1)  $Z$  и скоростного напора  $\frac{v^2}{2gM^2}$ .

Волновая нагрузка от ветровых и судовых волн на гибкий экран (1) определяется с учётом скоростного напора частиц воды, где в расчёте принимается относительная скорость  $v_{отн}$  элемента оболочки гибкого экрана  $v_{об}$  и воды  $v_{вод}$ , спроецированной на нормаль  $\bar{n}$  элемента оболочки (рис. 4). Скоростной напор от волны  $P^{вол}$  определяется:

$$P^{вол} = \frac{v_{отн} \cdot \bar{n}}{2g}, \text{ а с учетом направления}$$

$$P^{вол} = \frac{|v_{отн} \cdot \bar{n}| v_{отн} \cdot \bar{n}}{2g} \quad (4)$$

$$v_{отн} = v_{вод} - v_{об} \quad (5)$$

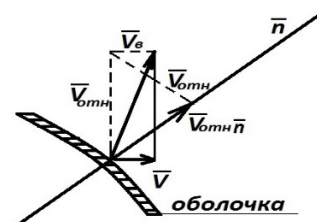


Рис. 4. Векторная схема скоростей

В реальных условиях на водных объектах встречаются преимущественно прогрессивные волны, поэтому скорость частиц воды рекомендуется определять по зависимостям:

$$v_z^{в\text{од}} = Ce^{kz} k \cos(\sigma t + kx), \quad (6)$$

$$v_z^{в\text{од}} = kCe^{kz} \sin(\sigma t + kx), \quad (7),$$

где  $\sigma$  –угловая скорость;  $k = \sigma^2/g$  –волновое число;  $C = ag/$ -постоянная интегрирования;  $a$  – амплитуда волны;  $x$  и  $z$  – координаты точек воды;  $t$  – время.

Скорость элементов оболочки гибкого экрана для каждого момента времени определяется по формуле:

$$v_{xi}^{об} = \frac{dx_i^{об}}{dt}; \quad v_{zi}^{об} = \frac{dz_i^{об}}{dt}, \quad (8),$$

где  $v_{xi}^{об}$  и  $v_{zi}^{об}$  –перемещение  $i$ -ого элемента оболочки гибкого экрана за время  $dt$  в направлении  $X$  и  $Z$  соответственно.

Расчет выполняется численным методом по разработанной нами программе для LBM(ЭВМ).

**Методика расчета конструктивных элементов МНК.**

На основе результатов теоретических исследований МНК, в которых гибкий экран из тканевых материалов рассматривается как цилиндрическая оболочка. Расчет цилиндрической оболочки выполняется на основе решения системы линейных уравнений в соответствии расчетной схемы (рис. 5 а).

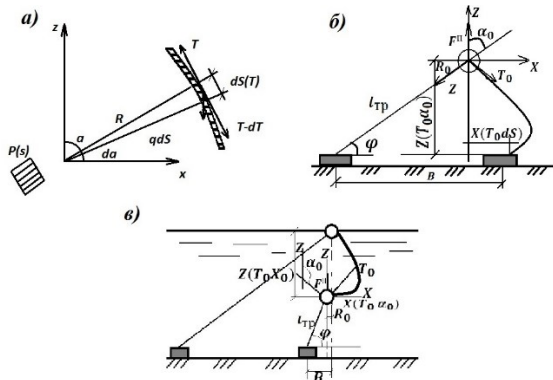


Рис. 5. а – расчетная схема для составления дифференциальных уравнений; б – расчетная схема для углублённого гибкого экрана; в – расчетная схема для гибкого экрана (1)

$$\begin{cases} ds = \frac{d(T \cos \alpha) \cos \alpha}{P \cdot \sin \alpha} \\ dz = \frac{d(T \sin \alpha) \sin \alpha}{P \cdot \cos \alpha - q} \\ ds = \frac{T d\alpha}{P} \end{cases} \quad (9)$$

Решение системы уравнений (15) при учете нелинейности функциональных зависимостей  $p=f(s)$ ;  $ds=f(T)$  выполняется по разработанной программе на ЭВМ.

Инженерный расчет основан на разбивки мягкой оболочки на конечное число взаимосвязанных элементов. Процедура расчета  $i$ -го элемента гибкого экрана оболочки выполняется в последовательности:

$$T_{i+1} = T_i - q_0 \left( Z_i + \Delta S_i \frac{\sin \alpha_i}{2} \right), \quad (10)$$

$$\Delta S_{i+1} = \frac{l_{эк}(T_i)}{n},$$

$$\Delta \alpha = P \left( Z_i + \Delta S_i \frac{\sin \alpha_i}{2} \right), \quad (11)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \Delta \alpha, \quad (12)$$

$$X_{i+1} = X_i + \Delta S_i \cos \alpha_{i+1}, \quad (13)$$

$$Z_{i+1} = Z_i + \Delta S_i \sin \alpha_{i+1}, \quad (14)$$

где  $q_0$  – погонный вес экрана-оболочки;  $T_i$  – усилие в  $i$ -ом элементе;  $\Delta S_i$  – шаг по длине оболочки;  $l_{эк}(T_i)$  – длина экрана оболочки (периметр по высоте);  $\alpha_i, \Delta \alpha$  – текущий угол и приращение по углу;  $X_i, Z_i, Z_{i+1}, X_{i+1}$ -координаты концов элемента. Расчет выполняется по программе, составленной для IBM и ЭВМ

Определение усилия  $T_0$  и начального угла  $\alpha_0$  выполняется методом Ньютона-Канторовича, при котором процедура расчета экрана-оболочки разделяется на две функции:

$$\begin{cases} X_{эк}(T_0 \cdot \alpha_0) = D \\ Z_{эк}(T_0 \cdot \alpha_0) = H \end{cases}, \quad (15),$$

где  $D$  – смещение по  $X$  между верхней и нижней крошки экрана-оболочки;  $H$  – превышение верхней кромки над нижней крошкой.

Для случая, когда положение верхней кромки и нижней кромки гибкого экрана-оболочки зависит от выталкивающей силы поверхностной и заглубленной систем поплавков  $F^n$ , функции нагрузки  $p(z)$ , составляется уравнения «параметров» по  $X$  и по  $Z$ , а действующий фактор следует «завязывать» в определение геометрических параметров водозаборного сооружения. Так, для составления системы уравнений для расчета донного заглубленного гибкого экрана (рис. 5,б) составляется уравнения равновесия системы заглубленных поплавков (рис. 5,б)

$$\begin{cases} F^n = R_{тр} \cdot \sin \varphi + T_0 \cdot \sin \alpha_0 \\ R_{тр} \cdot \cos \varphi = T_0 \cdot \cos \alpha_0 \end{cases} \quad (16)$$

Откуда значение угла ( $\varphi$ ) определяется по формуле:

$$\varphi = \arctg \left( \frac{F^n - T_0 \sin \alpha_0}{T_0 \cos \alpha_0} \right) \quad (17)$$

и уравнения «Периметров» запишутся:

$$\begin{cases} f_1'' = X(T_0 \alpha_0) - B + l_{тр} \cdot \cos \varphi = 0 \\ f_2 = X(T_0 \alpha_0) - l_{тр} \cdot \cos \varphi \end{cases} \quad (18)$$

Аналогичные уравнения периметров будут при расчете вертикального полотнища-экрана с системой поверхностных и заглубленных поплавков и гибких связей (рис. 2(1)).

Расчет усилий в тканевом полотнище-экране выполняется с учетом гидростатического и гидродинамического воздействия от волновых нагрузок.

Расчет выполняется по методу предельных состояний, т.е. наибольшее усилие не должно превышать его несущей способности:

$$T \leq \frac{\gamma_{cd} \cdot R}{\gamma_n \cdot \gamma_{ic}}, \quad (19),$$

где  $T$  – наибольшее расчетное усилие;  $\gamma_{cd}$  – коэффициент условий работы;  $\gamma_n$  – коэффициент сочетания нагрузок;  $R$  – несущая способность системы поплавков.

Расчетное усилие в тканевом материале полотнище-экране определяется по выражению:

$$T = T^H \cdot K_0 \cdot K_{дв} \cdot K_{ст} \cdot K_{дл} \cdot K_T \cdot K_{дин} \cdot K_{ур} \cdot K_{шв},$$

где  $T^H$  – нормативное усилие в ткани гибкого экрана, кН/м;  $K_0=0,7-0$ , – коэффициент однородности материала;  $K_{дв}=0,-0,9$  – коэффициент длительности прочности;  $K_T=0,80-0,95$  – температурный коэффициент;  $K_{дин}=0,80-0,95$  – динамический коэффициент;  $K_{шв}=0,80-0,95$  – коэффициент прочности швов;  $K_{ур}$  – коэффициент условий работы.

Для обеспечения эксплуатационной надежности возникающие усилия в тканевом гибком экране рекомендуется уменьшать в пределах от 2 до 7 раз [6].

На основе результатов исследований и опыта эксплуатации конструкции из тканевых материалов системы поверхностных и заглубленных поплавков рекомендуется выполнять рекомендуется выполнять из стальных электросварных промышленных труб (ГОСТ 10704-76 ст. СЭВ 490-77).

На стадии проектирования периметр вертикального полотнища-экрана ( $L_{в.п.}$ ) конструктивно определяется по выражению:

$$L_{в.п.} = Z \cdot K_p + a + hb/2, \quad (20)$$

где  $Z$  – высота поверхностного слоя водного потока (рис. 5 в) определяется разностью отметок систем поверхностных и заглубленных поплавков;  $K_p$  – конструктивный коэффициент, принимаемый в пределах 1,5–1,6;  $a$  – конструктивно принимается в зависимости от колебания уровней воды на водном объекте в период эксплуатации водозаборного сооружения;  $h$  – высота ветровой волны на водном объекте 5 % обеспеченности или высоты волны от речных судов.

Рабочий периметр заглубленного вспомогательного гибкого экрана ( $b$ ) (рис. 5,б) конструктивно определяется выражением:

$$L_{з.п.} = (1,4 - 1,5) h_{ок}, \quad (21)$$

где  $h_{ок}$  – высота водозаборного окна.

Пространственное размещение заглубленного донного гибкого экрана (рис. 2) относительно вертикального подвижного полотнища-экрана определяется расстоянием ( $B$ ), которое принимается из условий необходимой гидравлической структуры потока перед водозаборным окном для отвода молоди донных видов рыб, донных наносов и составляет в пределах (1,75–2,5)  $h_{ок}$ .

#### Расчет гибких связей и якорных устройств

Исследованиями установлено, что максимальные, что максимальные напряжения в гибких связях возникают при волновых нагрузках на систему поверхностных поплавков (рис. 2). Оценка волновых нагрузок на МНК водозаборного сооружения

выполняется в соответствии со СНиП 2.06.04-82 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения» (волновые, ледовые и от судов).

Максимальное усилие в гибкой связи (каната) возникает в месте крепления с системой поверхностных поплавков и определяется по выражению:

$$N_{max} = \sqrt{R^2 + (F_A - F)^2} \leq R. \quad (22)$$

Уравнение формы гибкой связи при угле атаки волны  $\alpha=90$  град. И возможности неучета её массы имеют вид:

$$\begin{cases} X = \frac{1}{2} [ch(C_i) - ch(\alpha z + C_i)] \\ l_{св} = \frac{1}{2} [ch(\alpha z + C_i) ch(C_i)] \end{cases}, \quad (23)$$

где  $C_i = \text{Intg} \frac{qb}{q} - \alpha h$ .

Для общего случая ( $q=0$ ,  $\alpha \leq 2 \leq 90$  град.  $\delta=f(z)$ ) разработана программа численного расчета на ЭВМ.

$$\begin{aligned} N_{max} &= f_1(h, \lambda, C, d); \quad x = f_2(h, \lambda, C, d, z); \\ l &= f_3(h, \lambda, C, d, z), \end{aligned} \quad (3.30)$$

где  $h$  – высота волны;  $\lambda$  – длина волны;  $C$  – скорость волны;  $d_n$  – диаметр поплавков;  $Z$  – переменная ( $0 \leq Z \leq h$ ).

Якорные устройства выполняются из железобетона в виде плит с петлями для крепления гибких связей. Якорные устройства удерживаются силами гравитации, трения о грунт и присасывания к грунту (рис. 6).

Масса якорного устройства должна составлять не менее:

$$G_{Q.Y.} = \frac{R(\cos \alpha + f_{тр} \sin \alpha)}{f_{тр}} \quad (24)$$

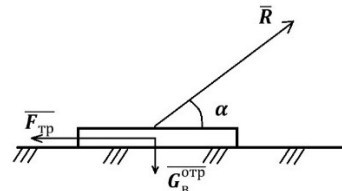


Рис. 6. Расчетная схема якорного устройства:

$f_{тр}$  – коэффициент трения бетона о грунт;

$G_{Q.Y.}$  – масса взвешенного в воде якорного устройства

Объем железобетонной плиты определяется по формуле:

$$V_{Q.Y.} = \frac{G_{Q.Y.}}{\gamma_6 - \gamma_в}, \quad (25)$$

где  $\gamma_6$  – удельный вес железобетона,  $\gamma_6=24-25$  кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_в$  – удельный вес воды  $\gamma_в=10$ кН/м<sup>3</sup>.

Коэффициент трения бетона по грунту  $f_{тр.в}$  в воде: по суглинку 0,3-0,45; по песку мелкому 0,4-0,55; по крупному песку 0,5-0,7; по гравию 0,6-0,8.

#### Выводы:

- на основе результатов анализа конструкций водозаборных сооружений, выполняемых из традиционных материалов (металл, бетон, железобетон) установлен низкий уровень экологической приемлемости к окружающим при-

родным средам и недостаточно обеспечения современным экологическим требованиям;

- использование высокопрочных синтетических тканевых материалов позволило создать МНК водозаборного сооружения в составе «В.Т.К.», что позволяет повысить уровень экологической приемлемости и обеспечение экологической безопасности по основным критерияльным показателям;

- на основе результатов теоретических исследований МНК водозаборного сооружения в составе «В.Т.К.», разработаны методики расчета конструктивных элементов из тканевых материалов при различных режимах работы сооружения во взаимодействии с водной средой водного объекта.

#### Список литературы

1. Бондаренко В. Л., Ылясов А. И., Хецуриани Е. Д., монография Научно-методологические основы природно-технических систем в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем., Новочеркасск 2019
2. Бондаренко В. Л., Г. М. Скибин, В. Н. Азаров, Семенова Е. А., Приваленко В. В; Экологическая безопасность в природо-обустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем: Монография Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 419 с.
3. Бондаренко В. Л., Семенова Е. А., Алиферов А. В., Клименко О. В. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: монография. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. 204 с.
4. Бондаренко В. Л., Дьяченко В. Б. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов // Проблемы региональной экологии № 2 2005 – С. 86–92.
5. Будыко М. И., Дроздов О. А. О влагообороте на ограниченной территории суши // Вопросы гидрометеорологической эффективности ползащитного лесоразведения. – Л.: Гидрометеоздат, 1950.– 248 с.
6. Волосухин В. А., Бондаренко В. Л. Строительные системы охраны водных ресурсов с использованием конструкций из тканевых материалов: монография, Новочеркасская гос. мелиор. академия. – Новочеркасск, Колорит, 2008. -164 с.
7. Лосев К. С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке.– М.: «Космосинформ». – 2001. – 400 с.
8. Речные бассейны / под ред. А. М. Черняева; РосНИИВХ.– Екатеринбург: Изд. «Агроэкология», 1999. – 356 с.
9. Хецуриани Е.Д., Костюков В.П., Угроватова Е.Г. 2016 Гидрологические исследования на реке Дон-в-Александровский ОСВ Водозаборные сооружения // Procedia техники. – Том. 150: (2-я Международная конференция по Промышленному машиностроению, ICIE 2016; Челябинск; Российская федерация; 19 мая 2016) С. 2358-2363.
10. Хецуриани Е.Д., Хецуриани Т.Е. 2016 года будут приняты меры по борьбе с эвтрофикацией водоемов // (приоритетных задач и стратегий развития сельскохозяйственной науки: Сб. наука тр. на базе стажера. научно-практическая. конф., 25 мая 2016 / FTSNiO EVENSIS). – Тольятти., - С. 11-13
11. Хецуриани Е.Д., Фесенко Л. Н., Богачев А. Н., Мордвинцев М. М., Пурас Г. Н., Душенко А. Ю., Бечвая Р. С., Пельчер А. В. Анализ работы Александровского ковшевого водозабора с учетом руслового режима и рыбоводнобиологических показателей реки Дон // Инженерный вестник Дона: [электрон. журнал]. – 2015. - №4
12. Хецуриани Е.Д., Костюков В. П., Хецуриани Т. Е. Analysis and Evaluation of Parameters Determining Maximum Efficiency of Fish Protection // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 262
13. Хецуриани Е.Д., Бондаренко В. Л., Полянский Н. А. Methodological bases of creation and development of a new type of natural and technical system of multipurpose water use un urban areas // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 262.
14. Хецуриани Е.Д.,Бондаренко В.Л., Ылясов А.И., Семенова Е.А. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms [Электронный ресурс] IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 698 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1–5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. - № 055041. - URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055041/pdf>
15. Хецуриани Е.Д.,Бондаренко В.Л., Ылясов А.И., Семенова Е.А. Lightweight constructions in technical water supply systems of thermal and nuclear power plants [Электронный ресурс] IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 698 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1–5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. - № 055042. - URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055042/pdf>
16. Хецуриани Е.Д.,Бондаренко В.Л., Ылясов А.И., Семенова Е.А. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms [Электронный ресурс]IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 698 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1–5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. - № 055040. - URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055040/pdf>
17. Хецуриани Е.Д.,Бондаренко В.Л., Ылясов А.И., Семенова Е.А. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households [Электронный ресурс]IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 698 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1–5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. - № 077053. - URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/7/077053/pdf>.

© Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, А. И. Ылясов, Ф. С. Нозимов, Т. Е. Хецуриани

#### Ссылка для цитирования:

Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, А. И. Ылясов, Ф. С. Нозимов, Т. Е. Хецуриани. Мягкая наплавная конструкция водозаборного сооружения в составе водозаборного технологического комплекса систем многоцелевого водоснабжения городских хозяйств, объектов экономики // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 82–87.