

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Обоснование работоспособности в зимних условиях гибкого устройства селективного водозабора

УДК 556.63

Иванкова Татьяна Викторовна

Магистрант, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический институт (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск); e-mail: academy-design@mail.ru

Статья получена: 21.10.2018. Рассмотрена: 30.10.2018. Одобрена: 05.11.2018. Опубликовано онлайн: 26.12.2018. ©РИОР

Аннотация. В статье приведено обоснование работы в зимних условиях юга России устройства селективного водозабора из водохранилищ и рек из полипропиленовых тканей различной прочности по основе и утку с высокими фильтрационными свойствами, используемыми для задержания плавающих предметов, водорослей, взвешенных наносов.

Ключевые слова: наплавные конструкции, тканевые материалы, селективный водозабор, механическая очистка, ледовые нагрузки.

Совершенствование конструкции, методов расчета и водоохраных технологий с использованием мягких наплавных конструкций за 35-летний период (1973–2008) описано в монографии профессором, д-ров техн. наук В.А. Волосухина и В.Л. Бондаренко [1]. Данная монография является обобщением исследований мягких наплавных конструкций, выполненных в Новочеркасской научной школе [2–7].

В диссертационной работе аспиранта И.А. Зинова [8], выполненной под руководством д-ра техн. наук, профессора В.А. Волосухина, приведены конструктивные, теоретические и натурные исследования мягкой наплавной кон-

струкции из капроновых высокопрочных тканей с двухсторонним резиновым покрытием применительно к водозабору насосной станции из канала в условиях Украинской ССР.

Мягкая наплавная конструкция изготавливалась на Уфимском заводе РТИ из тканей капроновых технических для гибких ограждений с двухсторонним резиновым покрытием по ГОСТ 23114-78 [8]. Физико-механические характеристики этих тканей приведены в таблице.

Натурные ихтиологические исследования подтвердили высокую рыбозащитную эффективность построенной мягкой наплавной конструкции [7]. К недостаткам конструкции следует отнести сравнительно высокую поверхностную плотность (масса 1 м²) 490 ± 30 г/м² и массу всего изделия около 300 кг, что вызывало определенные трудности при монтаже и демонтаже с подъемом анкерных устройств. Мелиоративный канал использовался в весенне-осенний период, поэтому мягкая наплавная конструкция на зимний период демонтировалась и хранилась на складе.

Аспирантом А.С. Кравченко [9] под руководством д-ра техн. наук, профессора В.А. Во-

JUSTIFICATION OF OPERATING CAPACITY OF SELECTIVE INTAKE STRUCTURE (FLEXIBLE TYPE) IN WINTER CONDITIONS

Ivanova Tatyana

Master's Degree Student, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk;
e-mail: academy-design@mail.ru

Manuscript received: 21.10.2018. **Revised:** 30.10.2018. **Accepted:** 05.11.2018. **Published online:** 26.12.2018. ©RIOR

Abstract. This article is devoted to justification of selective intake structure from reservoirs and rivers operating in winter conditions in the South of Russia, manufactured from polypropylene fabrics of various warp strength and high filtration characteristics weft used for detention of floating objects, alga, suspended sediments.

Keywords: floating constructions, fabric materials, selective intake structure primary treatment of wastes, ice load.

лосухина проведены исследования отечественных геотуб из высокопрочного полипропиленового материала (прочность по основе 100 кН/м и по утку 80 кН/м) с высоким коэффициентом фильтрации не менее 9 л/(м²*с) (для поверхности в 200 м² фильтрация составляла $Q=1,8$ м³/с). Объем геотуб для обезвоживания осадка и очистки жидких отходов составлял от 50 м³ до 800 м³. Параметры геотубы после заполнения: высота до 2,0 м; ширина до 15 м; длина до 20 м; объем вмещаемого ила/шлама не менее 400 м³; условный диаметр 9 м; расход материала около 600 м²; прочность заводского шва не менее 40 кН/м.

Методика расчета геотуб из отечественного полипропилена с высоким коэффициентом фильтрации, разработанная В.А. Волосухиным с участием В.С. Волкова и А.С. Кравченко [9; 10], внедрена в ООО «Геострой Юг» (г. Краснодар) [11]. Она показала хорошую сходимость для трех геотуб, установленных в Большом Сочи (периметр геотуб — 24 м, длина геотуб — 35 м (каждой), объем иловых материалов 800 м³, суммарный объем обезвоженного ила в трех геотубах более 2 тыс. м³).

Отечественные геотубы [9; 10] существенно отличаются от греческих [12] и голландских [13], которые имеют свои представительства в России (в С.-Петербурге и Москве).

Мною внесены изменения в базовую конструкцию мягкой наплавной конструкции водо-

заборного сооружения [1, 24]. Предлагается устройство изготавливать из полипропилена с переменной сквозностью по глубине, что позволяет осуществить равномерный селективный водозабор, при этом нити основы и утка, а следовательно, прочность по основе и утку, принимается различной, поверхностная плотность тканевого материала из полипропилена на порядок меньше, чем капроновых равнопрочных тканей с резиновым покрытием, быстро стареющих при воздействии ультрафиолетовых лучей. Якоря предлагается выполнять в виде карманов, наполненных галькой или крупным песком.

Конструкция гибкого устройства селективного водозабора из рек и водохранилищ описана в наших научных статьях [14–17].

Параметры нового инновационного устройства, разработанного нами, обоснованы для условий Партизанского водохранилища (Республика Крым), используемого для подачи воды в г. Симферополь, и Неберджаевского водохранилища (Карачаево-Черкесская Республика), подающего воду в г. Кисловодск.

Водозабор Партизанского водохранилища имеет 4 окна на отметках 266,50 м; 256,15 м; 245,90 м; 235,65 м (отметка гребня плотины 274,00 м). Суточная водоподача $W = 80$ тыс. м³/сут. ($Q = 0,926$ м³/с), среднегодовая водоподача за последние 15 лет составляет около 30,0 млн м³/год.

Таблица

Физико-механические характеристики тканей капроновых технических равнопрочных по основе и утку

Марки ткани	Поверхностная плотность (масса 1 м ²), г/м ²	Число нитей на 10 см		Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50 × 200 мм, не менее				Удлинение при разрыве полоски ткани размером 50 × 200 мм, %, не более		Раздирающая нагрузка полоски ткани размером 250 × 250 мм, не менее			
		по основе	по утку	по основе		по утку		по основе	по утку	по основе		по утку	
				Н	кгс	Н	кгс			Н	кгс	Н	кгс
ТК-50-Р	190±15	100±2	114±2	2452	250	2943	300	23	25	343	35	343	35
ТК-50-Р-1	220±15	86±2	100±2	2452	250	2943	300	25	25	490	50	490	50
ТК-80-Р	340±20	78±2	90±2	3924	400	4414	450	26	30	589	60	589	60
ТК-80-Р-1	300±20	150±2	154±2	3924	400	4414	450	25	28	981	100	981	100
ТК-120-Р	480±30	72±2	78±2	5886	600	6376	650	26	30	883	90	883	90
ТК-120-Р-1	490±30	78±2	86±2	6376	650	7357	750	25	28	2158	220	2158	220
ТК-160-Р-1	690±40	108±2	118±2	8338	850	9319	950	27	30	2550	260	2550	260
ТК-300-Р	1200±60	116±2	118±2	14715	1500	15205	1550	34	37	3924	400	3924	400

Водозабор Эшкаконского водохранилища имеет 3 окна на отметках 1212,00 м; 1185,00 м; 1172,60 м (отметка гребня плотины 1214,5 м). Фактическая суточная водоподача 60 тыс. м³/сут. ($Q = 0,694 \text{ м}^3/\text{с}$). Годовая водоподача за последние 15 лет составляет от 25,15 млн м³/год до 32,14 млн м³/год в зависимости от влажности года.

Предварительно толщина льда (h_d , см) в водохранилище может быть определена по зависимости Ф.И. Быдина [18]:

$$h_d = 2\sqrt{\sum | -T_{\text{сут}} |}, \quad (1)$$

где $T_{\text{сут}}$ — сумма среднесуточных отрицательных температур после образования ледового покрова.

Далее она должна быть уточнена по формулам, приведенным в монографиях [19–21]. На юге европейской части России толщина льда, как правило, не превышает 20–40 см, на реках Сибири она достигает 1,5–2,0 м [18].

Профессором К.Н. Коржавиным [21; 22] на основании многолетних исследований получена формула для определения силы давления льда на отдельно стоящее сооружение:

$$F = 2,5m \cdot k_c \cdot b \cdot h_d \cdot R_c, \quad (2)$$

где m — коэффициент формы сооружения в плане;

k_c — коэффициент неполноты соприкосновения льда с сооружением;

b — ширина сооружения по фронту на уровне действия льда;

h_d — расчетная толщина льда;

R_c — предел прочности льда на сжатие.

В несколько видоизмененном виде она вошла в раздел 5 «Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения» [22; 23]. В близком по смыслу виде она изложена и в Международном стандарте ISO 19906 (2010, 484 с.).

Для снижения ледовых нагрузок на гибкое устройство селективного водозабора мною предложено в зимний период изменять плавучесть трубчатого элемента, выполняемого из полипропиленовой или поливинилхлоридной трубы. Это позволит ему опуститься ниже отметки уровня воды в водохранилище на 0,40–0,50 м и не испытывать на себе ледовые нагрузки. В весенне-летне-осенний период плавучесть трубчатого элемента увеличивается за счет удаления из него воды, что позволяет ему находиться на отметке уровня воды в водохранилище. На параметры поступления воды в водозаборные окна это не оказывает влияния [14–17].

Автор выражает благодарность д-рам техн. наук, профессорам Л.Н. Фесенко и В.А. Волосухину за полезные замечания и пожелания, высказанные по работе.

Литература

1. Волосухин В.А. Строительные системы охраны водных ресурсов с использованием конструкций из тканевых материалов [Текст]: монография / В.А. Волосухин, В.Л. Бондаренко. — Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2008. — 164 с.
2. Бондаренко В.Л. Технологические системы управления качеством воды на водных объектах [Текст]: монография / В.Л. Бондаренко, В.А. Волосухин. — Новочеркасск: Изд-во НИИМ, 1995. — 104 с.
3. Волосухин В.А. Руководство по расчету и применению наплавных конструкций [Текст] / В.А. Волосухин, В.Л. Бондаренко, И.А. Зинов. — Новочеркасск: Изд-во НИИМ, 1993. — 30 с.
4. Волосухин В.А. Научные основы управления температурным режимом водохранилища-охладителя тепловых и атомных электростанций [Текст]: монография / В.А. Волосухин, М.И. Пономаренко. — Новочеркасск: Лик, 2008. — 258 с.
5. Волосухин В.А. Совершенствование технологии формирования температурного режима водохранилища-охладителя тепловых и атомных электростанций [Текст]: монография / В.А. Волосухин, М.И. Пономаренко, М.А. Вольнов; Всерос. НИИ гидротехники и мелиорации. — Новочеркасск: Лик, 2008. — 242 с.
6. Бондаренко В.Л. Мягкие конструкции для регулирования качества воды на водных объектах [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 1997. — 46 с.
7. Сергеев Б.И. Пятьдесят лет научной школе мягких гидротехнических конструкций [Текст] / Б.И. Сергеев [и др.] // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. — 2018. — № 2. — С. 121–129.
8. Зинов И.А. Мембранные наплавные гидротехнические конструкции из тканевых материалов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Новочеркасск: Изд-во НГМА, 1996. — 24 с.
9. Кравченко А.С. Технология очистки малых рек от донных отложений с использованием геотекстильных контейнеров [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: Изд-во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2017. — 23 с.
10. ПрЭВМ 2015663448 Российская Федерация. Функциональные зависимости параметров геотекстильных контейнеров [Текст] / Волосухин В.А., Волков В.С., Кравченко А.С.; правообладатели: Волосухин В.А., Волков В.С.,

- Кравченко А.С. — № 2015617587; заявл. 13.08.2015; опубл. 20.01.2016.
11. Геосинтетические материалы ООО «Геострой» [Электронный ресурс]. — URL: <http://geosintetika.com/> (дата обращения: 10.12.2018).
 12. Продукция компании «Геострой» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.geo-stroy.com/> (дата обращения: 10.12.2018).
 13. Адмир Евразия. Геосинтетика и экологические технологии [Электронный ресурс]. — URL: <http://admir-ea.ru/> (дата обращения: 10.12.2018).
 14. Иванкова Т.В. Рациональное использование водных ресурсов длительно эксплуатируемого Симферопольского водохранилища на реке Салгир, Республика Крым [Текст] / Т.В. Иванкова // Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 5. — № 4. — С. 212–218.
 15. Иванкова Т.В. Рациональное использование водных ресурсов длительно эксплуатируемого Партизанского водохранилища на реке Альма, Республика Крым [Текст] / Т.В. Иванкова // В сб. «Профессионал года 2018»; сборник статей VII Международного научно-практического конкурса. — Пенза, Наука и просвещение, 2018. — С. 142–149.
 16. Иванкова Т.В. Водообеспеченность Республики Крым: состояние, проблемы, перспективы [Текст] / Т.В. Иванкова // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2018»: материалы XI между. науч.-практ. конф.; Красная Поляна, г. Сочи, 11–14 декабря 2018 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. — Новочеркасск: Лик, 2018. — С. 21–29.
 17. Иванкова Т.В. Социально-экологические аспекты использования водных ресурсов сельскохозяйственных регионов Евразии [Текст]: монография / Т.В. Иванкова. — М.: РУСАЙНС, 2017. — 186 с.
 18. Михайлов В.Н. Гидрология [Текст]: учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. — 3-е изд., стер. — М.: Высш. школа, 2008. — 463 с.
 19. Вейберг Б.П. Лед [Текст] / Б.П. Вейберг. — М.: Гостехтеориздат, 1940. — 524 с.
 20. Бернес Х. Ледотехник [Текст] / Х. Бернес / Перев. со второго англ. изд. под ред. В.Е. Тимонова. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1934. — 200 с.
 21. Козлов Д.В. Волновые процессы в водоемах и водотоках с ледяным покровом [Текст] / Д.В. Козлов. — М.: Изд-во МГУП, 2001. — 225 с.
 22. СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000256> — Дата обращения: 10.12.2018 г.
 23. СП 38.13330-2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095522/> (дата обращения: 10.12.2018).
 24. А.с. 672285 СССР, МКЛ.2 E02 B8/02, E02 B9/04 Глубинный водозабор [Текст] / М.И. Лев, К.Л. Казаченко, В.М. Скиарин, А.Ф. Шкондин, В.Л. Бондаренко, Б.И. Сергеев, И.И. Макаров, А.А. Охотников, Ю.Г. Анцигин, К.П. Залавин (СССР). — № 2565020/29-15; заявл. 05.01.78; опубл. 05.07.79; Бюл. № 25.

References

1. Volosukhin, V.A. *Stroitel'nye sistemy okhrany vodnykh resursov s ispol'zovaniem konstruktivnykh iz tkanykh materialov* [Construction systems for the protection of water resources using constructions made of fabric materials]. Novochoerkassk, NGMA Publ., 2008. 164 p.
2. Bondarenko V.L. *Tekhnologicheskie sistemy upravleniya kachestvom vody na vodnykh ob'ektakh* [Technological systems for managing water quality in water bodies]. Novochoerkassk, NIMI Publ., 1995. 104 p.
3. Volosukhin V.A. *Rukovodstvo po raschetu i primeneniyu naplavnykh konstruktivnykh* [Guidelines for the calculation and application of floating structures]. Novochoerkassk, NIMI Publ., 1993. 30 p.
4. Volosukhin V.A. *Nauchnye osnovy upravleniya temperaturnym rezhimom vodokhranilishcha-okhladitelya teplovykh i atomnykh elektrostantsiy* [Scientific basis for temperature control of the reservoir-cooler of thermal and nuclear power plants]. Novochoerkassk: Lik Publ., 2008. 258 p.
5. Volosukhin V.A. *Sovershenstvovanie tekhnologii formirovaniya temperaturnogo rezhima vodokhranilishcha-okhladitelya teplovykh i atomnykh elektrostantsiy* [Improving the technology of forming the temperature regime of the reservoir-cooler of thermal and nuclear power plants]. *Vserossiiskii NII gidrotekhniki i melioratsii* [All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation]. Novochoerkassk: Lik Publ., 2008. 242 p.
6. Bondarenko V.L. *Myagkie konstruktivnyye dlya regulirovaniya kachestva vody na vodnykh ob'ektakh. Dokt. Diss.* [Soft designs for regulating the quality of water in water bodies. Doct. Diss.]. Ekaterinburg, RosNIIVKh Publ., 1997. 46 p.
7. Sergeev, B.I. *Pyat'desyat let nauchnoy shkole myagkikh gidrotekhnicheskikh konstruktivnykh* [Fifty years of scientific school of soft hydraulic structures]. *Puti povysheniya effektivnosti oros-*
8. *haemogo zemledeliya* [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture]. 2018, I. 2 (70), pp. 121–129.
8. Zinov I.A. *Membrannyye naplavnyye gidrotekhnicheskie konstruktivnyye iz tkanykh materialov. Kand. Diss.* [Membrane surfaced hydraulic structures made of fabric materials. Cand. Diss.]. Novochoerkassk, NGMA Publ., 1996. 24 p.
9. Kravchenko A.S. *Tekhnologiya oshchistki malykh rek ot donnykh otlozheniy s ispol'zovaniem geotekstil'nykh konteynerov. Kand. Diss.* [Technology of purification of small rivers from bottom sediments using geotextile containers. Cand. Diss.]. Moskva, FGBNU «VNIIGiM im. A.N. Kostyakova» Publ., 2017. 23 p.
10. *PrEVM 2015663448 Rossiyskaya Federatsiya. Funktsional'nye zavisimosti parametrov geotekstil'nykh konteynerov* [PrEVM 2015663448 Russian Federation. Functional dependencies of parameters of geotextile containers].
11. *Geosinteticheskie materialy ООО «Geostroy»* [Geosynthetic materials of LLC Geostroy]. Available at: <http://geosintetika.com/> (accessed 10 December 2018).
12. *Produktsiya kompanii Geostroy* [Products of the company Geostroy]. Available at: <http://www.geo-stroy.com/> (accessed 10 December 2018).
13. *Admir Evraziya. Geosintetika i ekologicheskie tekhnologii* [Admir Eurasia. Geosynthetics and environmental technologies]. Available at: <http://admir-ea.ru/> (accessed 10 December 2018).
14. Ivanova T.V. *Ratsional'noe ispol'zovanie vodnykh resursov dlitel'no ekspluatiruemogo Simferopol'skogo vodokhranilishcha na reke Salgir, Respublika Krym* [Rational use of water resources of the Simferopol reservoir on the Salgir river for a long time operated, Republic of Crimea]. *Stroitel'stvo i arkhitektura* [Construction and architecture]. 2017, V. 5, I. 4, pp. 212–218.
15. Ivanova T.V. *Ratsional'noe ispol'zovanie vodnykh resursov dlitel'no ekspluatiruemogo Partizanskogo vodokhranilishcha*

- na reke Al'ma, Respublika Krym [Rational use of water resources of the long-operated Partizansky reservoir on the Alma river, Republic of Crimea]. *V sbornike: Professional goda 2018; sbornik statey VII Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konkursa* [In the collection: Professional of the Year 2018; a collection of articles of the VII International Scientific and Practical Competition]. Penza, Nauka i Prosveshchenie Publ., 2018, pp. 142–149.
16. Ivankova T.V. Vodoobespechennost' Respubliki Krym: sostoyanie, problemy, perspektivy [Water availability of the Republic of Crimea: state, problems, prospects]. *Tekhnologii ochistki vody «TEKhnOVOD-2018»: materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; Krasnaya Polyana, g. Sochi, 11–14 dekabrya 2018 g. / Yuzhno-Rossiyskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiiy universitet. (NPI) imeni M.I. Platova* [Tekhnovod-2018 water purification technologies: materials of the XI International Scientific and Practical Conference; Krasnaya Polyana, Sochi, December 11–14, 2018 / South-Russian State Polytechnic University. (NPI) named after MI Platova]. Novocherkassk: Lik Publ., 2018, pp. 21–29.
 17. Ivankova T.V. *Sotsial'no-ekologicheskie aspekty ispol'zovaniya vodnykh resursov sel'skokhozyaystvennykh regionov Evrazii* [Socio-environmental aspects of the use of water resources of agricultural regions of Eurasia]. Moscow: RUSAYNS Publ., 2017. 186 p.
 18. Mikhaylov V.N. *Gidrologiya* [Hydrology]. Moscow: Vyssh. shk. Publ., 2008. 463 p.
 19. Veyberg B.P. *Led* [Ice]. Moscow: Gostekhteorizdat Publ., 1940. 524 p.
 20. Bernes Kh. *Ledotekhnika* [Ice technician]. M.-L.: Gosenergoizdat Publ., 1934. 200 p.
 21. Kozlov D.V. *Volnovye protsessy v vodoemakh i vodotokakh s ledyanym pokrovom* [Wave processes in reservoirs and streams with ice cover]. Moscow: MGUP Publ., 2001. 225 p.
 22. *SNiP 2.06.04-82* Nagruzki i vozdeystviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovye, ledovye i ot sudov)* [SNiP 2.06.04-82 * Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200000256> (accessed 10 December 2018).
 23. *SP 38.13330-2012 Nagruzki i vozdeystviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovye, ledovye i ot sudov). Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.06.04-82** [SP 38.13330-2012 Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships). Updated edition SNiP 2.06.04-82*]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200095522> (accessed 10 December 2018).
 24. Lev M.I., Kazachenko K.L., Skiarin V.M., Shkondin A.F., Bondarenko V.L., Sergeev B.I., Makarov I.I., Okhotnikov A.A., Antsign Yu.G., Zalavin K.P. A.s. 672285 SSSR, MKL.2 E02 V8/02, E02 V9/04 Glubinnyy vodozabor [A.s. 672285 USSR, MKL.2 E02 B8 / 02, E02 B9 / 04 Deep water intake].