

Научная статья
УДК 627. 84
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.91.73.003

Совершенствование водозаборов из поверхностных источников с целью обеспечения надежности противопожарного водоснабжения

Елена Ивановна Голякова¹
Анастасия Петровна Филкова²

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

¹<https://orcid.org/0000-0002-4157-8525>

Автор ответственный за переписку: Елена Ивановна Голякова, piast@sibpsa.ru

Аннотация: противопожарное водоснабжение населенных пунктов – это совокупность мероприятий по обеспечению водой различных потребителей для тушения пожара. В статье рассматриваются методы совершенствования русловых водоприемников для забора воды из поверхностных источников с целью обеспечения надежности водоснабжения, в том числе для противопожарных нужд.

Ключевые слова: водоисточники, противопожарное водоснабжение русловые водозаборы, вихревые камеры, цилиндрические и сегментные входные заграждения

Для цитирования: Голякова Е.И., Филкова А.П. Совершенствование водозаборов из поверхностных источников с целью обеспечения надежности противопожарного водоснабжения// Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 3 (26). С. 34-39. [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.91.73.003](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.91.73.003).

Original article

IMPROVEMENT OF WATER INTAKES FROM SURFACE SOURCES IN ORDER TO ENSURE THE RELIABILITY OF FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY

Elena I. Golyakova¹
Anastasiya P. Filkova²

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

¹<https://orcid.org/0000-0002-4157-8525>

Corresponding author: Elena I. Golyakova, piast@sibpsa.ru

Abstract. Fire-fighting water supply of settlements is a set of measures to provide water to various consumers to extinguish a fire. The article discusses methods of improving channel water intakes for water intake from surface sources in order to ensure the reliability of water supply, including for fire-fighting needs.

Keywords: water sources, fire-fighting water supply, channel water intakes, vortex chambers, cylindrical and segmental entrance barriers

For citation: Golyakova E.I., Filkova A.P. Improvement of water intakes from surface sources in order to ensure the reliability of fire-fighting water supply// Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 3 (26). С. 34-39. <http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.91.73.003>.

Для тушения пожаров в населенных пунктах, как правило, используется вода из искусственных или естественных источников. В городских поселениях противопожарное водоснабжение обеспечивается за счет объединения с хозяйственно-производственным водопроводом. В случаях невозможности подключения к городскому коммунальному водопроводу, а также для пожароопасных объектов предусматривается отдельный противопожарный водопровод низкого или высокого давления. И в том, и в другом случаях важнейшую роль в обеспечении надежности наружного противопожарного водоснабжения играют сооружения для забора воды - водоприемники. Именно водозабор в комплексе с другими элементами водоснабжения (насосами, водопроводной сетью) являются первым звеном достижения эффективности противопожарной защиты объектов в целом.

В системах водоснабжения водозаборные сооружения играют чрезвычайно ответственную роль, так как ущерб при перебоях подачи воды потребителям, в том числе для противопожарных нужд, может многократно превышать стоимость самих водозаборов.

Все инженерные сооружения, входящие в комплекс системы водоснабжения, должны удовлетворять действующим нормативным требованиям. Вместе с тем работа водозаборов зависит еще и от местных условий, не зависящих от человеческих факторов (переформирование русла водоисточника, его обмельчание или перемерзание и др).

Игнорирование этих факторов на стадии забора воды водоприемником, как главным элементом по своему положению и функциональной значимости всей системы водоснабжения, приводит к необеспечению водой в необходимом объеме и требуемом напоре населенные пункты и промышленные предприятия.

В настоящее время большинство водозаборных сооружений и насосных станций первого подъема физически и морально устарели, сроки их эксплуатации намного превышают предельные. Требуется замена изношенного оборудования, либо модернизация существующих конструкций водоприемников, для приведения их в соответствие с современными нормами и правилами [1].

Как показывает практика эксплуатации водозаборов, наибольшее распространение на территории Российской Федерации получили затопленные водоприемники, так называемые оголовки, расположенные вблизи берега или выдвинуты в русло водоисточника [2]. По надежности они близки к незатопляемым, так как лишь в отдельные непродолжительные периоды года (половодье, паводки) их водоприемные отверстия недоступны для обслуживания. Следует также учитывать, что в отдельные периоды эксплуатации в работе затопленных водоприемников возникают различные осложнения: засорение загрязнениями, водорослями, внутриводным льдом, глубинными наносами, а также обмерзание сороудерживающих решеток в зимний период.

Основным технологическим элементом водоприемника любой конструкции являются входные отверстия, располагаемые на водоприемной панели и служащие для забора воды из водоисточника. От их размера, расположения (вертикальное, наклонное, горизонтальное), типа заграждения (решетки, фильтры, сетки), сопряжения его с самим оголовком зависит эффективность водоотбора.

В первую очередь усовершенствование затопленных водоприемников развивалось в направлении увеличения водозаборной площади за счет удлинения оголовков и двухстороннего или двухярусного их исполнения, что приводило к громоздкости сооружения и значительному удорожанию. В таких конструктивных решениях не обеспечивалось постоянство удельной нагрузки по расходу, что приводило к быстрому засорению отдельных участков водоприемного фронта и снижению водоподачи.

Разработанные во второй половине прошлого столетия во ВНИИ ВОДГЕО (ГНЦ РФ ОАО «НИИ ВОДГЕО») водоприемники с вихревой камерой, сокращающих в 1,3 раза удельный строительный объем (на 1 м² площади водоприемных отверстий), позволили обеспечить равномерность скоростей и расходов по длине водоприемного фронта, улучшить условия селективного водоотбора, что немаловажно для водоисточников с малой глубиной, а также промывку заграждений, устанавливаемых во входных отверстиях [2].

Отличительной конструктивной особенностью водоприемника с вихревой камерой является переменное (телескопическое) сечение с увеличивающейся по направлению внутреннего течения площадью (рис. 1). Втекание воды в камеру тангенциальное через продольную щель постоянной или переменной высоты, вследствие чего поток воды в коллекторе, расположенном под водоприемными отверстиями, закручивается, совершая, кроме поступательного, и вращательное движение. Скорость течения воды в щели должна быть больше скорости течения в камере не менее чем в 1,15 раза. При указанном соотношении скоростей течения, поступающие в камеру по ее длине расходы воды, оказываются практически постоянными.

В процессе совершенствования оголовков от простейших раструбов с лобовым приемом воды до вытянутых вдоль направления потока вихревых камер с рассредоточенным боковым водоприемным фронтом прослеживается тенденция увеличения производительности водозаборов до 3,5 м³/с при увеличении нагрузки на самотечную трубу, отводящую воду из камеры, градиента напора по ее длине.

При всех преимуществах до настоящего времени широкое применение вихревых камер для строительства новых водозаборов сдерживается сложностью изготовления телескопической камеры.

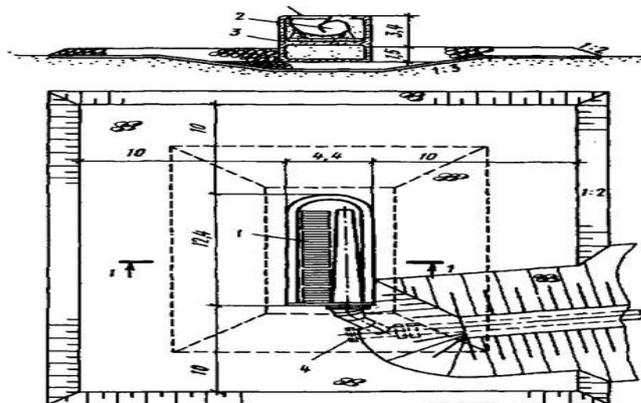


Рис. 1. Затопленный водоприемник с вихревой камерой.
1 - водоприемные отверстия, 2 - вихревая камера (водосборный коллектор),
3 - железобетонный корпус, 4 - самотечный водовод.

Для увеличения производительности водоприемников в случае роста водопотребления, улучшения маневренности их эксплуатации при изменениях кинематических параметров водоподачи или гидрологических условий водоисточника, авторами настоящей статьи предлагается метод наращивания водоприемного фронта без изменения габаритов водоприемников, то есть усовершенствование действующих водозаборных сооружений с вихревыми камерами путем их реконструкции: заменой плоских входных заграждений на выступающие в поток [3].

Конструктивное отличие предлагаемых решений заключается в изменении конфигурации съемных заграждений (решеток, фильтрующих касет), которым придается цилиндрическая или коноидальная форма, что позволяет увеличить площадь водоприемного фронта до 2 – 2,5 раз (рис.2), а также увеличить соотношение скоростей течения в водоисточнике и втекания отбираемой в водоприемник воды, что уменьшает степень засорения и повышает эффективность водозабора. Оголовки с вихревыми камерами с выступающими в поток заграждениями

в водозаборных окнах в различном их исполнении имеют достаточно широкий диапазон производительностей.

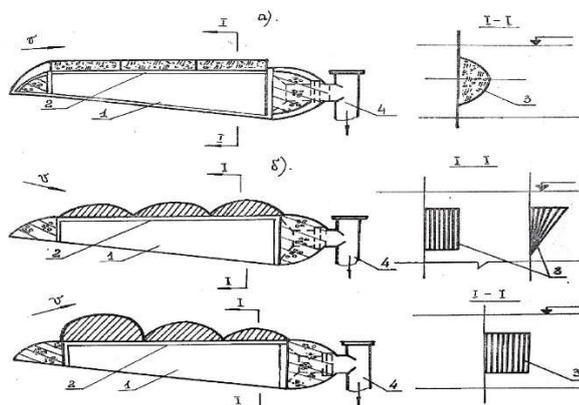


Рис.2. Водоприемники с цилиндрическими и коноидальными входными заграждениями
 1 - оголовок с вихревой камерой; 2 - водоприемные отверстия, 3 - входные устройства, 4 - отводная труба
 а) вихревая камера с сегментными касетами, наполненными насыпным фильтрующим материалом (керамзит, щебень, гравий); б) вихревая камера с цилиндрическими или коноидальными решетками; в) вихревая камера с переменной выпуклостью решеток.

Для забора воды из водоисточников с малыми глубинами ($H = 3 - 4$ м) и скоростями течения ($V < 0,1$ м/с), либо водоемов при отсутствии течений оптимальными с гидравлической точки зрения являются входные заграждения с выпуклой цилиндрической поверхностью, ограниченной сверху и снизу сегментными козырьками, позволяющими максимально отбирать воду из средних слоев потока, не захватывая ни донных наносов, ни поверхностных загрязнений. Оптимальная степень выпуклости в поток входных заграждений (отношение стрелки сегментного козырька к ширине входного отверстия) $\eta = 0,5$ – для цилиндрической, $\eta = 0,3$ - для сегментной форм поверхности.

Некоторое увеличение водоприемной цилиндрической поверхности достигается приданием ей коноидальной формы, скошенной под острым углом к нижней кромке входных отверстий и ограниченной сверху козырьком. Угол ориентации стержней коноидальных решеток к направлению течения водоисточника делает ее самоочищающейся, так как загрязнения перекатываясь по скошенной поверхности, не попадают в камеру, обеспечивая лучшие гидравлические условия водоотбора. Еще более увеличить равномерность втекания по коноидальной поверхности решеток можно достичь переменным сечением стержней или переменной шириной прозоров между стержнями.

При увеличенных скоростях $V > 0,1$ м/с, во избежание зон повышенного давления регулирование распределения удельных нагрузок и расходов бокового притока достигается последовательно уменьшающейся степенью выпуклости входных заграждений по длине камеры ($\eta_1 > \eta_2 > \dots > \eta_n$). При этом предпочтительнее односторонний забор воды при небольшом повороте водоприемной поверхности к направлению транзитного течения водоисточника на 15° (угол вектора скорости на рисунке 2), не «реагирующий» в отличие от двухстороннего на несимметричное обтекание оголовка потоком.

Степень выпуклости каждого последующего заграждения предлагается определять по зависимости, удобной для практического использования:

$$\eta_i = \eta_1 \left(1 - \frac{i-1}{n} \right)$$

где:

η_i - степень выпуклости входных заграждений;

η_1 - степень выпуклости первого (верхового) заграждения;

$$\eta_1 < \frac{2,5 \cdot Q}{n \cdot v}$$

n – количество входных заграждений;

i – порядковый номер заграждения;

Q – расход забираемой воды, м³ /с;

V – скорость течения в водоисточнике, м/с.

Степень выпуклости первого по течению входного заграждения можно определить по формуле:

$$0 < \eta_1 \leq 5,5 \frac{Q_B}{n \cdot v \cdot S_{ж}}$$

где:

$S_{ж}$ – площадь живого сечения входного заграждения, м².

Цилиндрические и коноидальные заграждения при плавном сопряжении с телом оголовка (вихревой камерой) создают минимальные сопротивления обтекающему потоку, а так называемая «секционная» их установка с последовательным уменьшением степени выпуклости от верхового торца вихревой камеры к низовому позволяет перераспределить нагрузку по расходу с перегруженных на недогруженные панели водозаборного фронта, что обеспечивает равномерность втекания в заграждения при уменьшении сжатия потока и потерь напора, следовательно увеличение расхода.

Водоприемники с улучшенными гидравлическими и кинематическими характеристиками – съемные выпуклые заграждения цилиндрической и коноидальной формы, устанавливаемые во входных отверстиях оголовков в виде вихревых камер, позволяют маневрировать внешним потоком в области питания водозабора за счет регулирования расхода и скорости. Достоинства такого способа модернизации водоприемников являются:

- простота в сочетании с оригинальностью, удобство в эксплуатации (замена съемных входных заграждений с заданными параметрами при необходимости);
- компактность, незначительное стеснение потока водоисточника по сравнению с обычными вихревыми камерами и плоскими заграждениями;
- обеспечение нормативных скоростей втекания потока при изменении внешних условий: гидрологической обстановки, подключении к водозабору новых водопотребителей.

Совершенствование водозаборов из поверхностных источников позволит повысить надежность противопожарного водоснабжения, являющегося неотъемлемой частью общего водоснабжения.

Список источников

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*.
2. Вдовин Ю.И., Лушкин И.А., Халиков Р.К., Хецуриани Е.Д./ Водозаборы из поверхностных источников: состояние, проблемы, тенденции совершенствования // Вестник СГАСУ.- 2011.- № 2.- с. 55-61.
3. АС 222986 СССР «Водоприемник для забора воды из водоема» /Образовский А.С.
4. АС 1266924 СССР «Речной водоприемник» /Голякова Е.И., Курганов А.М.

List of sources

1. SP 31.13330.2012 Water supply. Outdoor networks and structures. Updated version of SNIP 2.04.02-84*.
2. Vdovin Yu.I., Lushkin I.A., Khalikov R.K., Hetsuriani E.D./ Water intakes from surface sources: state, problems, improvement trends // Herald of the SamGASU.- 2011. - No. 2.- pp. 55-61.

3. Patent Reference 222986 USSR «Water intake for water intake from a reservoir» /Obrazovsky A.S.
4. Patent Reference 1266924 USSR «River water intake» /Golyakova E.I., Kurganov A.M.

Информация об авторах
Е.И. Голякова - кандидат технических наук
Information about the author
E. I. Golyakova - Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакция 18.03.2022; одобрена после рецензирования 13.09.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 18.03.2022, approved after reviewing 13.09.2022, accepted for publication 29.09.2022.