

Применение альтернативных источников энергии для повышения надёжности функционирования гидросооружений башенного типа

И.А. Рахимжанова, д.с.-х.н., М.Б. Фомин, к.т.н., В.С. Стеновский, к.т.н., Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, З.В. Макаровская, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Московский ГУПП

Ведущие специалисты в области проектирования систем водоснабжения отмечают, что водонапорные башни вместе с преимуществами имеют ряд технических недостатков. Основной проблемой при их эксплуатации является нарушение рабочего цикла в зимний период, вызванное прерывным водопотреблением, замедлением расхода воды, выходом из строя датчиков уровня, протечками, переливами.

На сегодняшний день развиваются две тенденции повышения эффективности работы гидросооружений башенного типа при отрицательных температурах окружающего воздуха, что соответственно предполагает формирование двух проектных направлений. Приоритетным является выявление принципов, лежащих в основе конструирования сооружений, устойчивых к разрушениям ледяными образованиями. Особое внимание при создании базовых физико-математических моделей буферных ёмкостей, эксплуатируемых при низких температурах окружающего воздуха, следует уделять методам оптимизации и определению достоверных путей схемной реализации устройств для устранения последствий нарастания льда. В основе другого направления лежат процессы повышения технологичности уже эксплуатируемых конструктивных схем посредством их частичной модернизации или полной замены с целью снижения скорости процесса льдообразования и повышения функциональной устойчивости [1].

Особенностью является то, что в обоих вариантах инженеры, изучая природу процесса льдообразования и закономерности его разрушения в различных температурных средах, разрабатывают схмотехнические решения с последующей их реализацией в механизмы и устройства, обеспечивающие длительные периоды сопротивления башен перемерзанию и выходу их из строя [2, 3].

Материал и методы исследования. Изучение вопроса повышения функциональной устойчивости водонапорных ёмкостей показало актуальность и наукоёмкость проблемы формирования комплексно-методического подхода к созданию технических решений, предполагающих использование природно-климатического потенциала территории, на которой расположены водораспределительные системы, обслуживающие объекты сельскохозяйственного назначения.

Однако реалии эксплуатации водонапорных башен при низких температурах и конкретно при дискретном водопотреблении, что соответствует ночному периоду водорасхода, ориентируют технологию на использование ветрогенератора мощностью от нескольких сотен ватт до нескольких киловатт. Габаритные характеристики таких ветроустановок и специфика процесса льдообразования в водонапорных ёмкостях являются технико-физическими показателями, которые необходимы при проектировании технологической системы обеспечения устойчивости буферных накопителей к обледенению.

В связи с этим авторами была разработана принципиальная схема водонапорной башни с ветротурбиной и термоактиватором, реализующим дополнительное механическое воздействие на ледяное образование в зонах интенсивного стока тепловой энергии. Конструкция является технической инновацией, имеющей логические функциональные связи и параметрические зависимости, предполагающие создание и анализ математической модели предложенного технического решения, сущность которого достоверно реализуема в опытном образце (рис. 1) водонапорной башни, содержащей ветротурбину, установленную на крышке башни. При монтаже башня была снабжена термоактиватором, перемещающимся по вертикальному четырёхгранному валу, вращение которого в подшипниковых опорах возможно в реверсивном режиме. Это обеспечивает переход от верхней мёртвой точки к нижней и обратно, свободно перемещающегося термоактиватора, который за счёт лопастей отталкивается при вращении от воды, не только подрезая при этом слой льда, который растёт от периферии к центру башни, но и не давая льду образовываться за счёт выделяемой термоактиватором тепловой энергии, образующейся в результате внутрижидкостного трения между его дисками. Конструкция гидросооружения интересна ещё и тем, что позволяет эффективно использовать энергию резервуара башни, углублённого в землю и обеспечивающего забор радиогенного тепла из грунта с дальнейшей передачей его в общий объём жидкости башни посредством конвективного теплообмена.

Спроектированная модель водонапорной башни 1 имеет водоотвод 2 и входной трубопровод 3. Входное отверстие, которое находится в резервуаре башни 4, углублено под землю. Крышка 5 башни оборудована ветрогенератором 6, передающим силовой поток вертикальному четырёхгранному валу 7, вращающемуся в подшипниковых опорах в реверсивном режиме для обеспечения

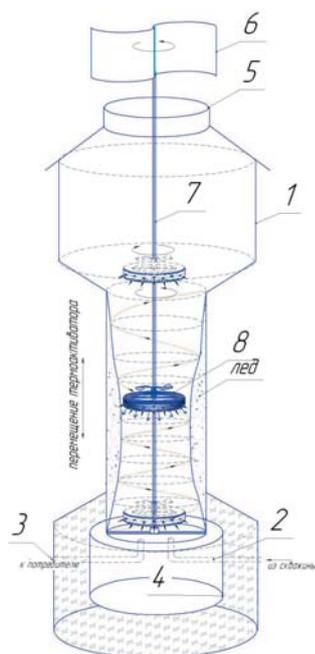


Рис. 1 – Водонапорная башня с комбинированным подводом энергии:
 1 – водонапорная башня; 2 – водоотвод; 3 – входной трубопровод; 4 – подземный резервуар; 5 – крышка, 6 – ветроустановка; 7 – вал; 8 – термоактиватор

равномерного воздействия на ледяные наросты во внутренней полости буферной ёмкости и эффективного распределения в общем объёме жидкости температурного поля, блокирующего образование излишней наледи.

Дополнительное поступление тепловой энергии от грунта к охлаждённой воде в подземном резервуаре, благодаря вынужденному конвективному теплообмену в ёмкости башни, увеличивает переходный период остывания всего объёма воды при внезапном экстремальном охлаждении окружающей среды. Вследствие этого устойчивость водонапорной башни к обледенению повышается и сохраняется её функциональность даже при критических эксплуатационных условиях [2–5].

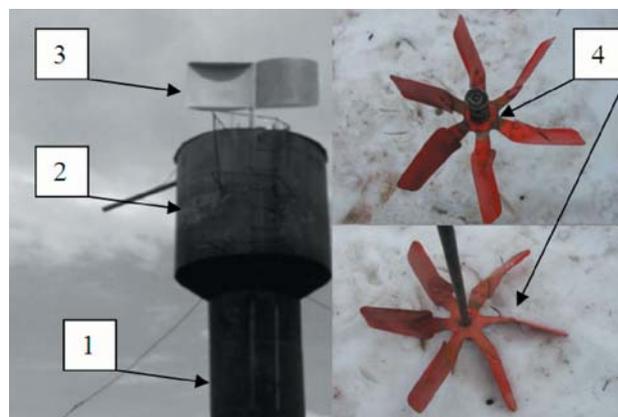


Рис. 2 – Водонапорная башня с ветроустановкой:
 1 – стойка; 2 – бак; 3 – ветроустановка с вертикальной осью вращения; 4 – активатор циркуляционных потоков

Результаты исследования. Для экспериментального исследования предложенных технических решений на реальном производстве водонапорная башня ВБР-15У-10 была оснащена ветроустановкой, осуществляющей вращение расположенного в баке активатора. Башня с установленной на ней ветроустановкой изображена на рисунке 2.

При испытаниях в производственных условиях изучено взаимодействие рабочих лопастей с гидросредой, что позволило сделать заключение о возможности активации тепловой энергии и минимизации площади действия осевых толкающих сил, обеспечивающих динамический упор лопастной конструкции на рабочую среду, для числа лопастей не более 8, даже в интервале малых скоростей ветра [1, 4]. Увеличение числа лопастей более 8 не приводит к изменению момента сопротивления ротора активатора, и соответственно нет необходимости в технической реализации многолопастной конструкции.

Установлено, что в процессе эксплуатации данной водонапорной ёмкости с учётом кризисного периода отрицательных температур для её функциональной устойчивости требуется дополнительно 10 кВт тепловой энергии.

В то же время увеличение числа лопастей больше 8 не приводит ни к существенному увеличению момента, ни к существенному снижению частоты вращения ротора активатора. Это особенно заметно на графиках $M=f(N)$ при $\omega = Const$ и $\omega = f(N)$ при $M = Const$ (рис. 3).

Таким образом, при производственном конструировании и изготовлении для практических целей предлагаемых активаторов рекомендуется ограничиться числом лопастей на уровне 6–8 ед.

Был также проведён опыт по определению времени намерзания слоя льда в стойке водонапорной башни от $r_n = 0,44$ м до $r_n = 0,27$ м при следующих погодных и эксплуатационных условиях: средняя температура в период наблюдения -20°C ; среднесуточный расход воды из бака водонапорной башни $Q = 0,5$ м³/ч и средняя скорость ветра $V = 4$ м/с. Время намерзания указанного слоя льда фактически составило 60 часов. Это же время, рассчитанное теоретически, составило 64,8 часа. Расхождение результатов составило 7,7%, что подтвердило адекватность математической модели процесса обледенения водонапорной башни типа «бак-стойка» (башни Рожновского) [6].

Как показала практика, подвод дополнительной мощности от альтернативных источников, преобразованной в тепловую энергию, практически целесообразен в диапазоне относительного радиуса обледенения от 0,1 до 0,6 м, где затраты мощности на поддержание стабильного объёма ледяной массы не находятся в зависимости от изменения диаметра бака. Техничко-экономический анализ агрегатирования водонапорной башни

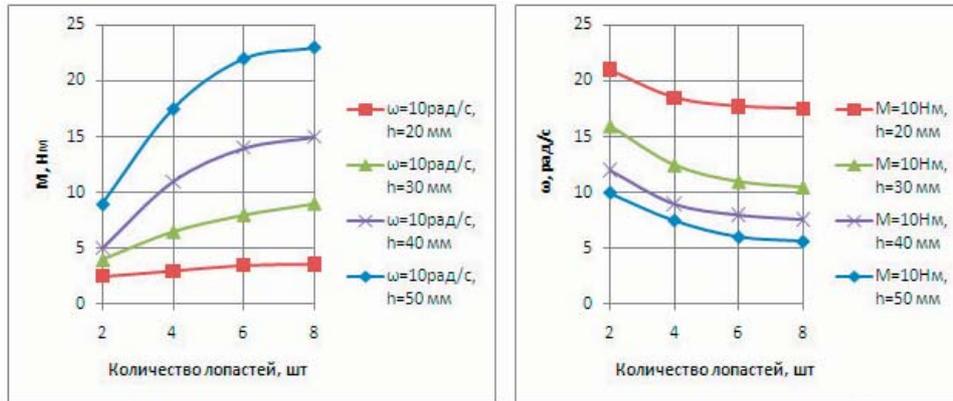


Рис. 3 – Результаты испытаний активатора циркуляционных потоков (h – высота лопастей)

ВБР-15-У-10 с ветроагрегатом показал, что при самых неблагоприятных условиях её охлаждения в диапазоне температур от -30°C до -25°C компенсационная дополнительная мощность для обеспечения устойчивости к обледенению не превысит 14 кВт [7, 8].

Литература

1. Петько В.Г., Рязанов А.Б., Фомин М.Б. Водонапорная башня с ветроколесом // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2. С. 32.
2. Асманкин Е.М., Фомин М.Б., Рязанов А.Б. Использование низкопотенциальной энергии для предотвращения льдообразования в металлических водонапорных башнях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 6. С. 27–28.
3. Фомин М.Б. Ветроэнергетическая установка для повышения устойчивости металлической водонапорной башни к обледенению // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 87–89.
4. Асманкин Е.М. Водонапорная башня / Е.М. Асманкин, М.Б. Фомин, И.А. Рахимжанова, Э.А. Нигматов // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели» RU 162119, 2016. Бюл. № 15.
5. Асманкин Е.М. Повышение эффективности использования водонапорной башни сельскохозяйственного назначения при отрицательных температурах окружающей среды / Е.М. Асманкин, Ю.А. Ушаков, М.Б. Фомин, Л.Р. Фомина // V SCIENTIFIC CONGRESS. «AGRICULTURAL MACHINERY». 21-24.06.2017. PROCEEDING. Volume 2: Uses of machines. Maintenance and repair of agricultural machines. Conserving Soils and Water. YEAR I. Varna, Bulgaria. 2017. С. 149–151.
6. Асманкин Е.М. Математическая модель функционально-параметрического состояния водонапорной башни для условий эксплуатации при отрицательных температурах окружающего воздуха / Е.М. Асманкин, Ю.А. Ушаков, И.А. Рахимжанова, М.Б. Фомин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 72–74.
7. Асманкин Е.М. Обоснование достоверности модели функционально-параметрического состояния водонапорной башни системы водоснабжения объектов сельскохозяйственного назначения / Е.М. Асманкин, Ю.А. Ушаков, М.Б. Фомин, Н.К. Комарова, А.А. Аверкиев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (61). С. 48–50.
8. Петько В.Г., Фомин М.Б. Анализ условий обледенения водонапорной башни Рожновского в системе водоснабжения объектов АПК // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 85–89.