

УДК 628.1.034.2:664.1+628.179.2

В.И. Щербаков, Т.В. Поливанова*, В.В. Буромский**

ФГБОУ ВПО «ВГАСУ», ФГБОУ ВПО «ЮЗГУ»,
АООТ РЫЛЬСКСАХАР***

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

Рассмотрены вопросы технологии и приведены рекомендации по улучшению работы и модернизации сооружений системы охлаждающего водоснабжения сахарных заводов. Представлены усовершенствованные конструкции охлаждающих устройств.

Ключевые слова: обратное водоснабжение, сахарные заводы, рекомендации, градирни, охлаждающее водоснабжение.

Сахарные заводы в России и их водное хозяйство подразделяются на 3 группы по мощности: 1 группа — 6000 т/сут переработки свеклы; 2 группа — 3000 т/сут; 3 группа — 2000 т/сут. Водное хозяйство заводов по своей сложности и водоемкости не имеет аналогов среди других предприятий пищевой промышленности. Водоемкость сахарного производства велика и составляет в среднем до 20 т воды различного качества на 1 т перерабатываемой свеклы, в т.ч. 2...3 т свежей речной воды. Для проведения технологических процессов расходуется обратная вода, конденсат, жомопрессовая вода и др. Вода занимает основное место в физико-химических, теплотехнических процессах переработки свеклы и выработки сахара, в т.ч. содержание воды в клетках свеклы составляет 75 % по массе свеклы; вода для охлаждения и конденсации пара в вакуум-конденсаторных установках (ВКУ) с созданием вакуума для кристаллизации сахара; вода повторно-последовательного использования (вода — пар — конденсат — пар, вода — сок — сироп — конденсат). Общее содержание воды в процессах производства до 85 %.

В настоящее время технический уровень оборудования и технологии сахарного производства значительно повысился, установлено много нового оборудования, система автоматизированного управления (САУ) технологических процессов, одновременно повысились требования к качеству сахара ГОСТ 21—94, снижению расхода топлива, известкового камня, потребления свежей воды. В связи с вступлением России в ВТО изменяются технические условия на процессы производства. При этом возросли требования экологических служб к балансовой схеме водопотребления и водоотведения. Снижение расхода потребляемой свежей воды является одной из основных задач в экономике сахарной промышленности. Значительную роль в снижении расхода свежей воды играет эффективность процесса охлаждения и аэрации условно-чистых вод I категории [1—4].

Значительное количество воды (до 1000 % к массе свеклы) в сахарном производстве расходуется на охлаждение и конденсацию паров вакуум-аппаратов при кристаллизации сахара.

Для этой цели используется в основном оборотная вода, которая в замкнутом контуре проходит процесс охлаждения, аэрации, очистки и обеззараживания хлорсодержащими реагентами.

Установлено, что для охлаждения используют градирни (54 %), 27 % заводов сбрасывают воду в технические пруды, 14 % заводов используют пруды-охладители, 5 % — брызгальные бассейны. Эффективность находящихся в эксплуатации башенно-вентиляторных градирен составляет не более 60...70 %, а у прудов-охладителей и брызгальных бассейнов еще ниже [2, 5—7].

На рис. 1 приведена блок-схема водного хозяйства сахарного завода во взаимодействии с технологической и тепловой схемой переработки свеклы с выделением оборотной схемы охлаждающего водоснабжения. Из схемы видно, что вода в свеклосахарном производстве находится в четырехосновных системах обеспечения процессов производства, в т.ч. оборотные системы вод I категории (промышленные воды) — оборотные системы II категории (подача свеклы в переработку, мойка свеклы) — непосредственно в технологическом и тепловом процессе (диффузия, дефекосатурация, фильтрация, выпарка сахара, кристаллизация). В целом количество воды, используемой в сахарном производстве, составляет 80...85 %, кроме того, в свекле 75 % воды, которая поступает в производство как «приход» в балансовую водную схему. Исследование действующих систем охлаждающего водоснабжения сахарных заводов, разработка новых, высокоэффективных и экономичных видов градирен, модернизация действующих являются наиболее важной задачей [6, 8].

Техническая оценка действующих систем охлаждающего водоснабжения:

градирни — водораспределительная система, как правило, состоит из коллекторов с коническими насадками или в лучшем случае эвольвентными форсунками, а охлаждение происходит за счет конвективного обмена в капельных оросителях. Срабатываемый температурный перепад (по воде) не превышает 8...12 °С. Этим обусловлена низкая эффективность градирен — температура охлажденной воды редко снижается ниже 28...30 °С, что приводит к увеличению количества свежей воды для подпитки системы;

пруды-охладители являются сооружениями низкой эффективности, применяются на сахарных заводах небольшой производительности, качество воды не соответствует техническим нормативам сахарного производства, а также требованиям экологических служб;

брызгальные бассейны — строительство и эксплуатация сооружений сопряжена с необходимостью использования больших земельных площадей, процесс охлаждения и аэрации сопровождается значительными потерями воды, что требует подпитки системы свежей водой, а это ведет к сверхнормативному ее расходу [9].

Общий недостаток проанализированных сооружений — перерасход свежей воды, добавляемой в систему охлаждения для восполнения потерь наряду с несовершенством конструкций охладителей, неэффективностью конденсаторных установок в технологических схемах сахарных заводов.

На большинстве сахарных заводах до настоящего времени находятся в эксплуатации смешанные системы охлаждающего водоснабжения, в кото-

рых обратная вода повторно используется другими потребителями, а после сбрасывается в сточные воды. Применение таких систем водоснабжения приводит к повышению количества сточных вод и расходу свежей воды в производстве [1, 4].

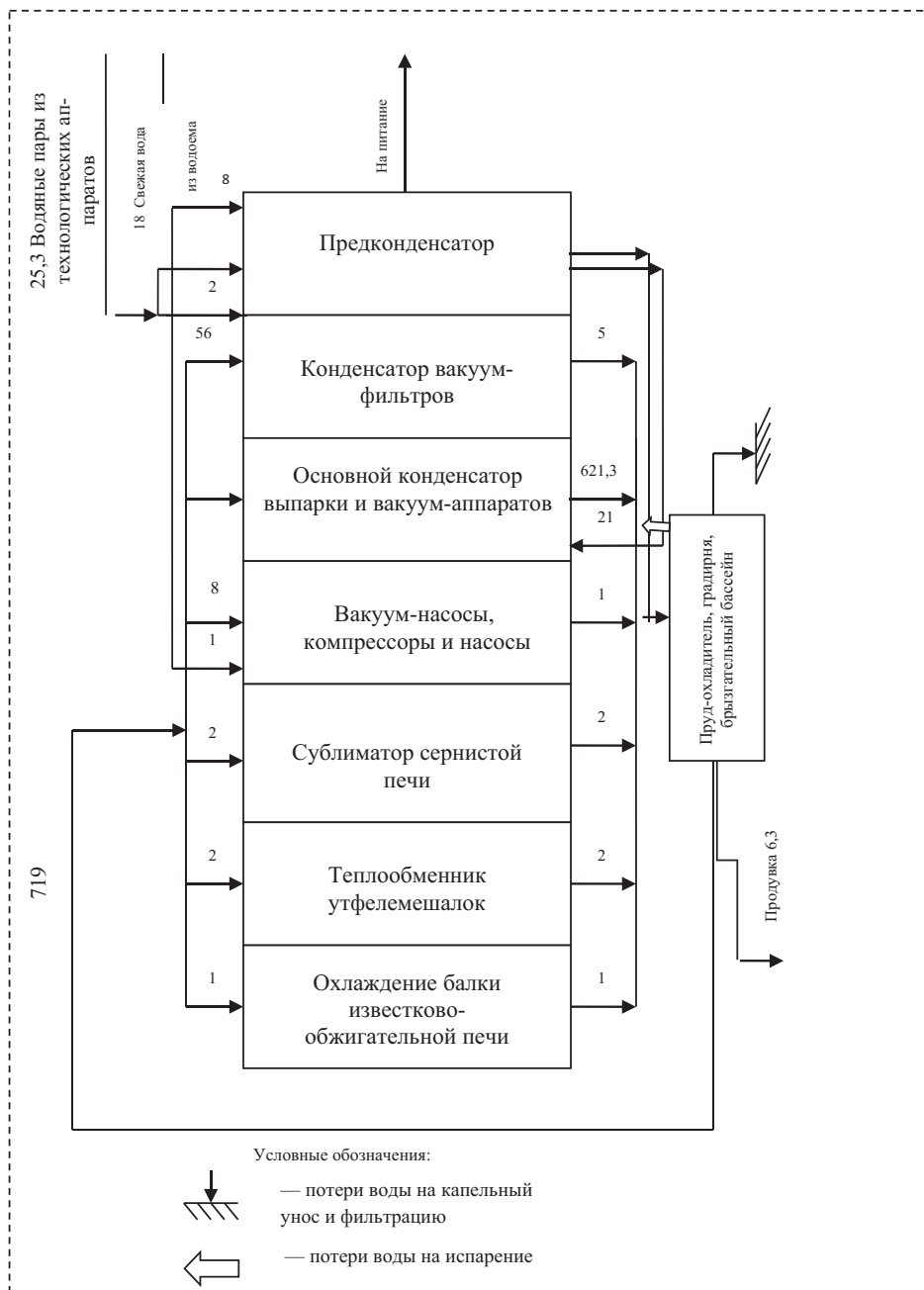


Рис. 1. Блок-схема водного хозяйства

Показатели физико-химического состава сточных вод сахарных заводов I категории, приведены в табл. 1.

Табл. 1. Усредненные показатели химического состава вод I категории

Показатель	Барометрическая вода			Конденсат	Аммиачная вода	Вода от охлаждения оборудования	Отработавшие воды
	Предварительного конденсатора	Основного конденсатора	Конденсатора вакуум-фильтров				
Температура, °С	$\frac{45...53}{49}$	$\frac{38...50,5}{41,5}$	$\frac{28...43,5}{33}$	$\frac{88...96}{92}$	$\frac{65...85}{67,5}$	$\frac{15,5...34}{29,5}$	$\frac{3...25}{12}$
Взвешенные вещества, мг/л	$\frac{34,1...208}{67,4}$	$\frac{173...476}{263}$	$\frac{128...366}{212}$	$\frac{2...7}{6}$	$\frac{3...74}{29}$	$\frac{31...182}{61,1}$	$\frac{24...141}{48}$
Реакция среды, рН	$\frac{8...8,6}{8,2}$	$\frac{7,1...8,3}{7,9}$	$\frac{6,9...8,1}{7,8}$	$\frac{9,1...9,4}{9,3}$	$\frac{8,3...9,8}{9,1}$	$\frac{6,5...8,4}{7,1}$	$\frac{6,5...8,7}{7,3}$
Растворенный кислород, мг/л	$\frac{2,3...4,3}{4,0}$	$\frac{2,1...3,6}{3,2}$	$\frac{2,2...9,5}{3,1}$	$\frac{2,1...5,4}{3,7}$	$\frac{2,4...5,5}{4,1}$	$\frac{5,9...10,1}{7,1}$	$\frac{8,2...11}{10,4}$
Сухой остаток, мг/л	$\frac{237...1099}{632}$	$\frac{267...1122}{572}$	$\frac{217...984}{540}$	$\frac{21,7...62,2}{39,6}$	$\frac{48,6...357}{174}$	$\frac{213...712}{450}$	$\frac{213...710}{433}$
Потери при прокаливании, мг/л	$\frac{45,7...416}{223}$	$\frac{56...467}{193}$	$\frac{28...347}{162}$	$\frac{18,0...20,0}{19,3}$	$\frac{36,1...150}{98,2}$	$\frac{28...104}{64}$	$\frac{19,2...176}{60,2}$
Окисляемость перманганатная, мг O_2 /л	$\frac{10,8...48,1}{24,2}$	$\frac{25...188}{80}$	$\frac{15,3...88}{49,7}$	$\frac{14,3...34,4}{24,3}$	$\frac{17,2...107}{35,6}$	$\frac{12,1...70,2}{31,4}$	$\frac{11,2...69,1}{30,4}$
БПК полная, мг/л	$\frac{24,3...102}{53,7}$	$\frac{52...423}{178}$	$\frac{38...165}{106}$	$\frac{19,7...47}{36}$	$\frac{41,4...244}{86,4}$	$\frac{19,3...136,7}{65}$	$\frac{18...124}{63,4}$
ХПК, мг O_2 /л	$\frac{29...124}{65}$	$\frac{62,7...516}{217}$	$\frac{44,2...193}{121}$	$\frac{25,5...63}{47,2}$	$\frac{54,7...318,4}{115,4}$	$\frac{24,8...169}{78,4}$	$\frac{21,4...167,7}{76,2}$

Примечание. В знаменателе указано среднее значение величин.

Из табл. 1 видно, что наиболее загрязнены барометрические воды. Они характеризуются повышенным содержанием аммиака, органических веществ. Значительное влияние на качество барометрической воды имеет прямой контакт с уфельными парами в ВКУ. При низкоэффективной работе групповой ловушки в охлаждающую воду с конденсатом поступают сахаропродукты, загрязняющие воду органическими и минеральными веществами. Органические вещества подвергаются разложению с образованием органических кислот, снижая при этом рН воды, что требует увеличения продувки (сброса) из системы воды и пополнения ее свежей водой.

На основании проведенных исследований работы оборотных систем охлаждающего водоснабжения на Рыльском, Теткинском, Кривецком, Залегощенском и Олымском сахарных заводах разработаны и применены новые способы повышения эффективности процессов охлаждения, аэрации и обеззараживания воды.

Модернизация оборотных систем проводилась по следующим направлениям:

объединение отдельных систем водоснабжения и оборотных циклов в общий комплекс;

максимально возможное использование оборотной воды взамен свежей;

создание оборотных систем без сброса отработанных вод за пределы завода;

создание САУ оборотного цикла на заводах I категории;

модернизация охладителей;

разработка и внедрение эффективного водно-химического режима;

совершенствование конструкции ВКУ сахарных заводов [2].

Водно-химический режим оборотной системы водоснабжения характеризуется показателями: коэффициент концентрирования солей K_c ; коэффициент упаривания K_v ; допустимое солесодержание $C_{доп}$; процент использования оборотной воды P ; величина продувки $W_{прод}$; величина подпитки $W_{под}$; величина потерь воды на испарение $W_{исп}$; солесодержание подпиточной воды $C_{под}$ и др.

Внедрение схем оборотного водоснабжения по двум основным водно-химическим режимам:

1) незамкнутый режим (режим с продувкой) — этот режим предусматривает вывод части оборотной воды из системы в виде продувки;

2) замкнутый режим (бессточный), который предусматривает вывод воды из системы в виде продувки и пополнения свежей только для восполнения потерь от испарения.

В табл. 2 представлены показатели незамкнутого водного режима сахарных заводов. Из табл. 2 видно, что значения показателей водно-химического режима оборотных систем вод I категории, и в частности величин процента оборота P для каждой системы различны и зависят в основном от схемы водоснабжения и водоотведения. Для одной и той же схемы величины процента оборота P для каждой из оборотных систем также имеют различные значения.

Табл. 2. Показатели параметров незамкнутого водного режима оборотных систем вод I категории сахарного завода

Оборотная система вод I категории	Количество воды, % к массе свеклы	Потери воды в системе, % массы свеклы			Подпитка системы, % массы свеклы			Оборот, P, %
		при испарении	при передаче	с продувкой	свежей водой	аммиачной водой	конденсатами вторичного пара	
Схема водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов								
Оборотная система вод главного корпуса	795,8	31,0	—	1,0	3,0	4,0	25,0	96,14
Оборотная система ТЭЦ	105,5	3,0	—	0,5	3,5	—	—	96,70
Оборотная система компрессорной	8,4	0,8	—	0,2	1	—	—	90,00
Оборотная система холодильных машин	36,7	1,6	—	0,3	1,9	—	—	95,00
Усовершенствованная схема водоснабжения и канализации действующего сахарного завода								
Оборотная система вод главного корпуса	688,5	29	75	1	82,6	2,0	20,4	86,75
Оборотная система ТЭЦ	100,0	3	—	1	4	—	—	96,15

Причиной такого колебания показателей является технический уровень оборотных локальных систем вод I категории, которые являются составляющими схемы охлаждающего водоснабжения сахарного завода.

Предложены технические решения и рекомендации по усовершенствованию охладителей, конденсаторных установок и другого оборудования, участвующего в работе оборотной системы охлаждающего водоснабжения:

модернизация башенно-вентиляторных градирен;

усовершенствование работы групповых ловушек уфельного пара;

модернизация конденсаторов вакуум-аппаратов 1, 2, 3-го продукта.

Улучшение основных оптимальных параметров процесса охлаждения и аэрации в градирнях рассчитывается:

по уравнению теплового баланса градирни

$$W\Delta t + Q_p = Q_r + Q_c,$$

где W — количество охлаждаемой воды, м³/ч; Δt — температурный перепад ($t_r^0 - t_{ox}^0$); Q_p — приток теплоты от солнечной радиации, кДж/ч; Q_r — отдача теплоты испарением, кДж/ч; Q_c — отдача теплоты теплопроводностью и конвекцией, кДж/ч;

удельной гидравлической нагрузке на 1 м² площади охлаждения в плане (или площадей орошения), при этом оптимальная величина нагрузки для вентиляторных градирен составляет: при пленочном орошении — 8...12, капельном — 6...8, брызгальном — 5...6 м³/ч;

плотности орошения, составляющей в башенных пленочных градирнях — 7...10, капельных — 2...5, брызгальных — до 2 в м³/(м²·ч);

тепловой нагрузке охладителя Q_f , кДж/ч, выражаемой теплоотдачей, т.е. количеством тепла, отдаваемого водой воздуhu на 1 м² площади охладителя в плане

$$Q_f = \Delta t C q f,$$

где Δt — перепад температур в охладителе (градирне); C — удельная теплоемкость воды, кДж/кг; ∂f — гидравлическая нагрузка охладителя, м³/ч·м², качественная сторона работы охладителя, характеризуется перепадом температур или шириной зоны охлаждения:

$$\Delta t = t_1 - t_2,$$

где t_1 — температура воды, поступающей в охладитель, °С; t_2 — температура охлажденной воды, °С.

степени приближения температуры охлаждения воды к теоретическому пределу охлаждения или высоты зоны охлаждения:

$$\Delta t' = t_2 - \xi_1,$$

где ξ — температура воздуха по влажному термометру психрометра; t_2 — температура охлажденной воды, всегда выше температуры ξ по влажному термометру [3].

Рекомендации и технические решения по модернизации оборотной системы охлаждающего водоснабжения сахарных заводов:

для обеспечения экономичного варианта модернизации (проект, выполнение) провести техническое обследование состояния схемы, аппаратного оформления, сооружений для охлаждения, аэрации;

определить параметры процесса; техническую характеристику средств измерения (расходомеры, рН-метры, термометры, влагомеры); производительность насосов; сечение и длину самотечных и напорных трубопроводов; схему и конструкцию конденсатора;

выполнить анализ физико-химического состава воды, определить отклонение от норм;

рассчитать коэффициент концентрирования солей K_c , объем «скрытой подпитки», продувки;

разработать предпроектное техническое решение по модернизации, в т.ч. схемы; расчет оборудования; выбор типа охладителя; спецификация трубопроводов, насосов; предварительный вариант временной режимной карты;

определить ориентировочный объем и стоимость работ модернизации, который согласовывается с производственно-техническим отделом (ПТО) сахарного завода. По техническому решению составляется технико-экономическое обоснование модернизации с расчетом эффективности и срока окупаемости по методике, разработанной кафедрой водоснабжения и охраны водных ресурсов ЮЗГУ.

Такая последовательность подготовки к модернизации позволит выбрать экономически выгодные решения проектирования, выполнения работ, обеспечить оптимальные режимы работы системы охлаждающего водоснабжения сахарного производства.

С целью экономии финансовых средств и повышения эффективности охлаждающих сооружений, при модернизации предлагается изменение конструкции башенной вентиляционной градирни в брызгально-эжекторную (рис. 2).

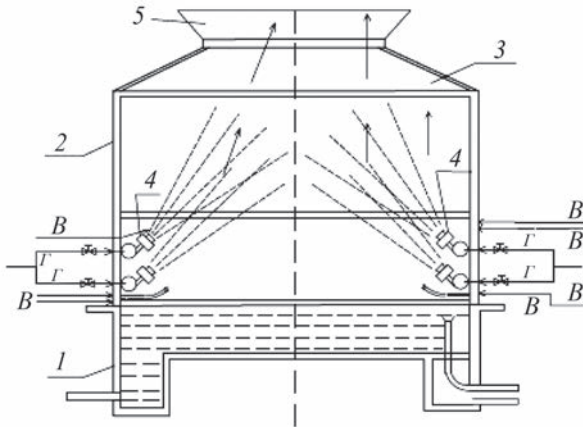


Рис. 2. Схема брызгально-эжекторной градирни: 1 — сборник охлажденной воды; 2 — каркас градирни; 3 — конфузор; 4 — центробежно-факельный распылитель 48 шт.; 5 — диффузор; Г — горячая вода; В — эжектируемый воздух

В представленной конструкции градирни теплый и влажный воздух поднимается вверх, а охлажденная вода накапливается в водосборном бассейне. Особенностью эжекторной системы является то, что охлаждающий воздух внутри градирни эжектируется струей воды [5, 10, 11]. Экономическая эффективность эжекторной градирни состоит из следующих показателей:

- сокращение расхода электроэнергии;
- сокращение затрат на ремонт;
- увеличение эффекта охлаждения и аэрации;
- удельная тепловая нагрузка 30...35 тыс. кДж(ч·м²).

На рис. 3 приведен второй вариант модернизации башенно-вентиляторной градирни.

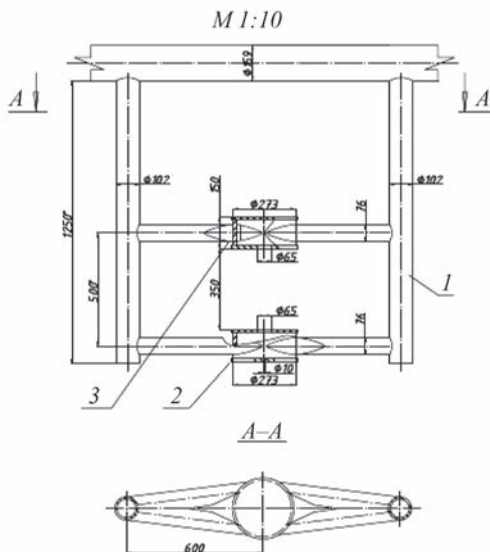


Рис. 3. Схема башенно-вентиляторной градирни: 1 — каркас градирни; 2 — форсунка левого вращения; 3 — форсунка правого вращения

Особенностью данного технического решения является то, что струи воды, выходящие из форсунок, имеют направление встречно направленных струй. Форсунки левого и правого орошения обеспечивают «горизонтальную» мелкодисперсную пелену.

Охлаждение и аэрация происходят за счет контакта воздуха и мелкодисперсной фазы охлаждаемой воды.

Для повышения эффективности охлаждения и аэрации в оросительное пространство подается воздух, нагнетаемый вентилятором, установленным на отметке +0,00 воздуховодами. На большинстве сахарных заводов используются башенно-вентиляторные градирни, имеющие длительный срок эксплуатации. К недостаткам таких охлаждающих устройств относятся износ оросителей, водоуловителей из дерева, вентиляторов, что требует значительных финансовых средств на их ремонт и эксплуатацию.

Библиографический список

1. *Сорокин А.И.* Обратное водоснабжение сахарных заводов : приложение к журналу «Сахарная свекла: производство и переработка». М. : Агропромиздат, 1989. 176 с.
2. *Спичак В.В., Базлов В.Н., Ананьева П.А., Поливанова Т.В.* Водное хозяйство сахарных заводов. Курск : ГНУ РНИИСП Россельхозакадемии, 2005. 167 с.
3. *Спичак В.В., Пузанова Л.Н., Рыжкова Е.П.* Актуальные вопросы экологической безопасности сахарного производства // Сахар. 2007. № 1. С. 47—50.
4. *Бугаенко И.Ф.* Анализ производственных и сточных вод сахарного производства. М. : Телер, 2000. 63 с.
5. *Поливанова Т.В.* Повышение надежности работы систем водоснабжения и водоотведения сахарных заводов. Курск : ЮЗГУ, 2012. 144 с.
6. *Зарцына С.С., Харитонова Л.А., Калинин С.П.* Совершенствование технологии очистки сточных вод пищевых предприятий // Вода и экология. 2007. № 3. С. 48—52.
7. *Овчинников А.А. и др.* Организация замкнутого оборотного потребления при переработке сахарной свеклы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 9. С. 47—49.
8. *Зуева С.Б., Зарцына С.С., Щербаков В.И.* Экозащитные технологии систем водоотведения предприятий пищевой промышленности. СПб. : Проспект науки, 2012. 328 с.
9. *Щербаков В.И., Дроздов Е.В., Помогаева В.В.* Теоретическое определение эжектирующей способности струйных аэраторов при истечении жидкости из кольцевого насадка // Вестник Воронежского государственного технического университета. Т. 3. № 6. 2007. С. 186—188.
10. Пат. 2178134 RU, МПК F28F25/08, F28C1/00. Водоуловитель градирни / Бикчентаев Р.М., Цыркин Л.И., Бикчентаев Р.М., Супоницкий Е.С. № 2001110438/06 ; заявл. 19.04.2001 ; опубл. 10.01.2002. Бюл. № 14.
11. Пат. 2156422 RU, МПК F28C1/00, F28F25/00. Вентиляторная градирня / Чаплыгин А.В., Кобелев Н.С., Морозов В.А. ; патентообладатель Курский государственный технический университет. № 99103941/06 ; заявл. 23.02.1999 ; опубл. 20.09.2000. Бюл. № 9.

Поступила в редакцию в ноябре 2013 г.

Об авторах: **Щербаков Владимир Иванович** — доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, **Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (ФГБОУ ВПО «ВГАСУ»)**, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84, scherg@vgasu.vrn.ru;

Поливанова Татьяна Владимировна — кандидат технических наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой водоснабжения и охраны водных ресурсов, **Юго-Западный государственный университет (ФГБОУ ВПО «ЮЗГУ»)**, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94, viovrg@yandex.ru;

Буромский Владимир Васильевич — кандидат технических наук, руководитель, **АООТ РЫЛЬСКСАХАР**, 307330, Курская область, г. Япovenь, пос. им. Куйбышева, vvbur@mail.ru.

Для цитирования: *Щербаков В.И., Поливанова Т.В., Буромский В.В.* Совершенствование работы оборотной системы охлаждающего водоснабжения сахарных заводов // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 182—192.

V.I. Shcherbakov, T.V. Polivanova, V.V. Buromskiy

OPERATIONS IMPROVEMENT OF THE RECYCLING WATER-COOLING SYSTEMS OF SUGAR MILLS

Water management in sugar factories doesn't have analogues in its complexity among food industry enterprises. Water intensity of sugar production is very high. Circulation water, condensed water, pulp press water and others are used in technological processes. Water plays the main role in physical, chemical, thermotechnical processes of beet processing and sugar production.

As a consequence of accession of Russia to the WTO the technical requirements for production processes are changing. The enforcements of ecological services to balance scheme of water consumption and water disposal increased. The reduction of fresh water expenditure is one of the main tasks in economy of sugar industry. The substantial role in fresh water expenditure is played by efficiency of cooling and aeration processes of conditionally clean waters of the 1st category.

The article contains an observation of the technologies of the available solutions and recommendations for improving and upgrading the existing recycling water-cooling systems of sugar mills. The authors present the block diagram of the water sector of a sugar mill and a method of calculating the optimal constructive and technological parameters of cooling devices. Water cooling towers enhanced design and upgrades are offered.

Key words: recycling water supply systems, sugar mills, guidelines, cooling tower, cooling water supply.

References

1. Sorokin A.I. *Oborotnoevodosnabzheniesakharnykhzavodov: prilozheniezhurnalul «Sakharnayasvekla: proizvodstvoipererabotka»*. [Water Recycling of Sugar Mills : Supplement to the Journal "Sugar Beet: Production and Processing"]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989, 176 p. (In Russian)
2. Spichak V.V., Bazlov V.N., Anan'eva P.A., Polivanova T.V. *Vodnoe khozyaystvo sakharnykh zavodov* [Water Management of Sugar Factories]. Kursk, GNU RNIISP Rossel'khozakademii Publ., 2005, 167 p. (In Russian)
3. Spichak V.V., Puzanova L.N., Ryzhkova E.P. *Aktual'nye voprosy ekologicheskoy bezopasnosti sakharnogo proizvodstva* [Current Questions of Ecological Safety of Sugar Production]. *Sakhar* [Sugar]. 2007, no. 1, pp. 47—50. (In Russian)
4. Bugaenko I.F. *Analiz proizvodstvennykh i stochnykh vod sakharnogo proizvodstva* [Industrial and Waste Water Analysis in Sugar Production]. Moscow, Teler Publ., 2000, 63 p. (In Russian)

5. Polivanova T.V. *Povyshenie nadezhnosti raboty sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya sakharnykh zavodov* [Improving the Reliability of Water Supply and Sanitation of Sugar Mills]. Kursk, YuZGU Publ., 2012, 144 p.

6. Zartsyna S.S., Kharitonova L.A., Kalinkina S.P. *Sovershenstvovanie tekhnologii oчитstki stochnykh vod pishchevykh predpriyatii* [Improving the Technology of Wastewater Treatment of Food Industry Enterprises]. *Voda i ekologiya* [Water and Ecology]. 2007, no. 3, pp. 48—52. (In Russian)

7. Ovchinnikov A.A. i dr. *Organizatsiya zamknutogo oborotnogo potrebleniya pri pererabotke sakharnoy svekly* [Organization of Closed Recycle Consumption in the Process of Sugar Beet Processing]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Agri Supplies]. 2005, no. 9, pp. 47—49. (In Russian)

8. Zueva S.B., Zartsyna S.S., Shcherbakov V.I. *Ekozashchitnye tekhnologii sistem vodootvedeniya predpriyatii pishchevoy promyshlennosti* [Environmentally Safe Technologies of Sewerage Systems in the Food Industry]. Saint Petersburg, Prospekt nauki Publ., 2012, 328 p. (In Russian)

9. Shcherbakov V.I., Drozdov E.V., Pomogaeva V.V. *Teoreticheskoe opredelenie ezhektiruyushchey sposobnosti struynykh aeratorov pri istechenii zhidkosti iz kol'tsevogo nasadka* [Theoretical Determination of the Ejecting Ability of Jet Aerators at Fluid Discharge from the Annular Nozzle]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. [Proceedings of the Voronezh State Technical University]. 2007, vol. 3, no. 6, pp. 186—188. (In Russian)

10. Bikchentaev R.M., Tsyркиn L.I., Bikchentaev R.M., Suponitskiy E.S. Patent 2178134 RU, MPK F28F25/08, F28C1/00. *Vodoulovitel' gradirni. № 2001110438/06; zayavl. 19.04.2001; opubl. 10.01.2002. Byul. № 14.* [Russian Patent 2178134, MPK F28F25/08, F28C1/00. Cooling Tower Water Catcher. No. 2001110438/06; appl. 19.04.2001; publ. 10.01.2002. Bull. no. 14.]. (In Russian)

11. Chaplygin A.V. Kobelev N.S., Morozov V.A. Patent 2156422 RU, MPK F28C1/00, F28F25/00. *Ventilyatornaya gradirnya. № 99103941/06; zayavl. 23.02.1999; opubl. 20.09.2000. Byul. № 9* [Russian Patent 2156422, MPK F28C1/00, F28F25/00. Mechanical Cooling Tower. No. 99103941/06; appl. 23.02.1999; publ. 20.09.2000. Bull. № 9.]. *Byulleten' izobreteniy* [Bulletin of Inventions]. Patent holder: Southwest State University. 1997. (In Russian)

About the authors: **Shcherbakov Vladimir Ivanovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Hydraulics, Water Supply and Water Disposal, **Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (SUACE)**, 84 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russian Federation; scher@vgasu.vrn.ru;

Polivanova Tat'yana Vladimirovna — Candidate of Technical Sciences, Acting Head, Department of Water Supply and Water Conservation, **Southwest State University (SWSU)**, 94 50 let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation; viov@yandex.ru;

Buromskiy Vladimir Vasil'evich — Candidate of Technical Sciences, Head, **AOOT Ryl'sksakhar**, pos. im. Kuybysheva, Yapoven', 307330, Kurskaya oblast', Russian Federation; vvbur@mail.ru.

For citation: Shcherbakov V.I., Polivanova T.V., Buromskiy V.V. *Sovershenstvovanie raboty oborotnoy sistemy okhlazhdayushchego vodosnabzheniya sakharnykh zavodov* [Operations Improvement of the Recycling Water-Cooling Systems of Sugar Mills]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 12, pp. 182—192. (In Russian)