

ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТОВ МАРКИ ВТИАМИН ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТЭС

© 2021 г. В. В. Козловский^а, Е. Ф. Нартя^а, Ю. В. Улановская^б, А. Б. Ларин^с, *

^аООО “Водные Технологии”, Автозаводская ул., д. 14, Москва, 115280 Россия

^бООО “Башкирская генерирующая компания”, ул. Рихарда Зорге, д. 3, г. Уфа, 450059 Россия

^сИвановский государственный энергетический университет, Рабфаковская ул., д. 34, г. Иваново, 153003 Россия

*e-mail: admin@xxte.ispu.ru

Поступила в редакцию 13.02.2020 г.

После доработки 27.03.2020 г.

Принята к публикации 20.05.2020 г.

В рамках реализации программы импортозамещения ингибиторов коррозии, накипеобразования и биоцидов в филиалах ООО “Башкирская генерирующая компания” были проведены исследования и опытно-промышленные испытания (ОПИ) применения реагентов ВТИАМИН при их дозировании в циркуляционную воду систем оборотного охлаждения (СОО) нескольких ТЭЦ. Подбор реагентов ВТИАМИН, изготовленных в ООО “Водные Технологии Инжиниринг”, выполняли в соответствии с задачами испытаний, с учетом состава оборудования и условий работы СОО, качества добавочной воды и способов утилизации продувочных вод. В результате исследований, проведенных с использованием мобильной стендовой установки, моделирующей работу вентиляционной градирни, при температуре 45°C и коэффициенте упаривания в интервале 1.0–3.5 показано, что реагент ВТИАМИН ТС-5 обладает высокой антинакипной эффективностью и может успешно заменять импортный реагент Активфос 640Т без изменения схемы дозирования и методов химического контроля. Применение реагента ВТИАМИН ЗС-6 обеспечивает достаточную защиту от коррозии медьсодержащих сплавов путем торможения локального растворения меди и создания защитной пленки на поверхности оборудования в условиях дозирования в циркуляционную воду с избытком. Предложенный в качестве отечественного биоцида ВТИАМИН Б-6 при дозировке 0.2 мг/дм³ способен подавлять биологическое обрастание в элементах СОО и заменить импортный реагент Турбанион М104. Эффективность реагента подтверждается результатами контроля общего микробного числа по контактными слайдам (биотесты Microbiology Environcheck Contact TVC).

Ключевые слова: импортозамещение в системах оборотного охлаждения, водный режим, ингибиторы отложений и коррозии, тепловые электростанции, эффективность реагента ВТИАМИН

DOI: 10.1134/S0040363621010148

В 2017–2018 гг. при выполнении программы импортозамещения ингибиторов отложений и коррозии в филиалах ООО “Башкирская генерирующая компания” проводилась замена импортного реагента Kurita Europe GmbH и других на реагенты отечественного производства ВТИАМИН в системах оборотного охлаждения, которые предназначены для охлаждения пара в конденсаторах турбин, систем газо- и маслоохлаждения, подшипников вращающихся механизмов. Основные задачи при такой замене заключались в следующем:

нахождение оптимальных условий, при которых обеспечивается стабильный режим работы водооборотной системы охлаждения;

борьба с накипеобразованием, коррозией и микробиологическим обрастанием в СОО;

исследование возможности повышения эффективности с помощью реагентной обработки теплопередающих поверхностей СОО.

Для реализации программы использовали методику комплексного исследования водного режима СОО ТЭС [1]. Оценку состава и массы отложений, скорости коррозии образцов-свидетелей проводили на мобильной стендовой установке-модели вентиляционной градирни [2]. Упаривание циркуляционной воды в стенде выполняли при температуре 45°C. Коэффициент упаривания регулировали в интервале 1.0–3.5 путем продувки системы стенда. Подбор реагентов ВТИАМИН, изготовленных в ООО “Водные Технологии Инжиниринг”, осуществляли в соответствии с задачами испытаний, с учетом состава оборудования и условий работы СОО, качества добавочной во-

ды и способов утилизации продувочных вод. При этом учитывали опыт применения различных ингибиторов для закрытых и открытых систем оборотного охлаждения на ТЭС [3–5].

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТА ВТИАМИН НА ПРИУФИМСКОЙ ТЭЦ

Система оборотного охлаждения Приуфимской ТЭЦ – открытая с башенными градирнями пленочного типа. Основные источники подпиточной воды – водоводы технической (речной) воды № 1, 2. Продувочная вода циркуляционной системы используется для подготовки добавочной воды на водоподготовительной установке химического цеха. Часть продувочной воды направляется потребителю или в канализацию. Техническая характеристика СОО представлена далее:

Общий объем воды, м ³	18000
Расход оборотной воды, м ³ /ч	28 200
Температурный перепад, °С	9–11
Коэффициент упаривания	1.15–1.50
Расход воды, м ³ /ч:	
подпиточной	445
продувочной	260
Тип теплообменного аппарата (количество):	
конденсатор	60 КЦС-1 (2) 80 КЦС-5 (1)
маслоохладитель	МБМ-63-90 (6)
газоохладитель	ОГПФ-60 (8) ГО-258/5175-4-11УХЛ4 (4)

В качестве конструкционных материалов, контактирующих с оборотной водой, использованы латунь ЛО70, медно-никелевый сплав МНЖ5, сталь Ст. 20, полиэтилен, асбестоцемент. Очистка воды производится с помощью механических фильтров поворотного типа. Для обработки воды применяются стабилизационный, биоцидный и антикоррозионный методы.

Показатели качества технической (добавочной) и циркуляционной воды СОО Приуфимской ТЭЦ представлены в табл. 1.

Для коррекционной обработки на Приуфимской ТЭЦ ранее применялись реагенты Активфос 640Т и ОЭДФК, выбор между которыми определялся общей щелочностью воды. Принятый к исследованию реагент ВТИАМИН ТС-5 по механизму действия представляет собой аналог зарубежного реагента Активфос 640Т, поэтому схемы его дозирования и принципы химико-аналитического контроля остались прежними. В период 2015–2019 гг. значение показателя “транспорт кальция” Tr_{Ca} постепенно увеличивалось (табл. 2).

На рис. 1 представлено изменение Tr_{Ca} в циркуляционной воде в августе 2017–2019 гг. До середины июня 2018 г. в оборотную воду дозировали реагент Kurita. Колебания значений Tr_{Ca} обусловлены изменениями режимов работы оборотной системы и, в частности, связаны с большим расходом продувочной воды (до 350 т/ч). В случаях, когда продувка была закрыта, коэффициент упаривания возрастал и происходило концентрирование солей в оборотной воде. Несмотря на наличие максимальных и минимальных пиков, в августе 2018–2019 гг. среднестатистическое значение Tr_{Ca} находилось в пределах 90–100%. Значения Tr_{Ca} меньше допустимых 90% приходились на ав-

Таблица 1. Показатели качества добавочной и циркуляционной воды в СОО Приуфимской ТЭЦ

Показатель	Добавочная вода	Циркуляционная вода
Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	7–100	7–100
Окисляемость, мг О/дм ³	3–12	6–15
pH ₂₅	7.5–8.2	Не более 8.5
Концентрация хлоридов в пересчете на Cl ⁻ , мг/дм ³	25–170	30–190
Щелочность общая, мг-экв/дм ³	1.5–4.4	Не более 5.5
Жесткость, мг-экв/дм ³ :		
общая	Не более 9.5	Не более 10.5
кальциевая	Не более 7.6	Не более 8.4
Карбонатный индекс, (мг-экв/дм ³) ²	2.4–31.0	Не более 27.0

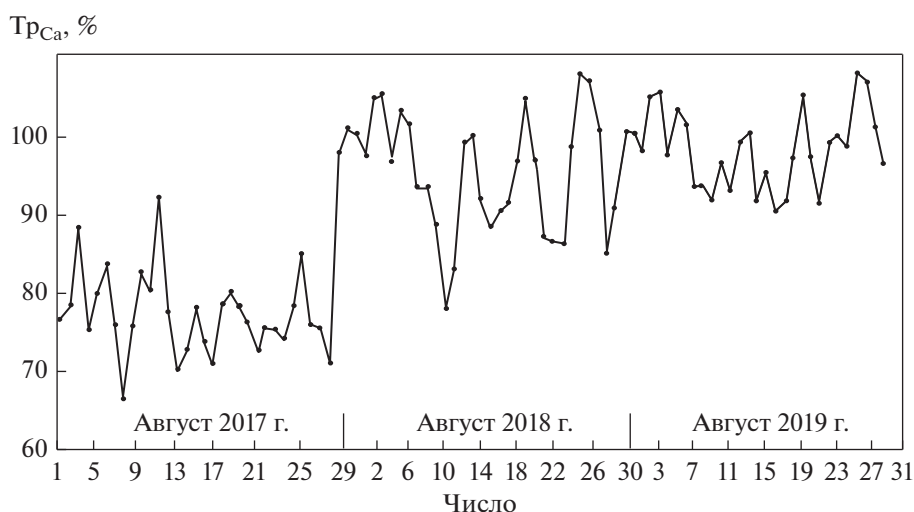


Рис. 1. Значения Tr_{Ca} в циркуляционной воде системы оборотного охлаждения Приуфимской ТЭЦ в августе 2017–2019 гг.

густ 2017 г. в период стабилизации системы после начала ввода реагента и пусковых операций. Рост Tr_{Ca} происходил на фоне непрерывного дозирования реагента и его постоянной концентрации, что говорит о его эффективном срабатывании в системе в период испытаний.

Согласно данным, полученным во время испытаний в 2018 г., была выявлена необходимость непрерывной реагентной обработки подпиточной воды СОО реагентом ВТИАМИН ТС-5 для предотвращения накипеобразования. При этом значение Tr_{Ca} поддерживалось на уровне не ниже

Таблица 2. Значения Tr_{Ca} , %, в циркуляционной воде СОО Приуфимской ТЭЦ в течение 2015–2019 гг.

Месяц	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Январь	66	84	81	92	99
Февраль	73	79	82	89	102
Март	79	69	86	87	100 (применение ВТИАМИН Д-80)
Апрель	73	56	85	44	98
Май	40	69	78	74	105
Июнь	41	64	69	78	98
Июль	60	60	75	92 (испытания ВТИАМИН ТС-5)	104
Август	48	51	64	95 (испытания ВТИАМИН ТС-5)	—
Сентябрь	40	34	56	97	—
Октябрь	57	74	79	98	—
Ноябрь	65	81	81	99	—
Декабрь	64	67	85	97	—
Среднее за год	58.3	65.7	76.75	77.3 (до применения ВТИАМИН ТС-5) 96.3 (за период применения ВТИАМИН ТС-5)	100.9 (за 7 месяцев)

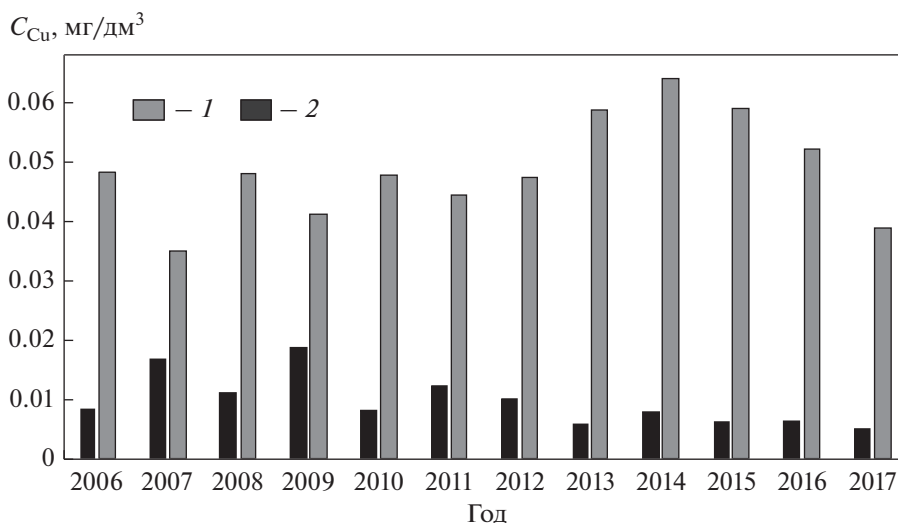


Рис. 2. Среднегодовые данные по содержанию меди C_{Cu} в речной (1) и циркуляционной (2) воде системы оборотного охлаждения Приуфимской ТЭЦ

90%. Кроме того, была доказана малая эффективность использования ОЭДФК в качестве единственного ингибитора накипеобразования. В марте 2019 г. в циркуляционную воду СОО Приуфимской ТЭЦ было организовано дозирование реагента ВТИАМИН Д-80 (см. табл. 2), который усиливает действие ОЭДФК. Анализ данных химического контроля качества циркуляционной и подпиточной вод оборотной системы показал, что при дозировании реагента ВТИАМИН Д-80 значение Tr_{Ca} находилось в требуемых пределах.

Анализ данных за 2006–2017 гг. (рис. 2) показал стабильно высокое содержание соединений меди в циркуляционной воде независимо от качества речной воды, что свидетельствует об отсутствии противокоррозионной защиты, несмотря на применение реагентов для коррекционной обработки циркуляционной воды в СОО.

Использование реагента ВТИАМИН ЗС-6 при постоянном дозировании во время работы оборудования предполагает торможение локального растворения меди вследствие образования комплексов с азотом. Такие вещества могут также образовывать плотную защитную пленку на поверхности оборудования, изготовленного из латуни.

На рис. 3 показана динамика изменений содержания меди, концентрации реагента ВТИАМИН ЗС-6 C_p и коэффициента упаривания K_y за период наладки (с 03.07.2018 по 17.07.2018) и стабильной работы (с 18.07.2018 по 05.08.2018). Период наладки характеризовался скачкообразным изменением расхода реагента (см. рис. 3, б), в том числе прекращением дозирования с 14.07.2018 по 18.07.2018. Далее расход реагента был восстановлен с его остаточной концентрацией в циркуляционной воде на уровне 0.3–0.6 мг/дм³. Коэффици-

циент упаривания во время всего периода испытаний оставался на уровне 1.1–1.5 (см. рис. 3, в).

За период стабильной работы избыток ВТИАМИН ЗС-6 достиг уровня рабочей концентрации. При этом доза реагента оставалась неизменной, что говорит о насыщении системы и замедлении скорости расходования реагента. С этого времени можно снижать его дозировку. О защищенности латуни в этот период свидетельствуют и результаты промежуточных осмотров индикаторов, установленных в стенде измерения коррозии. В последующий период опытно-промышленных испытаний при переключениях турбогенераторов наблюдалось скачкообразное увеличение концентрации меди в циркуляционной воде СОО вплоть до 140 мкг/дм³, что являлось доказательством высокой скорости коррозии латуни конденсаторов в периоды простоя турбогенератора и выноса продуктов коррозии в циркуляционную воду.

Таким образом, в результате опытно-промышленных испытаний было показано, что реагент ВТИАМИН ЗС-6 обеспечивает достаточную защиту от коррозии медьсодержащих сплавов во время работы оборудования. При продолжительном применении реагента и достаточной нарабатанной защитной пленке доза реагента может быть уменьшена.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТА ВТИАМИН НА САЛАВАТСКОЙ ТЭЦ

Система оборотного охлаждения Салаватской ТЭЦ включает в себя три башенные градирни площадью орошения каждой 1200 м² и расходом охлаждаемой воды на градирню 6000 м³/ч и одну

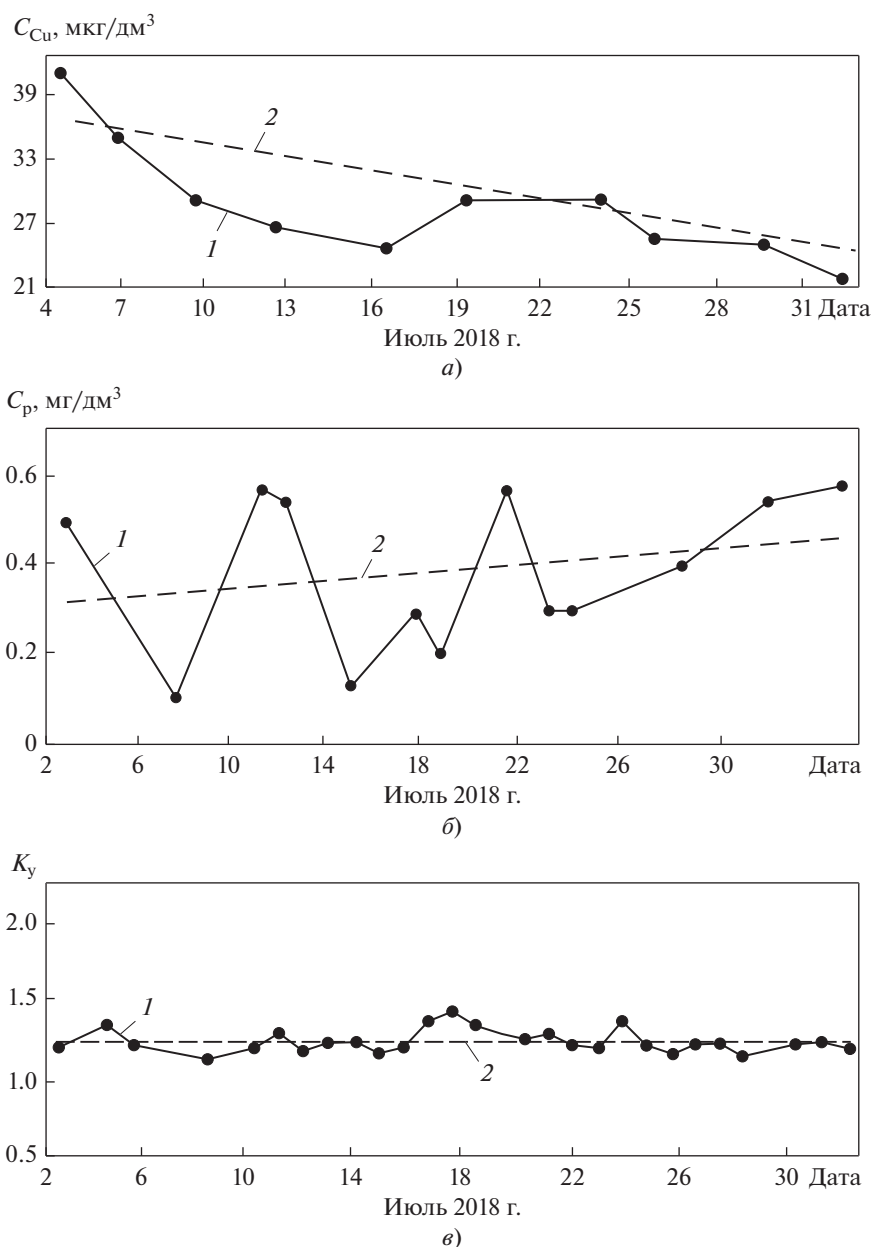


Рис. 3. Содержание меди (а), концентрация реагента ВТИАМИН ЗС-6 (б) и коэффициент упаривания (в) в период опытно-промышленных испытаний с 03.07.2018 по 05.08.2018.

1 – экспериментальные данные; 2 – расчетная аппроксимация

башенную градирню площадью орошения 1280 м² и расходом охлаждаемой воды 7500 м³/ч. Оросители градирен № 1, 3 изготовлены из полимерного материала, градирен № 2, 4 – из асбестоцемента. В качестве подпиточной воды используется вода р. Белая. Продувочная вода циркуляционной системы направляется в очистное сооружение через багерную насосную.

В ходе выполнения работ, аналогичных описанным выше, была проведена оценка эффективности стабилизационной обработки циркуляци-

онной воды СОО отечественным реагентом марки ВТИАМИН ТС-5 взамен применявшегося ранее импортного реагента марки Kurita, а также произведен теплотехнический расчет режима работы турбогенератора ПТ-60-90 и эффективности работы конденсатора. Дозирование реагента ВТИАМИН ТС-5 осуществлялось в период 07.09.18–01.10.18. Анализ эксплуатационных данных свидетельствует о достижении безнакипного режима эксплуатации оборудования, минимизации образования минеральных отложений на

Таблица 3. Технологические показатели ССО Салаватской ТЭЦ при обработке циркуляционной воды реагентом ВТИАМИН ТС-5

Показатель	Расход пара в конденсатор, т/ч						
	15	20	25	30	35	40	45
δt , °С	13.6/11.2	12.8/9.7	12.2/8.2	11.9/6.8	11.7/5.3	11.4/3.8	11.4/2.4
V_k , %	94.89/94.99	94.76/94.92	94.63/94.86	94.50/94.79	94.37/94.73	94.24/94.66	94.11/94.59
p_k , кПа	5.10/4.99	5.25/5.09	5.40/5.19	5.55/5.19	5.70/5.39	5.85/5.49	6.00/5.59
$N_{эл}$, МВт	5.7/5.8	7.3/7.6	8.8/9.3	10.4/11.1	12.0/12.9	13.6/14.7	15.1/16.5

Примечание. В числителе – значение показателя в начале периода, в знаменателе – в конце периода.

теплопередающих поверхностях, микробиологического обрастания и коррозии элементов градирни, трубопроводов и теплообменников.

Для оценки технико-экономической эффективности обработки циркуляционной воды ССО ТЭЦ реагентом ВТИАМИН ТС-5 был произведен расчет температурного напора δt , вакуума V_k и давления p_k в конденсаторе, электрической мощности генератора $N_{эл}$ в соответствии с [6–8]. Результаты расчета представлены в табл. 3.

При дозировании реагента ВТИАМИН ТС-5 в циркуляционную воду ССО увеличивается вакуум в конденсаторе, уменьшаются давление и температурный напор в конденсаторе, повышается мощность генератора.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАСТАНИЯ СОО НА УФИМСКОЙ ТЭЦ-1

Система оборотного охлаждения Уфимской ТЭЦ-1 выполнена в виде брызгального бассейна. Основным источником подпиточной воды является речная вода (р. Белая), поступающая в бассейн по двум техническим водоводам. Циркуляционная вода направляется в химический цех для последующей обработки на обратноосмотических элементах мембранной установки водоподготовки.

Для предупреждения биологического обрастания и микробиологической коррозии элементов брызгального бассейна, трубопроводов и теплообменников на ТЭЦ предусмотрена периодическая залповая обработка охлаждающей воды биоцидами марки Турбанион М104 и Ферроцид. Доза биоцидов в летний период для циркуляционной воды ТЭЦ составляет 0.2 мг/дм³. Определение эффективности биоцидной обработки осуществлялось посредством визуального контроля состояния сопл разбрызгивателей и определения общего микробного числа в оборотной воде с помощью биотестов. Помимо биоцидов применялся гипохлорит натрия при дозе 0.1–0.15 мг/дм³ (определяется по хлоридам). По программе импортозамеще-

ния была предусмотрена замена используемого биоцида на реагент ВТИАМИН Б-6 дозировкой 0.2 мг/дм³.

В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что предложенный в качестве альтернативы отечественный биоцид ВТИАМИН Б-6 способен надежно подавлять биологическое обрастание. Эффективность реагента подтверждается результатами контроля общего микробного числа по контактному слайдам (биотесты Microbiology Environcheck Contact TVC), а также при визуальных плановых осмотрах.

ВЫВОДЫ

1. Совершенствование водно-химического режима систем оборотного охлаждения ТЭС можно проводить с использованием отечественных реагентов семейства ВТИАМИН вместо импортных аналогов.
2. Увеличение мощности паровой турбины, снижение простоев оборудования на проведение ремонтов и очисток возможны благодаря снижению скорости коррозии и накипеобразования на поверхностях теплообмена, что подтверждено технико-экономическими расчетами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Козловский В.В., Ларин А.Б.** Методика исследования водного режима системы оборотного охлаждения на ТЭС // Вестник ИГЭУ. 2019. № 3. С. 14–21.
2. **Разработка** водного режима системы оборотного охлаждения на ТЭС на основе реагента “ВТИАМИН ЭКО-1” / А.В. Кирилина, С.Ю. Суслов, В.В. Козловский, А.Б. Ларин // Теплоэнергетика. 2019. № 10. С. 74–83. <https://doi.org/10.1134/S0040363619100023>
3. **Суслов С.Ю., Кирилина А.В.** О выборе реагентов при ведении аминных режимов // Энергетик. 2011. № 1. С. 39–44.
4. **Дрикер Б.Н., Микрюков А.В., Тарантаев А.Г.** Опыт применения композиций на основе органофосфонатов для стабилизационной обработки воды в

- энергетике и металлургии // Водоснабжение и канализация. 2014. № 2. С. 60–62.
5. **Современное** состояние разработок биоразлагаемых ингибиторов солеотложений для различных систем водопользования / К.И. Попов, Н.Е. Ковалева, Г.Я. Рудаков, С.П. Комбарова, В.Е. Ларченко // Теплоэнергетика. 2016. № 2. С. 46–53. <https://doi.org/10.1134/S0040363616010094>
 6. **Занин А.И.** Паровые турбины: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1988.
 7. **Ривкин С.Л., Александров А.А.** Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергоатомиздат, 1984.
 8. **РД 34.30.104-81.** Руководящие указания по тепловому расчету поверхностных конденсаторов мощных турбин тепловых и атомных электростанций. М.: Союзтехэнерго, 1982.

Experience of Applying VTIAMIN Brand Reagents for Correction of the Water-Chemical Regime of TPPs' Return Cooling Systems

V. V. Kozlovsky^a, E. F. Nartya^a, Yu. V. Ulanovskaya^b, and A. B. Larin^c. *

^aOOO Water Technologies Engineering, Moscow, 115280 Russia

^bOOO Bashkir Generating Company, Ufa, 450059 Russia

^cIvanovo State Power Engineering University, Ivanovo, 153003 Russia

*e-mail: admin@xste.ispu.ru

Abstract—As part of the implementation of the program for the import substitution of corrosion inhibitors, scale formation and biocides, the branches of OOO Bashkir Generation Company conducted research and pilot testing (RPT) on the use of VTIAMIN reagents when dosing them into the circulating water of recycle cooling systems (RCC) of several CHPPs. The selection of VTIAMIN reagents, manufactured by OOO Water Technologies Engineering, was carried out in accordance with the test objectives, taking into account the composition of the equipment and operating conditions of the RCC, the quality of the make-up water, and the methods of disposal of blow-down water. As a result of studies carried out using a mobile bench installation that simulates the operation of a ventilation cooling tower at a temperature of 45°C and an evaporation coefficient in the range of 1.0–3.5, it was shown that the reagent VTIAMIN TS-5 has a high antiscaling efficiency and can successfully replace the imported Aktifos 640T reagent without changing the dosing scheme and chemical control methods. The use of the VTIAMIN ZS-6 reagent provides sufficient protection against corrosion of copper-containing alloys by inhibiting the local dissolution of copper and creating a protective film on the surface of the equipment under conditions of dosing into circulating water in excess. VTIAMIN B-6 proposed as a domestic biocide at a dosage of 0.2 mg/dm³ is able to suppress biological growth in RCC elements and replace the imported Turbanion M104 reagent. The effectiveness of the reagent is confirmed by the results of controlling the total microbial number on contact slides (biotests Microbiology Environcheck Contact TVC).

Keywords: import substitution in recirculating cooling systems, water regime, scale and corrosion inhibitors, thermal power plants, effectiveness of the VTIAMIN reagent