



# ToshIEM da suvni kimyoviy tuzsizlantirishni avtomatlashtirish usuli

Zohid Y. Hasanov<sup>1,b</sup>, Xayrulla S. Isaxodjaev<sup>1</sup>, Anvar I. Anarbaev<sup>1a)</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; [anizan6004@mail.ru](mailto:anizan6004@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0003-4643-3277>

<sup>1</sup> PhD, dots., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; [x.isaxodjajev1965@yandex.ru](mailto:x.isaxodjajev1965@yandex.ru) <https://orcid.org/0000-0003-1616-7203>

<sup>1,b</sup> Assistent., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; [zohid6356363@gmail.com](mailto:zohid6356363@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-3869-5738>

**Dolzarbli:** issiqlik elektr stansiyalari (IES, IEM) eng yirik suv iste'molchilari qatoriga kiradi. Ular tabiiy muhit uchun xavfli bo'lgan katta miqdordagi oqava suv va ifloslanish bilan tavsiflanadi. TashIEM kimyo qurilmaining oqava suvlari ko'p jihatdan bo'shashtiruvchi chayqashlar, ishlatilmagan regeneratsiya eritmalari va ion almashinuv filtrlaridagi yuvish suvlaridan hosil bo'ladi. Kimyoviy tuzsizlantirish qurilmalari uchun oqava suvning bir qismida ortiqcha kislotaga, odatda sulfat kislotaga, oqava suvning bir qismida ortiqcha ishqor mavjud va neytrallangan oqava suvda ko'p miqdorda tuz komponentlari mavjud bo'lib, ko'pincha ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyadan (RMK) masalan, sulfatlar va xloridlar uchun, oshadi.

**Maqsad:** issiqlik elektr stansiyasida suvni tuzsizlantirish uchun vodorod-kationit filtrlarining regeneratsiya jarayonlarini nazorat qilishni yaxshilash uchun suvdagi tuz konsentratsiyasini hisoblashning keyingi algoritmi bilan elektr o'tkazuvchanligini o'lchash usulini qo'llashni tahlil qilish va asoslash.

**Usullari:** elektr o'tkazuvchanligini o'lchash usuli qo'llaniladi, undan keyin suvdagi tuz konsentratsiyasini hisoblash algoritmi qo'llaniladi.

**Natijalar:** suv-kimyoviy rejimlarni va filtrlarda kationitni qayta tiklash jarayonlarini monitoring qilish jarayonlarini avtomatlashtirishda, bu reagentlar va suv sarfini optimallashtiradi va filtrlash uskunasing to'xtash vaqtini kamaytiradi.

**Kalit so'zlar:** issiqlik elektr stansiyasi, suv kimyosi, kationit filtrlari, kationit regeneratsiyasi, kislotaga reagentlari, suv o'tkazuvchanligi, jarayonlarni avtomatlashtirish.

**For citation:** Khasanov Z.Y., Isakhodjaev Kh.S., Anarbaev A.I. Method of automation of chemical desalination of water at TashChP. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no 1, pp. 165-171.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20033221>

Received: 19.11.2025

Revised: 15.12.2025

Accepted: 17.02.2026

Published: 26.03.2026

**Copyright:** © Zakhid Y. Khasanov, Xayrulla S. Isakhodjaev, Anvar I. Anarbaev 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Метод автоматизации химического обессоливания воды на ТашТЭЦ

Захид Ё. Хасанов<sup>3</sup>, Хайрулла С. Исаходжаев<sup>2</sup>, Анвар И. Анарбаев<sup>1a)</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; [anizan6004@mail.ru](mailto:anizan6004@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0003-4643-3277>

<sup>2</sup> PhD, доц., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; [x.isaxodjajev1965@yandex.ru](mailto:x.isaxodjajev1965@yandex.ru) <https://orcid.org/0000-0003-1616-7203>

<sup>3</sup> Ассистент, Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан [zohid6356363@gmail.com](mailto:zohid6356363@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-3869-5738>

**Актуальность:** предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ, ТЭС) являются одними из наиболее крупных потребителей воды. Они характеризуются большим количеством сточных вод и загрязнений, которые являются опасными для окружающей среды. Стоки химического цеха ТашТЭЦ в значительной степени формируются водами промывок, отработанными регенерационными растворами и отмывочными водами ионитных фильтров. Для установок химического обессоливания часть стоков содержит избыток кислоты, обычно серной кислоты, часть стоков – избыток щелочи, а нейтрализованный сток значительное количество солевых компонентов, нередко превышающих предельно-допустимые концентрации (ПДК), например, по сульфатам и хлоридам.

**Цель:** анализ и обоснование применения метода измерения электропроводности, с последующей алгоритмизацией расчета концентрации соли в воде для улучшения контроля процессов регенерации водородно-катионитовых фильтров обессоливания воды на теплоэлектростанции.

**Методы:** используется метод измерения электропроводности и алгоритмизация расчета концентрации соли в воде.

**Результаты:** автоматизация процессов контроля водно-химических режимов и процессов регенерации катионита в фильтрах оптимизирует расходы реагентов и воды, сокращает время простоя фильтровального оборудования.

**Ключевые слова:** ТЭЦ, водно-химический режим, катионитовые фильтры, регенерация катионита, кислотные реагенты, электропроводность воды, автоматизация процессов.



# Method of automation of chemical desalination of water at TashChP

Zohid Y. Hasanov<sup>3</sup>, Xayrulla S. Isakhodjayev<sup>2</sup>, Anvar I. Anarbaev<sup>1a)</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, prof., Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; [anizan6004@mail.ru](mailto:anizan6004@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0003-4643-3277>

<sup>2</sup> PhD., dots., Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; [x.isaxodjayev1965@yandex.ru](mailto:x.isaxodjayev1965@yandex.ru) <https://orcid.org/0000-0003-1616-7203>

<sup>3</sup> Assistant., Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan [zohid6356363@gmail.com](mailto:zohid6356363@gmail.com). <https://orcid.org/0009-0005-3869-5738>

**Relevance:** thermal power plants (TPP, TChP) are among the largest consumers of water. They are characterized by a large amount of wastewater and pollution, which are dangerous for the natural environment. The wastewater from the chemical plant of TashTChP is largely formed by water from loosening rinses, spent regeneration solutions and wash water from ion-exchange filters. For chemical desalination plants, part of the effluent contains excess acid, usually sulfuric acid, part of the effluent contains excess alkali, and the neutralized effluent contains a significant amount of salt components, often exceeding maximum permissible concentrations (MPC), for example, for sulfates and chlorides.

**Aim:** to analyze and substantiate the application of the electrical conductivity measurement method, followed by the algorithmization of salt concentration calculation in water, to improve the control of regeneration processes for hydrogen-cation exchange demineralization filters at a thermal power plant.

**Methods:** the electrical conductivity measurement method and algorithmization of salt concentration calculation in water are utilized.

**Results:** Automation of water-chemical regime control processes and cation exchange resin regeneration processes in filters optimizes reagent and water consumption, and reduces downtime of filtration equipment.

**Keywords:** TPP (Thermal Power Plant), water-chemical regime, cation exchange filters, cation exchange resin regeneration, acid reagents, water electrical conductivity, process automation.

## 1. Введение (Introduction)

Стоки химического цеха ТашТЭЦ в значительной степени формируются водами промывок, отработанными регенерационными растворами и отмывочными водами ионитных фильтров. Для установок химического обессоливания часть стоков содержит избыток кислоты, обычно серной, а часть стоков – избыток щелочи, а нейтрализованный сток - значительное количество солевых компонентов, нередко превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), например, по сульфатам и хлоридам [1,2]. Обычно, перед сбросом в природные водоемы, стоки химцеха смешиваются с общестанционным стоком, что позволяет снизить концентрацию солей [3], однако общий солевой сброс может превышать значения ПДК, и попадать под штрафные санкции контролирующих природоохранных органов.

Как показал опыт замены ионитных фильтров водоподготовки на ТашТЭЦ мембранными технологиями [4], окончательную очистку воды приходится проводить, как правило, использованием Н-ОН-ионитных фильтров, регенерируемых серной кислотой. К этому добавляются стоки водных и химических очисток и концентрат мембранных фильтрующих элементов. Общий объем стоков установки обратного осмоса (УОО) обычно превышает объем стоков установки химического обессоливания равной производительности [5,6].

Тем не менее большинство электростанций ограничивается нейтрализацией и разбавлением стоков химводоочистки. Одной из причин является высокая стоимость и недостаточная технологическая надежность водородно-катионитовых фильтров [7,8,9]. Большие возможности повышения эффективности возникают при автоматизации процессов контроля водно-химических режимов и процессов регенерации катионита в фильтрах, что оптимизирует расходы реагентов и воды, сокращает время простоя фильтровального оборудования [10].

## 2. Методы и материалы (Methods and materials)

Предлагается простой метод контроля водно-химического режима обессоливающей установки на основе использования измерений электропроводности, с последующей раздельной утилизацией условно чистого и минерализованного стоков.

Измеряя в период наладки установки общую жесткость ( $J_0$ , мг-экв/л), щелочность ( $Щ_0$ , мг-экв/л), содержание хлоридов ( $[Cl^-]$ , мг/л), а также температуру ( $t, ^\circ C$ ) и удельную электропроводность ( $\chi$ , мкСм/см), можно рассчитать минерализацию (солесодержание) воды ( $M$ , мг-экв/л) и концентрации сульфатов ( $[SO_4^{2-}]$ , мг/л) и ионов натрия ( $[Na^+]$ , мг/л) по уравнениям:



$$M = \frac{0,028 \cdot [Cl^-] + \text{Ш}_0 + (\chi - 0,028 \cdot [Cl^-] \lambda_{Cl^-}^{cp} - \text{Ш}_0 \lambda_{HCO_3^-}^{cp})}{\lambda_{SO_4^{2-}}^{cp}}, \quad (1)$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{48(\chi - 0,028 \cdot [Cl^-] \lambda_{Cl^-}^{cp} - \text{Ш}_0 \lambda_{HCO_3^-}^{cp})}{\lambda_{SO_4^{2-}}^{cp}}, \quad (2)$$

$$[Na^+] = 23 \cdot (\text{Ш}_0 + 0,028 \cdot [Cl^-] + 0,0208 \cdot [SO_4^{2-}] - \mathcal{Ж}_0); \quad (3)$$

где  $\lambda_{Cl^-}^{cp}$ ,  $\lambda_{SO_4^{2-}}^{cp}$ ,  $\lambda_{HCO_3^-}^{cp}$  – средние значения (по  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Na^+$ ) эквивалентных электропроводностей хлоридов, сульфатов и бикарбонатов, определяемые по уравнениям (в диапазоне температур  $16 \div 44$  °C [11,12], характерном для исходных вод ТЭЦ,

$$\lambda_{Cl^-}^{cp} = (1 + 0,0203 \cdot (t - 18)) \cdot (0,0597 \cdot M_o^2 - 1,4317 \cdot M_o + 110,172); \quad (4)$$

$$\lambda_{SO_4^{2-}}^{cp} = (1 + 0,0208 \cdot (t - 18)) \cdot (0,195 \cdot M_o^2 - 4,095 \cdot M_o + 106,61); \quad (5)$$

$$\lambda_{HCO_3^-}^{cp} = (1 + 0,0201 \cdot (t - 18)) \cdot (0,065 \cdot M_o^2 - 1,743 \cdot M_o + 83,578); \quad (6)$$

где  $M_o$  – начальное приближение значения минерализации воды, принимается равным  $0,01\chi$ , г-экв/л.

Принятый метод позволяет расчетным путем определить концентрации сульфатов и ионов натрия. Были подобраны и проверены температурные коэффициенты для  $\lambda_i^{cp}$ .

Контроль качества дистиллята может быть выполнен по измерению трех параметров:  $\chi$ ,  $pH$  и  $\chi_H$ . Содержание расчетного метода заключается в следующем.

За испарительной установкой частично обессоленная вода проходит Н-катионитный фильтр. Уравнения электронейтральности (7) и электропроводности (8) для прямой пробы дистиллята будут выглядеть так:

$$[H^+]_{иу} + [Na^+]_{иу} = [OH^-]_{иу} + [HCO_3^-]_{иу} + 2[CO_3^{2-}]_{иу} + [Cl^-]_{иу}; \quad (7)$$

$$1000 \cdot \chi_{иу} = [H^+]_{иу} \lambda_{H^+} + [Na^+]_{иу} \lambda_{Na^+} + [OH^-]_{иу} \lambda_{OH^-} + [HCO_3^-]_{иу} \lambda_{HCO_3^-} + 2[CO_3^{2-}]_{иу} \lambda_{CO_3^{2-}} + [Cl^-]_{иу} \lambda_{Cl^-}. \quad (8)$$

Для фильтрата Н-колонки уравнения электронейтральности и электропроводности имеют вид:

$$[H^+] + [Na^+] = [HCO_3^-] + [Cl^-]; \quad (9)$$

$$1000 \cdot \chi_H = [H^+]_H \cdot \lambda_{H^+} + [Na^+] \cdot \lambda_{Na^+} + [HCO_3^-]_H \cdot \lambda_{HCO_3^-} + [Cl^-]_H \cdot \lambda_{Cl^-}. \quad (10)$$

В фильтрате Н-колонки концентрация ионов натрия намного меньше концентрации ионов водорода [13]. Произведение ( $[Na^+]_H \cdot \lambda_{Na^+}$ ) намного меньше произведения ( $[H^+]_H \cdot \lambda_{H^+}$ ), т.к.  $\lambda_{Na^+} \ll \lambda_{H^+}$ . Тогда, учитывая, что при Н-катионировании концентрация хлоридов в воде не изменяется, получим уравнения (9) и (10) в виде:

$$[H^+]_H = [HCO_3^-]_H + [Cl^-]_{иу}; \quad (11)$$

$$1000 \cdot \chi_H = [H^+]_H \cdot \lambda_{H^+} + [HCO_3^-]_H \cdot \lambda_{HCO_3^-} + [Cl^-]_{иу} \cdot \lambda_{Cl^-} \quad (12)$$

Система уравнений (7), (8), (11) и (12) может быть дополнена уравнениями, отвечающими диссоциации воды [14]:

$$[H^+][OH^-] = K_w; \quad (13)$$

диссоциации уголекислоты по первой и второй ступеням [15]:

$$[H^+][HCO_3^-] = K_I [H_2CO_3]; \quad (14)$$

$$[H^+][CO_3^{2-}] = K_{II} [HCO_3^-]; \quad (15)$$

где  $K_w$ ,  $K_I$  и  $K_{II}$  – концентрационные константы диссоциации воды и уголекислоты при фактической температуре.

Рассматривая систему уравнений для воды после испарительной установки (прямая проба), включающую уравнения (7) и (8), (13)–(15), и для фильтрата Н-колонки (Н-катионитная проба), включающую (11) и (12), (13)–(15). Система уравнений может быть решена при измерении трех параметров, если дополнить ее уравнением материального баланса всех форм уголекислоты при катионировании воды на Н-катионитном фильтре:

$$[HCO_3^-]_{иу} + [CO_3^{2-}]_{иу} + [H_2CO_3]_{иу} = [HCO_3^-]_H + [H_2CO_3]_H. \quad (16)$$

В качестве трех измеряемых параметров удобно взять указанные выше электропроводность и  $pH$  воды после испарительной установки (прямая проба), а также электропроводность фильтрата после Н-колонки. Согласно алгоритму, представленному на рис. 1, проведены исследования перспективных ионитов в условиях, моделирующих условия эксплуатации промышленных фильтров при разных расходах реагентов на регенерацию.

Показатели качества воды по стадиям обработки, полученные по показаниям приборов и расчетным методом по программе для обеспечения водно-химического режима представлены в табл. 1.

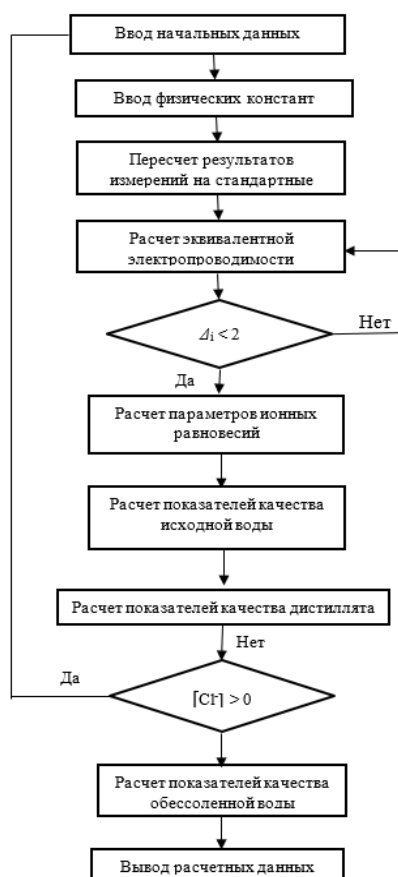


Для проверки предлагаемой методики расчета показателей качества питательной воды и пара прямооточного котла, проводились опыты на стенде по моделированию проб питательной воды и пара прямооточных котлов. Схема испытательной установки на ТашТЭЦ представлена на рис.2.

Исходная вода относится к типу маломинерализованных вод гидрокарбонатного класса. Содержание взвешенных веществ – невысокое, содержание железо-органических соединений – среднее.

Сточная вода содержит высокие концентрации хлоридов и сульфатов, нормируемых по сбросам  $300 \text{ мг/дм}^3$  и  $110 \text{ мг/дм}^3$  соответственно [17].

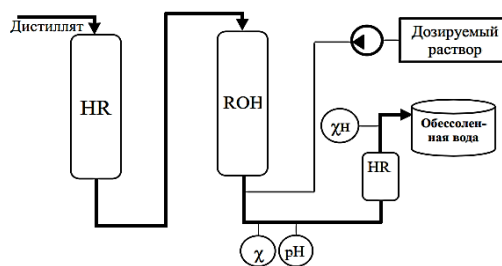
Подготовка обессоленной воды на Таш ТЭЦ производится по схеме трехступенчатого химического обессоливания с блочным включением фильтров. Блочное включение фильтров позволяет максимально сократить расход кислоты и щелочи на регенерацию и воды на собственные нужды [18].



**Рис. 1.** Блок-схема алгоритма для расчета качества обессоленной воды в химцехе №3 ТашТЭЦ  
**Fig.1.** Block diagram of the algorithm for calculating the quality of demineralized water in chemical factory No. 3 of TashTChP

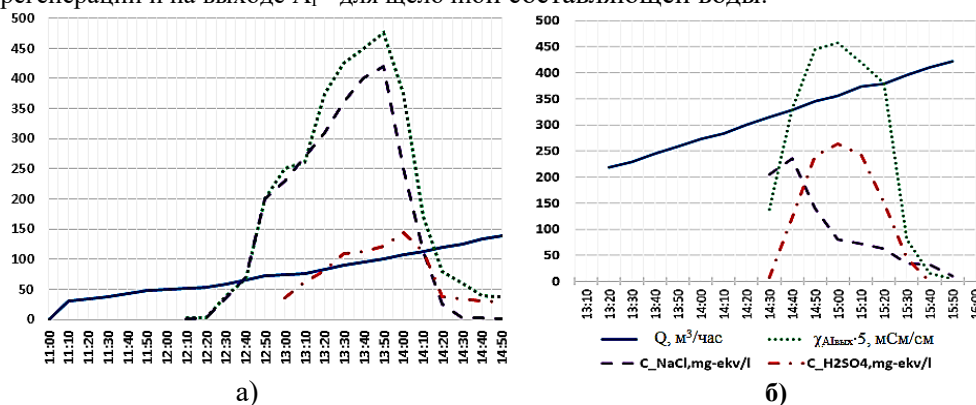
**Таблица 1.** Средние показатели качества воды по стадиям обработки  
**Table 1.** Average water quality indicators by treatment stages

Показатель	Исходная вода	Умягченная вода	Дистиллят	Обессоленная вода для охлаждения конденсатора турбин	Нормы для систем охлаждения конденсаторов [16]
$\chi_{25}$ , мкСм/см	345	334,8	7,62	0,2	<0,5
$J_{\text{ж}}$ , мг-экв/л	3,46	0,07	0,04	<0,001	<0,002
$J_{\text{щ}}$ , мг-экв/л	3,05	2,95	0,045	0,0011	–
$[Cl^-]$ , мг/л	7,15	7,25	1,15	<0,001	–
$[Na^+]$ , мг/л	4,02	81,9	3,19	0,005	<0,015
pH	7,85	7,85	7,31	7,5	–
$[SiO_3^{2-}]$ , мг/л	7,95	7,95	0,34	<0,0011	<0,021



**Рис. 2.** Схема дозирования аммиака и серной кислоты на лабораторном стенде Таш ТЭЦ  
**Fig. 2.** Ammonia and sulfuric acid dosing diagram at the Tash TChP laboratory stand

Проведено технологическое испытание оборудования обессоливающей установки Таш ТЭЦ, в ходе которого получены выходные кривые регенерации катионитных ( $H_{III} - H_{II} - H_I^{OCH} - H_I^{NP}$ ) и анионитных ( $A_{III} - A_{II} - A_I$ ) фильтров первого блока фильтров (БФ-1). На рис.3,а и 3,б представлены изменения концентраций регенерационных агентов ( $NaOH$  и  $H_2SO_4$ ) и вымываемых солей, а также изменения удельной электропроводности стоков на выходе  $H_I^{NP}$  для кислотной регенерации и на выходе  $A_I$  - для щелочной составляющей воды.



**Рис. 3.** Входные (а) и выходные (б) кривые регенерации БФ-1 ТашТЭЦ  
**Fig. 3.** Input (a) and output (b) regeneration curves of Tank Filtr-1 TashTChP

### 3. Результаты и обсуждение (Results and discussion)

Результаты исследований показывают, что для уменьшения расхода воды на собственные нужды установки на ТашТЭЦ предусмотрен отвод от фильтров вод взрыхляющей промывки в бак промышленных стоков с последующей очисткой и возвратом в технологический цикл (на рис.3,а этот период соответствует времени 11:10-11:40). Регенерационные и отмывочные воды транспортируются на узел нейтрализации, содержащий три бака по  $500 m^3$ , где производится их нейтрализация и сброс в поток общего стока ТашТЭЦ.

Как видно из рис.3,а период пропуска регенерационного раствора щелочи (11:20 - 12:20) удельная электропроводность (и солесодержание) стока анионитного фильтра  $A_I$  находится на минимальном уровне, не превышающем  $450 \mu S/cm$ . При этом на бак-нейтрализатор отправляется около  $30 m^3$  воды, вытесненной из фильтров  $A_3, A_2, A_1$  и соединительных трубопроводов. Далее, вплоть до окончания отмывки по линии пропуска регенерационного раствора (13:50), наблюдается интенсивный рост удельной электропроводности стока, обусловленный выносом солей  $NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, Na_2SiO_3$  и остатков щелочи  $NaOH$ . При этом на бак-нейтрализатор отправляется около  $45 m^3$  раствора. Далее следует домывка обессоленной водой вплоть до 16:20 расходом  $40 m^3/h$ . Из рис.3,б видно, что уже к 14:20 - 14:30 удельная электропроводность стока снижается ниже  $450 \mu S/cm$ , солесодержание - ниже  $1,5 mg-ekv/l$ , и лишь остатки  $NaOH$  продолжают вымываться из анионитов. В бак-нейтрализатор сбрасывается около  $30 m^3$  раствора. Начиная с этого времени и далее в сток идет «чистая» вода с остатками щелочи концентрацией  $20 mg-ekv/l$  и менее. Объем стока в этот период составляет  $65 m^3$ .

### 4. Заключение (Conclusion)

Проверка расчетных значений концентраций, полученных путем измерений на ТашТЭЦ в химцехе №3, и расчетных, полученных на основе предложенной методики на основе электропроводности воды, показало отклонение не более 5%, что подтверждает достоверность полученных выражений.

Таким образом, появляется возможность разделения щелочного стока на условно чистый, с



концентрацией солей до 2,5 мг-экв/л и остатками щелочи (CNaOH менее 20 мг-экв/л) общим объемом 95 м<sup>3</sup>, и минерализованный, с концентрацией солей 275 мг-экв/л, концентрацией щелочи 45 мг-экв/л общим объемом около 75 м<sup>3</sup>. Критерием разделения потоков можно принять значение удельной электропроводности в 450 мкСм/см.

## ЛИТЕРАТУРА

12. Егошина О.В. Современное состояние систем химико-технологического мониторинга на тепловых станциях на основе опыта МЭИ – ООО НИЦ «Элемент» / О.В. Егошина, В.П. Воронов, М.П. Назаренко // Теплоэнергетика. 2013. № 7.
13. Расчет концентрации ионогенных примесей водного теплоносителя энергоблока ТЭС по измерениям удельной электропроводности и рН / Ларин Б.М., Бушуев Е.Н., Козюлина Е.В., Ларин А.Б., Тихомирова Ю.Ю. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006614194 от 7.12.2006.
14. Козюлина Е.В. Совершенствование мониторинга и диагностики водно-химического режима конденсатно-питательного тракта на тепловых электрических станциях: дисс. ...канд. техн. -Иваново, 2004. -130 с.
15. Еремина Н.А. Совершенствование химконтроля и диагностики нарушений водно-химического режима барабанного котла высокого давления: дисс. ...канд. техн. наук. -Иваново. 2000. -115 с.
16. Назаренко П.Н., Самаренко В.Н., Квасова О.Ф., Невский С.В. Опыт построения системы химико-технологического мониторинга паровых котлов ТГМ-96 с последующей интеграцией ее в АСУ ТП //Теплоэнергетика, 2001, №4.
17. Ларин Б.М. Расчет минерализации и концентрации аммиака и углекислоты в водах типа конденсата / Б.М. Ларин, Н.А. Еремина //Теплоэнергетика. 2000. № 7. -С. 10–14.
18. Родионов А.К. Метод калибровки рН-метров с использованием эталонных растворов с малой удельной электропроводностью // Теплоэнергетика. 2011. №7. -С.41-47
19. Тарасов Д.В., Мансуров А.А., Бедрин Б.К. Модернизация АСУ ТП ХВО на ТЭЦ-27 // Электрические станции, 2002, №10 - С. 36—40.
20. Therikildsen S.E. Water Chemistry Control and Monitoring Concept to Avoid Chemistry Related Failures in Small Combined Heat and Power Plant / S.E. Therikildsen // Proc. Seventh Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Houston, USA. June 3-5. 2003. P. 2.3-2.17.
21. Rziha M. Cycle Chemistry in Combined Cycle Units – The Siemens Experience // Proc. Sixth Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Columbus, Ohio, USA. June 27-29. 2000. P. 33.1-33.15.
22. Svoboda R. Combined Cycle Power Plant Chemistry – Concepts and Field Experience / R. Svoboda, F. Gabrielly, E. Liebig et all. // Proc. Sixth Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Columbus, Ohio, USA. June 27-29. 2000. P. 34.1—34.20.
23. Киет С.В. Разработка метода и устройства химического контроля водного теплоносителя на ТЭС: дисс. ...канд. техн. наук. -Москва. МЭИ (ТУ). 2009. -155 с.
24. Белоконова Н.А. Проблемы контроля качества пара в тракте блоков СКД // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. №5 (43). -С. 28-29.
25. Бушуев Е.Н. Исследование и математическое моделирование химико-технологических процессов водоподготовки на ТЭС: дисс. ... докт. техн. наук. – Иваново, 2010. -355 с.
26. Колегов А.В. Совершенствование системы автоматического химконтроля барабанных энергетических котлов на основе измерения электропроводности и рН: дис. ... канд. техн. наук / -Иваново, 2013.
27. Ларин Б.М., Ларин А.Б., Колегов А.В. Измерение электропроводности и рН в системах мониторинга водного режима ТЭС. -Иваново. ИГЭУ. 2014. -332 с.
28. Зенова Н.В. Химико-технологический мониторинг ТЭЦ-27. Разработка освоение и развитие // Электрические станции, 2002, №10. -С. 31—36.

## REFERENCES

1. Egoshina O.V. Current state of chemical-technological monitoring systems at thermal power plants based on the experience of MPEI - OOO NIC "Element" / O.V. Egoshina, V.P. Voronov, M.P. Nazarenko // Teploenergetika. 2013. № 7. (In Russ).
2. Calculation of the concentration of ionogenic impurities in the water coolant of a thermal power plant unit based on measurements of specific electrical conductivity and pH / Larin B.M., Bushuev E.N., Kozyulina E.V., Larin A.B., Tikhomirova Yu.Yu. // Certificate of official registration of the computer program No.2006614194 от 7.12.2006. (In Russ).



3. Kozyulina E.V. Improvement of monitoring and diagnostics of water-chemical regime of condensate-feed path at thermal power plants: diss. ... Cand. tech. Ivanovo, 2004. 130 p. (In Russ).
4. Eremina N.A. Improvement of chemical control and diagnostics of violations of the water-chemical regime of a high-pressure drum boiler: diss. ... Cand. of Engineering Sciences. Ivanovo. 2000. 115 p. (In Russ).
5. Nazarenko P.N., Samarenko V.N., Kvasova O.F., Nevsky S.V. Experience in constructing a system for chemical-technological monitoring of steam boilers TGM-96 with its subsequent integration into the automated process control system//Heat Power Engineering, 2001, №4. (In Russ).
6. Larin B.M. Calculation of mineralization and concentration of ammonia and carbon dioxide in condensate-type waters / B.M. Larin, N.A. Eremina //Thermal Power Engineering. 2000. №7.P.10–14. (In Russ).
7. Rodionov A.K. Method of calibration of pH meters using standard solutions with low specific electrical conductivity // Thermal Engineering. 2011. №7. P.41-47. (In Russ).
8. Tarasov D.V., Mansurov A.A., Bedrin B.K. Modernization of the automated control system of the chemical water treatment plant at TPP-27 // Electric stations, 2002, №10, P. 36—40. (In Russ).
9. Therkildsen S.E. Water Chemistry Control and Monitoring Concept to Avoid Chemistry Related Failures in Small Combined Heat and Power Plant / S.E. Therkildsen // Proc. Seventh Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Houston, USA. June 3-5. 2003. P. 2.3-2.17.
10. Rziha M. Cycle Chemistry in Combined Cycle Units – The Siemens Experience // Proc. Sixth Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Columbus, Ohio, USA. June 27-29. 2000. P. 33.1-33.15.
11. Svoboda R. Combined Cycle Power Plant Chemistry – Concepts and Field Experience / R. Svoboda, F. Gabrielly, E. Liebig et al. // Proc. Sixth Int. EPRI Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants. Columbus, Ohio, USA. June 27-29. 2000. P. 34.1—34.20.
12. Kiet S.V. Development of a method and device for chemical control of water coolant at thermal power plants: diss. ... candidate of technical sciences. Moscow. MPEI (TU). 2009.155 p.
13. Belokonova N.A. Problems of steam quality control in the tract of SKD units // Energy saving and water treatment. 2006. No. 5 (43). P. 28-29. (In Russ).
14. Bushuev E.N. Research and mathematical modeling of chemical-technological processes of water treatment at thermal power plants: diss. Doctor of Engineering Sciences. Ivanovo, 2010. 355 p. (In Russ).
15. Kolegov A.V. Improvement of the automatic chemical control system of drum power boilers based on measuring electrical conductivity and pH: diss. ... Cand. of Technical Sciences / Ivanovo, 2013. (In Russ).
16. Larin B.M., Larin A.B., Kolegov A.V. Measurement of electrical conductivity and pH in systems for monitoring the water regime of thermal power plants. Ivanovo. ISUE. 2014. -332 p. (In Russ).
17. Zenova N.V. Chemical-technological monitoring of TPP-27. Development and development // Electric stations, 2002, No. 10, P. 31—36. (In Russ).