

IMPROVING THE QUALITY OF DESALINATED WATER WITH A COMBINED TREATMENT PLANT¹⁸

Assoc. Prof. Aliya Yelemanova, PhD

Department of International cooperation and academic mobility
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Kazakhstan
Phone: 87074974801
E-mail: a.elemanova@aes.kz

Assoc. Prof. Plamen Mushakov, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82 888 304
E-mail: pgm@uni-ruse.bg

Abstract: *This work shows the current water treatment methods recommended by the Groundwater Treatment Classifier and their drawbacks with significant operating costs. The common disadvantage of these plants is the high energy consumption to produce one unit of distillate.*

This paper presents an energy efficient solution to the existing problem of low energy desalination in a combined water treatment plant. The results obtained from the experimental investigation of the quality performance of the distillate reflux after the water purification plant prove its serviceability and efficiency for small power and heat supply systems.

The complex shows a reduction in energy consumption, allows the engineers to exclude the use of chemical reagents, to significantly reduce the consumption of wash water for own use and the cost of desalination, as well as the cost of its heating.

Keywords: *water purification, desalination, membrane methods, electrodialysis*

ВЪВЕДЕНИЕ

Най-важната задача на настоящия етап от развитието на енергетиката в Република Казахстан е повишаването на топлинната, икономическата ефективност, надеждността и екологичността на енергийния комплекс. Особено място при решаването на тези задачи се отделя на по-нататъшното развитие на осигуряването на нуждите на националната икономика с водни ресурси.

Под влияние на дейностите по управление на водите значително се е променил хидрохимичният, хидробиологичният и санитарният режим на всички реки от басейна на Арал-Сирдаря и Аралско море. Способността за самопречистване на много реки е изчерпана, а при някои е намалена дотолкова, че е довела до опасна ситуация в басейна на редица реки, включително и в река Сирдаря.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Върху качествения състав на повърхностните и подземните води пряко влияние оказва антропогенната дейност, изразяваща се в интензивно развитие на селското стопанство, транспорта, промишлеността, енергетиката и комуналните услуги, което води до негативна екологична ситуация в района на Аралско море (табл.1).

В долното течение на река Сирдаря качеството на повърхностния отток се е влошило поради навлизането в речното корито на значителен обем силно минерализирани колекторно-дренажни води, обогатени със соли и напълно непречистени от примеси.

¹⁸ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Топлотехника, хидравлика и пневматика“ на 27 октомври 2023 г. с оригинално заглавие на български език: ПОДОБРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО НА ОБЕЗСОЛЕНАТА ВОДА С КОМБИНИРАНА ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ

Таблица 1. Воден баланс на района на Сирдаря, Кизилорда (km³)

Обеми на постъпващата вода	Обем на приетата вода	Преход към Аралско море	Заустване на водите от колектора и дренажа в реката
20,0	5,54	3,05	0,08
16,9	4,88	3,20	0,07
12,5	3,85	2,65	0,044
11,7	3,83	3,56	0,052
19,328	5,1	8,641	0,056

На територията на Казахстан се получава остатъчен отток, чиято минерализация в горното течение на р.Сирдаря не надвишава $0,3 \div 0,5 \text{ g/dm}^3$, а при напускане на долината на Фергана минерализацията на речните води достига $1,2 \div 1,4 \text{ g/dm}^3$, в участъка Шардара достига $1,4 \div 1,6 \text{ g/dm}^3$, в района на Кизилорда $1,6 \div 2,0 \text{ g/dm}^3$ (Muhiddinov, D. N., L. R Junussova).

Промислените отоплителни и общински котелни централи, както и топлофикационните мрежи като енергийни съоръжения на този регион, работят в обща структура с други части на енергийната система на региона на Аралско море (ТЕЦ, системи за електроснабдяване и газоснабдяване, водоснабдяване, канализация и т.н.). Пречистването на водата в котелните и топлофикационните мрежи е предвидено с цел предотвратяване на образуването на котлен камък по нагревните повърхности на котлите, бойлерите и нагревателите. Тя се комбинира с термична деаерация, за да се намали нивото на корозия в топлообменните съоръжения и отоплителните мрежи и да се предотврати появата на отлагания от железни оксиди. Основният критерий при избора на рационална схема за пречистване на водата в системите за централно отопление във всеки конкретен случай е химическият състав на изходната вода и стандартните показатели за качеството на пречистената вода, използвана в котелното или подавана към топлопреносната мрежа (Junussova, L. R., 2015).

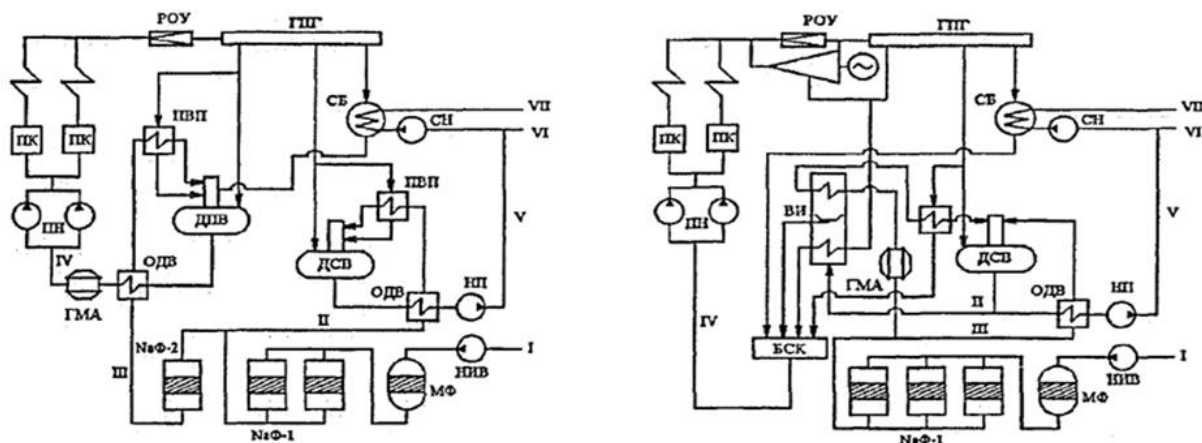
Стандартизираните показатели за качеството на охлаждащата течност зависят от вида на оборудването, използвано в топлоелектрическата централа (ТЕЦ), вида на основното гориво и параметрите на работния флуид (налягане и температура на парата и водата). Изискванията за качество на различните видове охлаждаща течност в ТЕЦ се различават значително и могат да се променят по време на експлоатацията на енергийното оборудване.

Допълнителни условия за избор на системи за пречистване на водата в този случай са техническите и икономическите характеристики на инсталациите, количеството и съставът на изхвърляните отпадъчни води и разходите за обезвреждане (Pilat, B.V.).

Оборудването на съвременните котелни работи при високи топлинни натоварвания, което изисква строго ограничаване на наличието на отлагания по нагревните повърхности в съответствие с условията за поддържане на температурния режим на метала (фиг. 1). Такива отлагания се образуват от примеси, постъпващи по пътя пара-вода на енергийното съоръжение, включително с допълнителна вода, поради което осигуряването на високо качество на водоохлаждащите течности в ТЕЦ е важна научна и практическа задача. Решаването на този проблем ни позволява да произвеждаме по-чиста пара и спомага за намаляване на скоростта на корозия на конструктивните материали на котлите, турбините и оборудването на кондензатно-захранващия тракт. Качеството на пречистването на водата в топлоелектрическа централа (ТЕЦ) и котелните помещения е тясно свързано с надеждността и ефективността на работата на топлоелектрическите централи.

Ако качеството на захранващата вода е определящият показател за водно-химичния режим на работа на котлите в котелните централи, то основната задача на водоподготвителните инсталации (ВПИ) е да пречистват допълнителните водни и кондензационни потоци на топлоносителя до необходимото ниво. За една отоплителна мрежа най-важният параметър е качеството на водата, подготвена за захранване на мрежата.

Перспективно направление тук е използването на мембранни пречиствателни станции за вода на базата на големи и малки котелни за региона.



Фиг. 1. Принципна схема на топлинния котел:

а - омекотяване, обезвъздушаване и мембранно третиране на захранващата вода на котела; б - с омекотяване, обезвъздушаване и вакуумен изпарител за обезсоляване на добавената вода

ПК - парни котли; ПН - захранващи помпи; РОУ - редукиционно-охлаждащ агрегат; ГПГ - главен парен гребен; СБ - мрежов котел; СИ - мрежова помпа; ДПВ - захранваща вода за деаератора; ДСВ - мрежа за допълване на деаератора; ПВП - пароводен нагревател; ОДВ - охладител на водата за деаератора; НП - захранваща помпа; Na-1, Na-2 - йонообменни филтри на първа и втора степен; МФ - механичен филтър; НИВ - помпа за вода от източника; ГМА - хидромагнитен апарат; И - вода от източника; II - допълваща вода след първия етап на омекотяване; III - допълнително омекотяване на водата след втория етап; IV - захранваща вода; V - допълване на мрежата; VI - директна вода от мрежата; VI - вода от обратната мрежа; ВИ - вакуумен изпарител; БСК - резервоар за събиране на кондензат; ТУ - турбина за обратно налягане

Оценката на съществуващите схеми за пречистване на водата в топлоелектрическите централи (Pilat, B.V.) показва, че въз основа на технологичните им особености при работа с вода, характеризираща се с наличието на голям брой органични и механични примеси и висока твърдост, е необходимо да се въведат допълнителни съоръжения в пречиствателната станция, основани на съвременни технологии за пречистване на водата. Създаването на комбинирани схеми на ПСПВ е необходимо както за намаляване на разходите за пречистване на водата, така и за постигане на качествените характеристики на работната течност, използвана в цикъла на ТЕЦ (Smagin, V. N., P. D. Shchekotov, 1973).

В технологията за подготовка на водата за ТЕЦ могат да се използват различни безреагентни методи, които могат значително да подобрят качествените показатели на водата, консумирана от ТЕЦ.

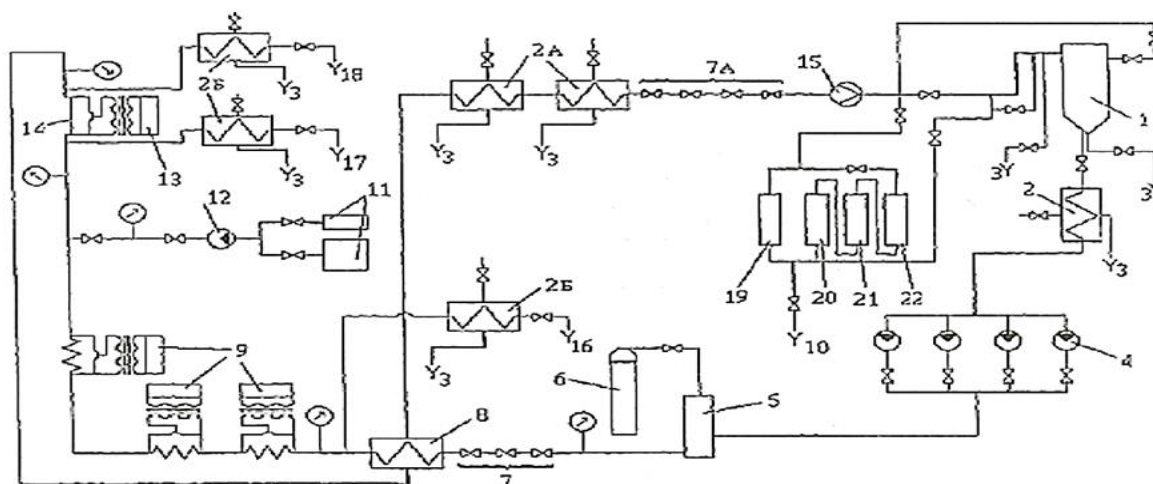
В повечето случаи действащите пречиствателни станции използват вариант, който включва включването на мембранно-осмотичен блок в структурата на технологичния процес. Тези схеми позволяват да се намали съдържанието на соли в пречистената вода пред йонообменната обезсоляваща инсталация със 70-80 %. Като устройства на първия етап от обезсоляването е необходимо да се използват механични филтри и осмотични единици с подходящо оборудване. При това разположение на ВПИ се постигат печалби, дължащи се на значително намаляване на броя на йонообменните филтри и намаляване на консумацията на реагенти за тяхната регенерация.

Изследванията на авторите на тази статия обаче показаха, че при подготовката на голямо количество допълнителна вода за котли е рентабилно в схемата за пречистване на водата да се включи уред за електродиализа (УЕД) с необходимата производителност.

На фиг. 2 е представена схемата на разработената от авторите водна помпа с деаерационен агрегат за допълнителна вода за котлите и допълваща вода за мрежовия кръг за

котелно помещение с работно налягане на парата до 4,0 МПа. В схемата се използват инсталации за ултрафилтрация и електродиализа за обезсоляване на водата. Схемата е разработена за котелни централи, които осигуряват висококачествена пара за технологични нужди (например мини ТЕЦ), а също така имат екологични ограничения за изхвърляне на солени регенеративни отпадъчни води от съоръжението за пречистване на вода. Вместо изпарител в схемата е монтиран апарат за електродиализа, който подготвя водата за захранване на парните котли. Препоръките на някои производители относно използването на апарат за обратна осмоза за обезсоляване на вода като посочват недостатъците на разглежданата схема: мембранно-осмотичният апарат (МОА) включва факта, че при пречистване на вода от подземни източници от сух клас качеството на водата зад МОА е значително по-ниско, отколкото зад УЕД. В същото време, според предложената схема, за допълнително избистряне на водата пред осмотичните устройства е необходимо инсталирането на фини филтри. Водата, подавана към деаератора от МОА, се нуждае от предварително охлаждане, а експлоатационният живот на мембраните е ограничен до 3-5 години, след което те трябва да бъдат подменени. Към трудностите, които възникват по време на експлоатацията на осмотичните системи, се прибавя и необходимостта от използване на помпи за високо налягане във веригата. От друга страна, трябва да се отбележи, че ВПИ за котелни централи на базата на МОА имат редица съществени предимства, включително възможност за пълно автоматизиране на процеса и организиране на собствени услуги, компактно разположение и минимална необходимост от персонал за работа с оборудването за пречистване на водата. Препоръчаната схема за внедряване в котелни централи с мембранни блокове на базата на ултравиолетов модул (УВМ) и УЕД се осъществява на базата на модули за производителност (до 300 t/h). Мембранната технология в разглежданата схема (фиг. 2) се използва за стабилизиране на характеристиките на изходната вода пред водозахранващия блок, захранващата вода на котела и допълващата вода, изпращана към мрежовия кръг.

За котелни централи с ниска топлинна мощност с парни котли е препоръчително да се използват комбинирани схеми за изпомпване на вода с интензивна корекционна и противокаменна обработка на водата и използване на изпускателната вода от парните котли за зареждане на затворена отоплителна мрежа (фиг. 2). Като омокотителна инсталация се препоръчва използването на UFU, EDU, Na-катионизация и след това инсталиране на ултравиолетова дезинфекция на водата (UUFOV).



Фиг. 2. Схема на топлината от котела CWTP (комбинирана пречиствателна станция за вода):

1 - резервоар за дегазатор; 2, 2А, 2Б - охладители; 3 - дренаж; 4 - помпи; 5 - приемници; 6 – резервоар с азотен газ; 7, 7А - група дроселиращи клапани; 8 - топлообменник; 9 – нагреватели; 10, 16, 17, 18 - подбор на проби; 11 - контейнер за дозиране; 12 - помпа за дозиране; 13 - електрически нагревател; 14 - електрическа нагревателна секция; 15 - разходомер; 19 - блок на съоръжение за ултрафилтрация; 20 - блок на съоръжение за електродиализа; 21 - Na-катионен обменник; 22 - блок за ултравиолетова дезинфекция на водата.

Както може да се види от анализа на предложените схемни решения за ВПИ в промишлени отоплителни котли, тяхната структура има най-висока ефективност при комбиниране на йонообменна технология с мембранно обезсоляване или допълнително третиране на водата с помощта на УЕД. При приемливи стойности на качеството на изходната вода Na-катионизацията в тези схеми ефективно се замества от схема с EDF, както и от схема с коригираща обработка на изходната вода.

Установено е, че използването на мембранна технология за пречистване на водата е препоръчително като допълнително средство за подобряване на пречистването на водата в следните звена на ВПИ: преди филтрите за Na-катионизация, преди деаераторите, на захранващата линия за подаване на вода към парните котли за подобряване на противокаменния ефект при използване на коригираща обработка на водата, на захранващата линия на отоплителната мрежа пред котлите (или котлите за гореща вода) за отстраняване на отлаганията от нагревните повърхности, на захранващата линия към изпарителите с омекотена или изходна вода.

Ако е необходимо да се използва автономна технология при експлоатацията на съоръженията за пречистване на вода в котелните, трябва да се предпочете схема за пречистване на вода по мембранна технология с ултрафилтрация и електродиализа с необходимата производителност.

При инсталирането на мембранны устройства е необходимо да се вземе предвид структурата на веригата на съществуващата ВПИ и е препоръчително да се използва дезинфекционна обработка с ултравиолетов излъчвател като допълнителен фактор, който допринася за интензифициране на процесите, насочени към подобряване на качеството на охлаждащата течност в котелните и отоплителните мрежи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Горният преглед илюстрира необходимостта от насърчаване на мембранната технология, основана на обратна електродиализа, за пречистване на отпадъчни води.
2. Предложена е енергийно ефективна пречиствателна станция за отпадъчни води, използваща мембранна ултрафилтрация и модули за електродиализа.
3. Ефективността на получаването на обезсолена вода се определя от разходите за енергия в сравнение с разходите за основните инсталации. Критерий за оценка на ефективността на работа на инсталациите традиционно може да бъде стойността на коефициента Кр.

REFERENCES

Junussova, L. R. Ispol'zovanie membrannyh vodopodgotovitel'nyh ustanovok. T 38 Tehničeskie nauki ot teorii k praktike. Materialy XLIV Intern. Scien-tific and Practical. Conf.no. 3 (40), Novosibirsk: Izd. «SibAK» Publ., 9–14 April 2015 (in Russ.).

Junussova, L. R. Kriterii i principy v opresnenii slabomineralizovannyh vod. Abstracts of 9th International Scientific and Technical Conference «Energetika, telekommunikacii i vysšee obrazovanie v sovremennyh usloviâh». Almaty: AUÈS.

Junussova, L. R. Membrane plants in water condi-tioning schemes at thermal power stations. European Applied Sciences. Stuttgart, Germany.

Junussova, L. R. Sposob primeneniâ elektrodial-iznoj tehnologii dlâ parovoj kotel'noj. Sbornik materi-alov dokladov «Nacional'nyj kongress po ènergetike», Kazan': KGEU Publ..

Junussova, L. R. Stepen' opresneniâ vody v sheme kombinirovannoj vodopodgotovitel'noj ustanovki. Sbornik naučnyh trudov: Problemy sovremennoj nauki, is. 16. Stavropol': Centr naučnogo znaniâ «Logos» Publ., 10 April 2015 (in Russ.).

Muhiddinov, D. N., Junussova L.R. Očistka pod-zemnyh vod Priaral'skogo regiona. Sbornik naučnyh trudov sed'moj Vserosijskoj NTK s meždunarodnym učastiem. «Energetika: Upravlenie, kačestvo i èffek-tivnost' ispol'zovaniâ ènergoresursov».

Muhiddinov, D. N., Junussova L.R. Sravnitel'nyj analiz èffektivnosti baromembrannyh metodov opresneniâ. *Problemy ènergoresursosberezëniâ* (special issue).

Pilat, B.V. Osnovy èlektrodializa. Moscow: Avvalon Publ..

Smagin, V. N., Shchekotov P.D. Podgotovka vody dlâ parogeneratorov metodom èlektrodializa i ionnogo obmena. *Teploènergetika*, 1973, no. 5, pp. 17–20 (in Russ.).