

ТРИКАМЕРНО ФИЛТРАЦИОННО МАЛОГАБАРИТНО СЪОРЪЖЕНИЕ

Ангел Звездов, Алла Ел Шемери, Станислава Павлова, Диляна Звездова

THREE CHAMBER SMALL WATER TREATMENT DEVICE

Angel Zvezdov, Alla Ell Shemeri, St.Pavlova, Diliana Zvezdova
E-mail: azvezdov@abv.bg

ABSTRACT

A single body small water treatment three-cell filtration device for multistage water conditioning has been created. The design includes three cells filtering body and three valves. The chambers are loaded by three different filtering beds. A couple of technological processes can be carried out by this device depending of the actual filtering substances that are loaded in the different chambers. As a research example, the chambers were loaded by: strong acid cation-exchange; strong base anion-exchange resins; active carbon. Every process is separated and proceeds in the single chamber consecutively. As a technological decision it is not a mixed bed ion-exchange filtration process. The ion-exchangers are separated from each other and they can be regenerated periodically into the filtering body by acid and base regeneration reagents, respectively. For example, the technological experiments and results obtained show that by means of this filtering three-cell device water Grade 3 according to BDS ISO 3696 can be produced. This water is suitable to be used instead of the water produced by conventional electrical distillers used up to now at the analytical laboratories. It is much cheaper because of the absence of any electrical energy and cooling water consumption is going to be progressively more expensive.

Key word: multistage filter; deionizer, small water treatment device, three-cell filters

ВЪВЕДЕНИЕ

Създаването на многокамерни филтрационни съоръжения има своята значимост поради обстоятелствата определящи необходимост от компактност, простота за технологично обслужване, ниска себестойност на съоръжението, респ. цена на произвеждания продукт и др. В настоящата разработка, която представлява последващ етап от предходни наши изследвания [1], е описана конструктивната същност на трикамерно филтрационно малобагаритно съоръжение, изпълняващо йонообменни и адсорбиционни функции при производство на вода за хранене на лаборатории и малки производства използващи в технологичните си процеси дейонизирана вода. Изискванията относно качествата на водата за лабораторни нужди са отразени в [2–4] и в стандартите на другите държави от европейската общност и

Азия. Утвърдените (12.22.1992 год.) чрез цитирания по-горе български държавен стандарт изисквания за качествата на тази вода са обособени чрез шест основни показатели, които все по-трудно се постигат посредством конвенционалните електронагревателни лабораторни дестилатори. Известно е [5], че някои от металните оксиди при температурата на изпарение са по-добре разтворими в парната отколкото във течната фаза на вододисперсната ситема или пък парата се замърсява поради капков унос, респ. просмуквания от охлаждащия топлообменната стена поток. Това е причината при охлаждането и кондензирането на парата за получаване на дестилираната вода-продукт, тези примеси да остават в нея. Факт е, че при еднократна дестилация чрез конвенционалните метални дестилатори, специфичната електропроводимост на произвежданата вода е $3,5 \div 4$

$\mu\text{S}/\text{cm}$. При бидестилация на вода електропроводимостта е около $2,0 \div 2,5 \mu\text{S}/\text{cm}$, а при трикратна дестилация чрез стъклена апаратура се получава вода със специфична електропроводимост не по-малка от $1 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Като допълнителни аргументи относно негативността на електронагревателните дестилатори могат да се посочат:

- изключително малка производителност за единица време;

- чести ремонтно-механични почиствателни операции; електроремонтни технически намеси и др.;

- най-често ползваемите като габаритност дестилатори са с консумативна мощност на електроенергия $7,3 \text{ kW/h}$ и разход на охлаждаща питейна вода около $200 \div 250 \text{ dm}^3/\text{h}$ при производителност $Q = 10 \text{ dm}^3/\text{h}$, а тези с производителност $Q = 4,5 \text{ dm}^3/\text{h}$ (по-малогобаритните) са с консумативна мощност $3,6 \text{ kW/h}$ и разход на охлаждаща вода около $200 \div 220 \text{ dm}^3/\text{h}$. (т.е. голяма консумация на електроенергия и вода при малко производство на продукт);

- производителността на стъклените бидестилационни апаратури доминиращи в лаборатории с по-прецизни претенции е няколкократно пъти по-малка ($Q = 1 \div 2 \text{ dm}^3/\text{h}$) при почти същата консумация на електроенергия и охлаждаща вода от питейната водопроводна система;

- твърде често поради локални прегрявания и пробиви в някои места от топлообменната вътрешна стена на тези съоръжения (както отбелязохме по-горе) се получава просмукване и замърсяване на получаващия се дестилат (дейонизирана вода-продукт) от охлаждащата необезсолена питейна вода, поради което получаваният продукт има много по-висока специфична електропроводимост от стойностите посочени в цитираните по-горе стандарти;

- към дестилационното лабораторно оборудване няма вградени проточни кондуктометрични прибори, които да отчитат във всеки желан момент качествата на получаващия дейонат;

- лабораториите консуматори на дестилирана вода, относително рядко са оборудвани със статични апарати (кондуктометри) за измерване солесъдържанието на водни проби (особено ако естеството на тяхната практика не касае често анализиране на води), поради което твърде често във функционалността на аналитични учебни,

производствени, арбитражни и други лаборатории неволно се осъществяват анализи с недостатъчно добре дейонизирана вода, компроментиращи точността на лабораторно-аналитичната прецизност;

- непрецизните анализи извършвани поради некачествена лабораторна вода обуславят сериозни последствия (производствено-промишлени загуби поради брак, неволно некоректна арбитражност и др.;

- не на последно място като негативност на коментираните лабораторни съоръжения следва да отбележим, че експлоатационната техническа поддръжка и обслужване за тях е твърде неприятна и оскъпяваща себестойността на произвежданата дестилирана вода, тъй като се налагат чести почиствания (механично и химическо) от натрупващия се при топлообменните процеси накип, подменят се изгорели реотанни нагреватели, включватели и др., а всичко това изисква човеко-часове от квалифициран персонал и разход на средства.

На световния пазар се предлагат [6÷9] йонообменно-филтрационни или мембранно-йонообменно-филтрационни малогобаритни лабораторни инсталации за производство на вода за лабораторни анализи с качества отговарящи на коментираните по-горе стандарти. Ценовата конюнктура, обаче на тези фирми е такава, че все още твърде малко лаборатории в нашата страна могат да си позволят закупуването на такова оборудване. На основата на изложеното до тук се базират нашите съображения и цел през последните няколко години да се започнат изследователски и проектно-технологични търсения за създаване на малогобаритни дейонизаторни водоподготвителни съоръжения, със следната приложност:

- в конвенционални лабораторни условия за нуждите на аналитичната практика, произвеждащи вода съгласно БДС ISO 3696 с възможно ниска себестойност;

- в прецизирани арбитражни лаборатории;

- в малки производства за други нелабораторни нужди;

ЕКСПЕРИМЕНТ

Наша предходни технологични изследвания [1,7] и конструктивно-технически опит показаха, че търсенията относно намаляване на габаритността, конструктивната простота, експлоатационната лекота за съоръжението са

една реална актуалност. Създаването на нова конструкция съоръжение е една от главните цели на изследователската ни работа. Това е пряко свързано и влияе значимо върху технико-икономическите съображения при инвестирането на средства за реализиране на евентуално българско производство за малогабаритни водоподготвителни инсталации за дейонизирана вода

В настоящата разработка са отразени резултатите от проектирания и изработен в Университет “Проф. д-р Асен Златаров” – Бургас функциониращ моделен (нулев) образец на трикамерен дейонизатор.

Известно е [8÷11], че в зависимост от необходимата степен на дейонизация и качествата (солеността, мътността и др.) на суровата захранваща вода, могат да бъдат конструирани инсталации с два или повече технологични модула. Новосъздаденото съоръжение се различава принципно от тези конструкции и от конструкциите на т.н. ФСД водоподготвителни системи (филтри със смесено действие), тъй като елиминира модулния принцип за осъществяване на различни цели процеси при водообработката за постигане на определени качества на продукта. При известните до сега конвенционални модулни водоподготвителни инсталации реагентно-регенерационните технологични процедури необходими за многократно използване на йонообменните пълнежи са невъзможни или се затрудняват от някои технико-технологични обстоятелства свързани с необходимостта от разделянето на катионитния от анионитния пълнеж с оглед реагентно-регенерационната им обработка за възстановяването на техния работен йонообменен капацитет. При създаденото от нас съоръжение разделяне не е необходимо и реагентно-регенерационните процеси се осъществяват на основата на опростени принципни подходи чрез самоток на реагентните разтвори без разделяне на пълнежите. Те са предварително разпределени и функционират в отделни камери.

Създадената и експериментираната от нас конструкция на еднокорпусен трикамерен малогабаритен дейонизатор е показана на фиг. 1 В един общ филтрационен корпус, разделен на три самостоятелно обособени камери са заредени йонообменни пълнежи от силнокисел катионит, силноосновен анионит и активен въглен, респективно Обемите на тези пълнежи са съобразени съответно с

техните възможни реализируеми работни обменни способности (РОС) и сорбционен капацитет, така че във времето те да се изтощават относително в еднаква степен и да изискват необходимостта от едновременна реагентно–регенерационна обработка.

Конструкцията позволява относително просто реализиране на всички необходими за функционалността периоди (работен, разрохване, реагентна регенерация, бавна промивка, бърза окончателна промивка). Реагентно-регенерационният филтрационен (динамичен) контакт на йонообменните пълнежи с реагентните разтвори с подходяща концентрация и количество се осъществява на основата на гравитационното взаимодействие (самоток), без да изисква обезателна необходимост от присъствие на технолог–оператор. Реагентно-регенерационните процеси за превръщане на силнокиселият катионит във водородна и съответно силноосновния анионит в хидроксилна йонна форма се осъществява чрез последователно пропускане на солна киселина и натриев хидроксид за последователен контакт с трите пълнежа в трите камери. Процесната реагентна контактност с двата реагента осъществява своята специфична функция за всеки пълнеж във всяка камера. През първия реагентен контакт през отворени вентили (15,17) се пропуска 10 %-ен разтвор на солна киселина. Преминавайки през камерата между корпус (1) и (2) контактува със силнокиселия катионит и го превръща в неговата работна водородна йонна форма. При следващия контакт със силноосновния анионит в камерата между корпус (2) и (3) киселият разтвор го доизтощава изцяло превръщайки го в хлоридна йонна форма, като така осигурява пълно „раздишване” на полимерния скелет, което има своето позитивно влияние при йонообменните процеси [5]. Преминавайки през третата камера в корпус (3) контактуваща с изтощения сорбент (активен въглен), солната киселина осъществява неговата киселинна активация (т.е. освобождава всички негови пори и част от сорбционната му повърхност ангажирани с вещества разтворими и склонни за елуиране с кисели разтвори ($pH \leq 4,2$). През втория регенерационен етап през отворен вентил (16.) се пропуска 5 %-ен разтвор на натриев хидроксид. При контакта със силноосновния анионит го превръща в неговата работна хидроксилна йонна форма, а

преминавайки през камерата със сорбента му осъществява алкална активация (т.е. освобождава всички негови пори и част от сорбционната му повърхност ангажирани с вещества разтворими и склонни за елуиране с алкални разтвори $pH \geq 8,2$). Най-често това са сорбираните от обработваемата вода слаби органични киселини известни с названието „хумусни вещества“: хуминова киселина; фулво киселина и др. Твърде често това всъщност са доминиращите сорбируеми вещества, изтощавачи сорбционния капацитет на сорбента. По същите аналогични проточни пътища в последствие се осъществяват отново на два етапа промивните процеси от остатъчните регенерационни реагенти и отпадните продукти от регенерацията. Последен промивен етап се явява пропускането на обработваемата вода по пътя на нейната обработка, като промивният поток се категоризира като такъв и се изхвърля в дренаж докато проточния кондуктометър покаже стойности по-добри от стандартизираните за съответния вид целева консумация. Така завършва възстановителния период и отново започва работно-функционалния период при който потокът от изхода на инсталацията се подава в събирателен резервоар за хранане на консуматора. Конструкцията не изисква наличие на помпи и други консумиращи електроенергия технически компоненти. Необходимо налягане на хранане на обработван воден поток се осигурява от питейната водопроводна система, а регенерационните контакти на самоток. На изход в тръбопровода за получаваната вода-продукт (дейонат) е вграден проточен датчик за дигитален кондуктометричен прибор, монтиран в лицев панел на съоръжението.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Чрез показаното на фиг. 1 съоръжение се осигурява производството на дълбоко обезсолена (дейонизирана) вода, освободена и от евентуални органични замърсявания и/или активен хлор, с възможност за постоянно или моментно отчитане на специфичната електропроводимост, респ. степента на дейонизиране на получаваната вода-продукт. В зависимост от претенциите на консуматора за качеството на продукта, работният производствен период може да се преустановява в съответно необходимия момент и да се пристъпва към възстано-

вителен период. Тези периоди се повтарят алтернативно без необходимост от отваряне на корпуса на съоръжението за определен технологичен живот. При правилна, безаварийна работа, корпусът може да не се отваря за ревизия до около 10 – 12 години, когато настъпва момента за подмяна на йонообменните пълнежи в него.

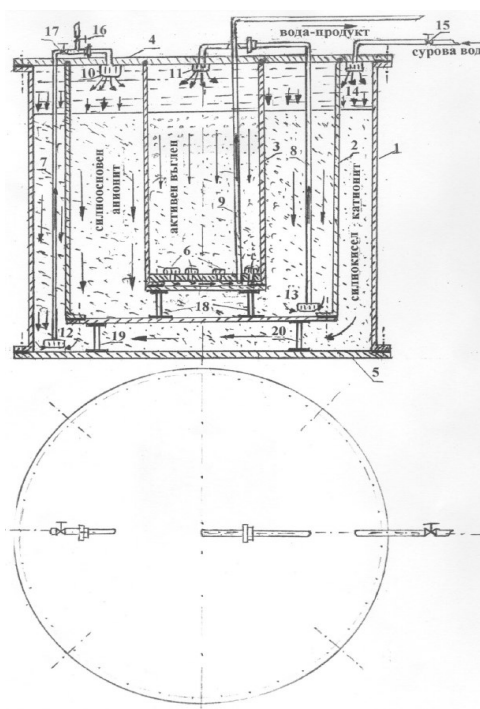
Естествено, следва да отбележим, че ако не се правят допълвания на загубите от йонити за този период поради абразивно разрушаване, осмотично-шокови явления и др. (2 – 3), производственият капацитет (общ обем произвеждана вода между два възстановителни периода) прогресивно ще намалява във времето. Това намаляване обаче е пренебрежимо малко и не се отразява значимо при лабораторната или от друг вид производства консумация.

Получените експериментални резултати от нашите изследвания относно функционалността на съоръжението са показани в табл. 1. В табл. 1 за сравнение са отразени стойностите на регламентираниите чрез БДС ISO 3696 показатели и получаваните от нашето съоръжение. Вижда се (табл. 1), че получаваната дейонизирана вода при производителност около $300 - 350 \text{ dm}^3/\text{h}$ е с качества съответстващи на: “Вода за лабораторни анализи със степен на чистота – 3” [2], като по някои показатели тя е близко до тази със “Степен на чистота – 2”. При необходимост от получаване на вода с по-голяма степен на дейонизация, към изхода на еднокорпусния дейонизатор може да се свърже модул ФСД, чийто пълнеж периодично да се подменя от външно регенерирани йонообменни смоли тип “FMB” смесвани в съотношение 1: 2 в полза на анионита.

В заключение следва да отбележим, че на основата на проектно-технологични и техническо-конструкционни съображения и изчисления е създадено, изработено и експериментирано като моделен функциониращ образец, малогабаритно еднокорпусно филтрационно съоръжение за дейонизаторна и сорбционна обработка на вода за лабораторни нужди съгласно изискванията на БДС ISO 3696 или за нуждите на малки производства работещи с дейонизирана вода. Експерименталните резултати показват, че произвежданата вода-продукт (дейонат) по своите качества съответства на показателите за вода със “Степен на чистота – 3”, поради което може да се използва за конвенционални

лабораторни анализи, за които тя осигурява необходимата точност. За по-прецизни анализи, за които е необходима вода с по-висока степен на дейонизация, както и по-високи изисквания относно други качествени показатели, към еднокорпусния дейонизатор могат да бъдат добавени и други йонообменно-филтрационни (ФСД) или мембранни, периодично подменяеми модули, при което тя да отговаря на показателите за “Степен на чистота – 2”; и “Степен на чистота – 1”. При настоящата ценова конюнктура за електро-

енергията и питейната вода, себестойността на получаваната чрез дейонизатора вода-продукт е многократно пъти по-малка от тази на водата произвеждана чрез конвенциалните електронагравателни дестилатори, доминиращи в лабораториите на нашата страна. Осигуряваният среден дебит на дейонизатора е около 30 пъти по-голям от този на най-голямогабаритните лабораторни дестилатори произвеждани в България и налични на пазара .



Фиг. 1. Принцилна схема на трикамерно малогабаритно филтрационно съоръжение за йонообменна и сорбционна обработка на вода

Таблица 1. Експериментални резултати от тестване функционалността на трикамерно филтрационно малогабаритно съоръжение

ПОКАЗАТЕЛИ	ИЗМЕРВАНИ ПРИ ИЗПИТАНИЕТО	ЧИСТОТА СЪГЛАСНО БДС ISO 3696		
		СТЕПЕН 1	СТЕПЕН 2	СТЕПЕН 3
pH при 25°C	6.8	не	не	5÷7,5
Спец.ел.проводимост, μS/	1,5	0.1	1.0	5.0
Окисляемост, mgO ₂ /dm ³	1.2	не	0.08	0.4
Абсорбция при 254 nm оптичен път	0.14	0.001	0.01	не
Сух остатък след изпаряване при 110 °C, mg/kg	1.6	не	1.0	2.0
Съдържание на SiO ₂ , mg/dm ³	32.0	0.01	0.02	не

ЛИТЕРАТУРА

1. Звездов А., Д. Звездова, Изследване технологичното поведение на дейонизатор за лабораторни и полупромишлени нужди, Сб. докл. Симпозиум "Техномат '97 с. 50-53 (1997)
2. Вода за лабораторни анализи, БДС ISO 3696 (1992).
3. DIN 38404 , част 8
4. ASTM D 1193 –99 (1999)
5. Добревски И.,Технология на водата – част I изд. Техника, София, (1991).
6. Eurowater Fully automatic Demineralisers Types DME, DMHE, DMCE, D7A – 40 /1E , Prospects (1995).
7. Zvezdov A., D. Zvezdova , (2001), Ecologically and economically water treatment expedient small device pure water to ISO 3696 and BS 3978, Proceed. of 10th Intern. Ecology Symp. (2001) p. 444 – 449.
8. Millipore Point of Use System, Prospects (2000).
9. Purite Ltd. Water purification, Rostill Standard Analytical quality water, Prospects (2001).
10. Станев М., А. Звездов, Еднокорпусен двукамерен филтър, Сб. докл. 11^{та} Межд. Симпозиум "Екология `2002", (2002).
11. USF Elga Prospects (2001).

Представена за печат на 10.10.2007 г.