

Повишаване енергийната ефективност на аеробно пречиствателно съоръжение с използване на фазово-акумулиращи материали

Боян Боянов, Анастас Стоянов, Стефан Недев, Цветанка Михайлова

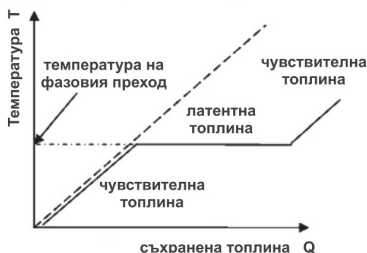
Increasing the energy efficiency of aerobic treatment plant using phase-change materials:

Principled design of aerobic biochemical treatment plant for wastewater treatment, which are used PCM 's is developed. The main types of containers in which are puts the selected PCMs, characterized by high efficiency at heat exchange is shown. The basic biochemical processes in the treatment plant are designated.

Key words: phase-change material systems, wastewater treatment, aerobic processes, latent heat accumulator.

ВЪВЕДЕНИЕ

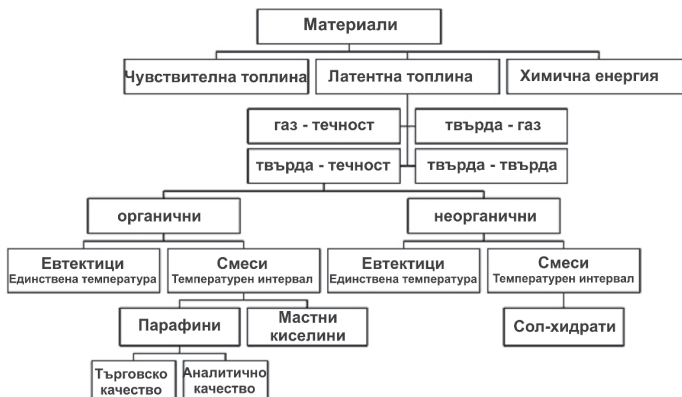
Интегрирането на фазово-акумулиращи материали (ФАМ) в конструкцията на аеробните биохимични пречиствателни съоръжения за пречистване на водите може да ги превърне в своеобразни латентни топлинни акумулатори. Удобно е поставянето на ФАМ да става в биореактора на тези съоръжения. В такъв биореактор акумулираната топлина е както под формата на латентна топлина, натрупана в използвания ФАМ, така и под формата на чувствителна (явна) топлина на водата, намираща се в него. Използването на ФАМ в конструкцията на аеробното пречиствателно съоръжение е оправдано, тъй като при акумулирането на топлина най-ефективно е да се използва съхранението на латентна топлина. Това дава възможност за високо енергийно съхранение, като топлообменът става при постоянна температура. Благодарение на температурата на фазовия преход, ФАМ съхраняват 5-14 пъти повече топлина за единица обем, от материалите за съхранение на чувствителна топлина [1,2]. Опростена зависимост между температурата и съхранената топлина от ФАМ е показана на графиката от фиг.1 [3].



Фиг. 1. Изменение на температурата в зависимост от съхранената топлина при ФАМ

ФАМ могат да бъдат класифицирани като органични, неорганични и евтектични. Топлинното зареждане на биореактора става от топлината на постъпващите отпадъчни води с по-висока от нужната за протичане на биологичните процеси температури или чрез внасяне на енергия от ВЕИ (възстановяеми енергийни източници). Използването на слънцето като такъв източник е възможно само през светлата част от денонощието. Поглъщането и отдаването на топлина от ФАМ в обема на биореактора става при точно определена температура, съответстваща на температурата на фазовия преход на използвания ФАМ. Правилният избор на ФАМ, с подходяща температура на фазовия преход в необходимия температурен интервал може да допринесе за оптималното протичане на биохимичните процеси в

аеробното пречиствателно съоръжение. На фиг.2 е показана обобщена класификация на материалите, използвани за съхранение на топлина, като най-общо съхранението на топлината в тях става под формата на чувствителна топлина, латентна топлина и химична енергия [3]. В аеробните биохимични пречиствателни съоръжения за пречистване на води е удобно да се използват материалите, акумулиращи латентна топлина.



Фиг. 2. Класификация на материалите съхраняващи топлина

Възможности за повишаване ефективността на аеробните пречиствателни съоръжения чрез добавяне на фам в конструкцията им

От съоръженията използвани за пречистване на отпадъчните води най-голямо практическо приложение са намерили тези, използващи принципа на аеробното биохимично пречистване. В класическия си вариант тези съоръжения имат трикамерна конструкция, изработена от стомана, стоманобетон или конструкционни полимери – най-често полипропилен. Първата камера служи за първично утаяване, втората камера представлява биореактор, в който се извършва аерация, а третата камера е утаителна за вторичната утайка. От технологична гледна точка в първичния утаител се отделят диспергираните вещества, след което водата постъпва в биореактора. През него циркулира активната тиня, като преди началото на аерацията отпадните води не трябва да съдържат повече от 150 mg/dm^3 диспергирани частици и не повече от 25 mg/dm^3 нефтопродукти. Във вторичния утаител постъпва водата с активната тиня, където тя се утаява, а пречистената вода напуска пречиствателното съоръжение.

В зависимост от природата на замърсителите, състава на активната утайка се променя количествено и качествено. Бактериите които се съдържат в нея са:

- автотрофни – нитрифициращи и серни;
- хетеротрофни – с протеолитична и захаролитична активност, както и оползотворяващи парафини и ароматни въглеводороди.

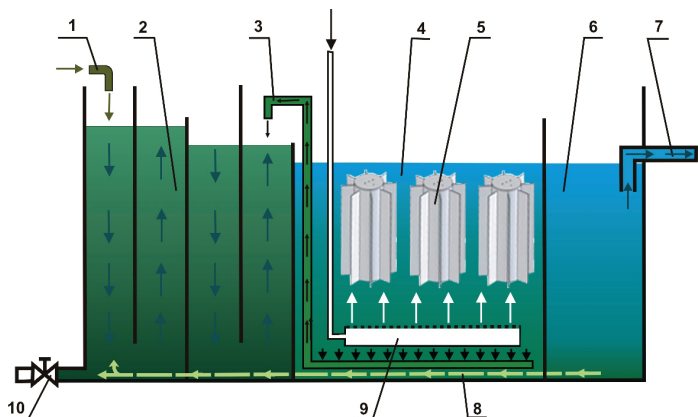
Активната тиня съдържа също плесенни гъби, участващи в разлагането на алкохоли, органични киселини или усвояващи органични форми на азота. Съдържащите се в нея актиномицети и близки до тях микробактерии спомагат за разлагането на въглехидрати, мазнини, органични вещества и въглеводороди. В активната тиня може да се срещнат и водорасли, но в малко количество [4,5]. Освен това в аеробното почистване участват и нисши организми като протозои и по-висши организми като червеи, ларви на насекоми и др. При биохимичното разграждане на

органични вещества в аеробни условия протичат множество разнообразни процеси. Скоростта на биохимичните реакции се определя от активността на ферментите и зависи от: температурата, рН и наличието на различни вещества в замърсените води. Всеки от ферментите има оптимална температура, при която скоростта на ферментационния процес е най-голяма. Също така процесът на окисление зависи от съдържанието и структурата на всички разтворени органични вещества в отпадните води. С приоритет се окисляват веществата, необходими за създаване на клетъчен материал и получаване на енергия. Останалите вещества се консумират в зависимост от ферментите с различна скорост. Сложни смеси от органични вещества разграждат 80-100 различни фермента.

Технологичната схема на аеробните пречиствателни съоръжения обикновено включва:

- Механично пречистване – посредством груба решетка и пясъкоуловител.
- Биологично пречистване за отстраняване на биогенни елементи – въглерод, азот и фосфор.

Принципна схема на аеробно биохимично пречиствателно съоръжение е показана на фиг.3, където са означени: 1- отпадъчни води, 2- първичен утайник за груби отпадъци, 3- ерлифтна система, 4- аеробна зона (биореактор), 5- контейнери с ФАМ, 6- вторичен утайник, 7- пречистени води, 8- активна тиня, 9- аерационна система, 10- вентил за отстраняване на първична и вторична утайка.



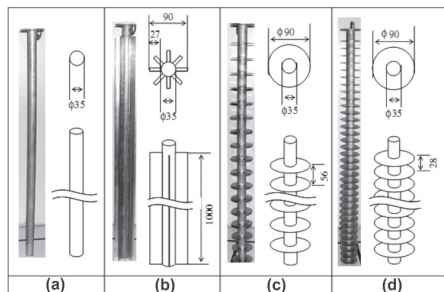
Фиг. 3. Схема на класическо аеробно пречиствателно съоръжение с добавени ФАМ в конструкцията му

При определена зададена степен на пречистване, факторите влияещи върху скоростта на окисление са: съдържанието на O_2 , температурата T , рН, биогенните елементи, концентрацията на тежките метали и солите в отпадъчната вода. Скоростта на процеса се влияе и от нейната

турбулизация, вследствие увеличеното подаване на хранителни вещества и O_2 към микроорганизмите. Кислородът се внася във водата чрез аерация, за да може той да се използва от микроорганизмите. Подходящата за протичане на биохимичните реакции температура е в диапазона $20^{\circ}-30^{\circ} C$, като повишаването ѝ унищожава микроорганизмите, а понижаването ѝ забавя скоростта на процеса. Изборът на ФАМ трябва да съответства на температурата на фазовия преход в диапазона между $20^{\circ}-30^{\circ} C$. Поддържането на температурата на средата е необходимо за биохимичните реакции, протичащи в етапа на биологично пречистване.

Приложението на ФАМ в аеробните биохимични пречиствателни съоръжения изисква интегрирането им в тяхната конструкция [6]. Най-рационално и удобно е те да бъдат поставени в биореактора. ФАМ не могат да бъдат поставени директно в биореакторите, поради което те се поставят в специално проектирани и съобразени с цялостната конструкция на биореактора контейнери. Редица автори изследват влиянието на геометричната форма на използваните в латентните акумулатори

контейнери, съдържащи ФАМ. Обикновено се разглеждат две основни форми на контейнери: правоъгълна и цилиндрична. На фиг.4 е показана схема на често използваните в различни разработки и изследвания конструкции на контейнери за

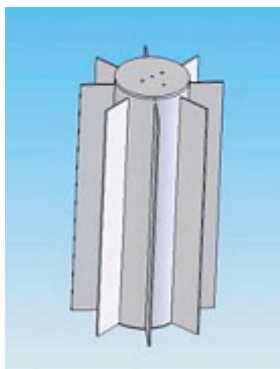


Фиг. 4. Конструкции на контейнери за ФАМ

ФАМ [7]. На фиг.4а е показана единична тръба използвана като контейнер, двустранно затворена по подходящ начин. На фиг.4b е показана конструкция на контейнер с вертикални правоъгълни ламели по цялата му дължина. На фигури 4с и 4d са показани конструкции на контейнери с хоризонтални кръгови ламели, съответно 17 и 34 на брой.

Конструкция на контейнери за ФАМ с вертикални ламели, използвани в изследванията на Castell et al. е показана на фиг.5 [8]. Разработени са два вида контейнери с еднаква височина от 310 mm. Контейнерите и от двата вида имат по 8 външни ламели с размери 310x20 mm и 310x40 mm. При това положение при 20 mm ширина на ламелите се осигурява 28,45% увеличение на контактната повърхност между контейнера и затопляната вода. При ширина на ламелите от 40 mm контактната повърхност се увеличава с 44,28%.

Buschle et al. разработват и изследват икономически ефективни топлинни системи, използващи ФАМ [9]. Разработените от тях системи използват макрокапсулирани ФАМ. Капсулите могат да са гъвкави или твърди. Тръби устойчиви на налягане пълни с ФАМ са показани на фиг.6. Тези тръби са с външен диаметър 25 mm и дължина 500 mm, като са заварени от двете страни. Поради температурното разширение и отделянето на газове при промяна на фазовото състояние на ФАМ в капсулите е необходимо да се осигури свободен обем от 20%.



Фиг. 5. Контейнер за ФАМ с вертикални ламели



Фиг. 6. ФАМ в запечатани тръбни контейнери

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Добавянето на ФАМ в конструкцията на аеробните пречиствателни съоръжения е съвременно решение и подобрява значително тяхната ефективност. Показани са основните видове и конструкции на подходящи за ФАМ контейнери. Известни са над 150 вида ФАМ, като в практиката се предлагат около 45 от тях. Най-често

използваните ФАМ са кристалохидрати, мастни киселини и естери, както и различни парафини. Парафините са широко достъпни поради това, че се получават при преработка на нефт и имат сравнително ниска цена.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е извършено с финансовата помощ на проект ДФНИ Е1/7 към Министерството на образованието и науката.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бекман, Г., П. Гили, Акумулатори на топлина, Техника, София 1988.
- [2]. Sharma, A., Tyagi, V., Chen, C., Buddhi, D., Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Energy Reviews 13 (2009) 318–345.
- [3]. Gil, A., M. Medrano, I. Martorell, A. Lazaro, P. Dolado, B. Zalba, L. Cabeza, State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1 – Concepts, materials and modellization, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010), pp. 31–55.
- [4]. Магаева, С., С. Караиванов, Екологична химия и опазване на околната среда, „Булвест 2000“, София, 2002.
- [5]. [5] Manahan, S.N., Environmental Chemistry, Lewis Publishers, 6th Edition, 1999, p.600.
- [6]. <http://hg-sons.com/>
- [7]. Kenisarin, M., K. Mahkamov, Solar energy storage using phase change materials, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (2007), pp. 1913–1965.
- [8]. Castell, A., C. Solé, M. Medrano, J. Roca, L. Cabeza, Use of external vertical fins in phase change materials modules for domestic hot water tanks, Ecostock 2006.
- [9]. Buschle, J., W. Steinmann, R. Tamme, Latent heat storage for process heat applications, Ecostock 2006.

За контакти:

Доц. д-р инж. Боян Боянов, Катедра „Неорганична химия“ на „Химически факултет“, ПУ „Паисий Хилендарски“, ул. „Цар Асен“ №24 , e-mail: boyanb@uni-plovdiv.bg

Докладът е рецензиран