

Конструктивно разработване на слънчеви системи за аеробни биохимични пречиствателни съоръжения

Анастас Стоянов, Стефан Недев, Боян Боянов, Цветанка Михайлова

Constructively development of solar aerobic biochemical treatment facilities for wastewater:

Constructive solutions to aerobic biochemical facilities for wastewater treatment with integrated towards them solar thermal and photovoltaic/thermal (PV/T) systems are shown. Ways to increase their effectiveness by integrating into the structures of facilities for aerobic wastewater treatment on phase-change materials (PCMs) and heat pumps discusses. Attention is paid to innovative design of aerobically facilities wastewater treatment with added to him PV/T systems and PCMs.

Key words: wastewater treatment, aerobic processes, ejectors devices, phase-change material systems, latent heat accumulator, hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) systems, flat plate PV/T collectors, heat pumps.

ВЪВЕДЕНИЕ

Подходящата за протичане на биохимичните реакции температура в аеробните съоръжения за пречистване на отпадъчни води е в диапазона 20⁰-30⁰С, като повишаването ѝ унищожава микроорганизмите, а понижаването ѝ забавя скоростта на процесите [1,2]. Когато се цели повишаване ефективността на тези съоръжения чрез непрекъснато протичане на биохимичните реакции и осигуряване на непрекъсната максимална производителност на съоръжението, трябва да се подсигурят начини и механизми за доставка или отнемане на топлинна енергия от обема му през цялото денонощие. Това се налага поради постъпването на отпадъчни води с различна температура, която може да бъде както по-висока, така и по-ниска от оптималната за протичане на биохимичните процеси. Може да се получи продължително по време отклонение от оптималния температурен диапазон. То зависи както от продължителността на постъпване на отпадъчни води с по-висока или по-ниска температура спрямо оптималната, така и от обема на биореактора в аеробното пречиствателно съоръжение. За решаване на проблема с повишаването на температурата може да се използват различни охладителни устройства – водни теплообменници, термopомпи и др., както и материали, поглъщащи и акумулиращи тази излишна топлинна енергия. Съвременното решение е топлината да се съхранява във фазово-акумулиращи материали (ФАМ), които съхраняват от 5 до 14 пъти повече топлинна енергия за единица обем [3]. Тяхно предимство е, че могат да приемат и отдават обратно съхранената топлинна енергия, при постоянна температура. Това би оправдало напълно използването на ФАМ в аеробните биохимични пречиствателни съоръжения за отпадъчни води. 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.

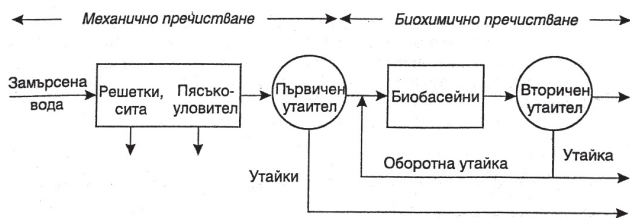
Понижаването на температурата на входящите отпадни води може да бъде в значителна степен компенсирано чрез поставянето на ФАМ в обема на биореактора. В същото време трайното понижаване на температурата на входящите отпадъчни води (а оттам и температурата на водата в целия биореактор) изисква използване на системи и устройства, имащи възможност да доставят евтина топлинна енергия в обема на аеробното съоръжение целогодишно [3]. Използването на падащата върху земната повърхност слънчева енергия е перспективно решение. Най-ефективни са енергопреобразуващите технологии, при които слънчевата енергия се превръща в електричество и топлина, каквито са когенерационните термофотоволтаични (PV/T) технологии.

ИНТЕГРИРАНО ТЕРМОФОТОВОЛТАИЧНО ЕДНООБЕМНО ЛАТЕНТНО АЕРОБНО ПРЕЧИСТВАТЕЛНО СЪОРЪЖЕНИЕ

Опростена схема на аеробното биохимично пречистване на води е показана на фиг.1[1].

Технологичната схема на аеробните пречиствателни съоръжения обикновено включва:

- Механично пречистване – чрез груба решетка, пясъкоуловител и първичен утаител.
- Биологично пречистване за отстраняване на биогенни елементи – въглерод, азот и фосфор в биобасейни и вторичен утаител.



Фиг.1. Технологична схема на аеробно пречиствателно съоръжение

При биохимичното пречистване на водата се образуват утайки, които трябва да се утилизират за намаляване на замърсяването от тях. Тези утайки обикновено представляват трудно филтрируеми суспензии. Във вторичния утаител се намира активна тиня с обем 1-2 пъти по-голям от обема на утайката в първичния утаител. Водата в утайките е 60-65% в свободно състояние и 35-40% в свързано състояние. Водата е колоидно или хигроскопично свързана. За да се обработят утайките могат да се реализират следните процеси:

- уплътняване – стабилизация – обезводняване – утилизация
- уплътняване – стабилизация – утилизация
- уплътняване – ликвидация
- уплътняване – термично обработване – ликвидация
- уплътняване – термично обработване – утилизация
- уплътняване – кондициониране – обезводняване – термично обработване с последваща ликвидация или утилизация
- уплътняване – обезводняване – термично обработване с ликвидация или утилизация
- уплътняване – термично обработване с ликвидация или утилизация.

Избора на схема за преработка на утайките зависи от много фактори: природа на утайките, съдържание на твърдо вещество, форма на твърдата фаза, филтруемост и др. Постоянният състав на утайката облекчава нейната преработка и зависи от температурните условия при получаването ѝ.

Съвременното развитие на използването на слънчевата енергия дава нови възможности за практическо приложение. На фиг.2 е показана схема на технологичните процеси за преработване на утайки.

За постигане на пълна електрическа автономност на системата е възможно плоските или вакуумно-тръбните слънчеви колектори да се заменят с PV/T панели. Друга възможност е към топлинната система да бъдат интегрирани фотоволтаични (PV) слънчеви панели с необходимата електрическа мощност и електрически акумулатори, чието зареждане се осъществява чрез инвертори.

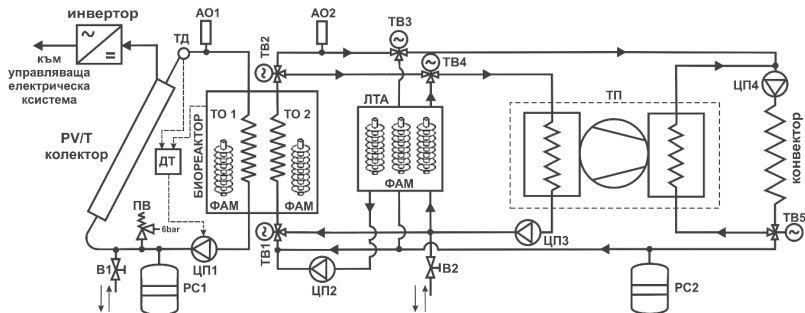
Принципна схема на топлинната част на енергийно автономно аеробно



Фиг.2. Технологична схема за преработване на утайки

панели електроенергия се използва за захранване електрическите консуматори на пречиствателното съоръжение. Предложеното слънчево аеробно биохимично пречиствателно съоръжение може да постигне пълната енергийна автономност чрез енергийно осигуряване на всички негови системи, като в същото време се повиши неговата ефективност през всички годишни сезони.

Принципна схема на топлинната част на енергийно автономно аеробно биохимично пречиствателно съоръжение с интегрирана PV/T система и добавени към него ФАМ в обема на биореактора, външен латентен топлинен акумулатор, термопомпа „вода-вода“ и инвертор на напрежение е показана на фиг.3. Съоръжението е енергийно независимо, поради интегрираната към него PV/T когенерационна система. Полученото постоянно напрежение се преобразува в променливо чрез включения в системата инвертор. Така генерираната в PV/T



Фиг.3. Схема на топлинната част на слънчево когенерационно автономно аеробно биохимично пречиствателно съоръжение

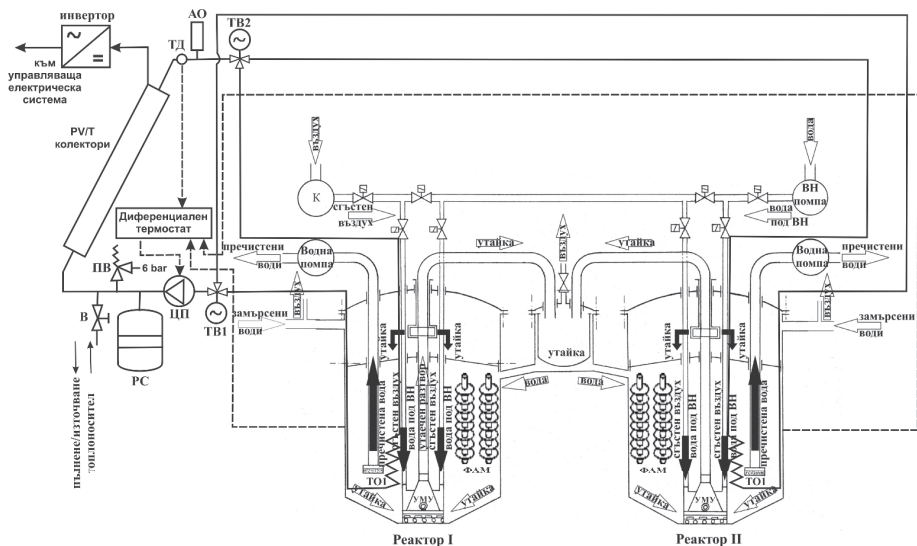
На схемата са означени:

- СК – слънчеви колектори от плосък или вакуумно-тръбен тип;
- ЛТА – външен латентен топлинен акумулатор, базиран на ФАМ;
- ТП – термопомпа „вода-вода“;
- ЦП1-ЦП3 – циркуляционни помпи;
- ТВ1-ТВ5 – трипътни вентили;
- ТО1 и ТО2 – теплообменници в обема на биореактора;
- АО1 и АО2 – автоматични обезвъздушители;
- V1 и V2 – вентили ръчни за пълнене и източване на топлоносител;
- ПВ – предпазен вентил за 6 bar;
- РС1 и РС2 – разширителни съдове;
- ДТ – датчик за температура;
- ТД – диференциален терморегулатор, управляващ ЦП1.

Приложението на ФАМ в аеробните биохимични пречиствателни съоръжения изисква конструктивното им интегриране в тяхната конструкция, като най-правилно 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.

За постигане на по-ниски инвестиционни и технологично-експлоатационни разходи е разработено „Интегрирано термофотоволтаично еднообемно латентно аеробно пречиствателно съоръжение (ИТЕЛАПС)”, чиято принципна конструкция е показана на фиг.4.



Фиг.4. Схема на ИТЕЛАПС

Принципът му на действие изцяло покрива технологичната последователност при аеробното биохимично пречистване на водите. Разликата се състои в еднообемната му конструкция, което е възможно благодарение на използването на серията разработени „Универсални мултифлуидни устройства“ (УМУ), приложими в битови и индустриални пречиствателни съоръжения [4]. Създадената в тях възможност за многооперациона работа и разработеното микропроцесорно управление, базирано на персонален компютър гарантира пълната повторямост на протичащите процеси в известните до момента аеробни пречиствателни съоръжения.

Технологичната последователност на работа на ИТЕЛАПС се състои в [5,6]:

➤ *I-ви етап:* Механично пречистване – включва зареждане и отстраняване на едрите механични частици, маслени и други включения посредством сита, решетки, пясъкоуловители, маслоуловители и др.

➤ *II-ри етап:* Първично утаяване:

1. Технологично време за утаяване; 2. Изпомпване чрез УМУ на получената утайка и отвеждането ѝ в утаечно-задържащата шахта.

➤ *III-ти етап:* Биологично пречистване – отстраняване на остатъчното органично замърсяване и нитрификация на амониевия азот чрез циклично провеждане посредством УМУ на:

1. Аерация; 2. Разбъркване; 3. Хомогенизиране.

➤ *IV-ти етап:* Вторично утаяване:

1. Технологично време за утаяване; 2. Изпомпване на сивите води от центробежната водна помпа; 3. Изпомпване чрез УМУ на утайката съдържаща активната тиня, като се оставя единствено количество равняващо се на оборотната утайка в многокамерните аеробни съоръжения.

➤ *V-ти етап*: Външно обработване и утилизация на утайките – осъществява се извън ИТЕЛАПС.

Поради конструктивните особености на ИТЕЛАПС технологичната последователност се повтаря за реактор II, като зареждането на двата реактора става последователно в непрекъснат режим. За съоръжения с повишена производителност се предвижда по-голям брой биореактори. В този случай те също се управляват последователно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на слънчеви системи в аеробните биохимични пречиствателни съоръжения повишава тяхната ефективност през всички годишни сезони. Това се осъществява чрез поддържане на оптимален температурен режим за протичане на биохимичните процеси на пречистване на водите. Използването на акумулиращи латентна топлина материали води до стабилизиране на температурата в биореактора и получаване на положителен ефект от допълнителното увеличаване на ефективността на аеробното пречиствателно съоръжение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Магаева, С., С. Караиванов, Екологична химия и опазване на околната среда, "Булвест 2000", София, 2002.
- [2]. Manahan, S.N., Environmental Chemistry, Lewis Publishers, 6th Edition, 1999, p.600.
- [3]. Sharma, A., V. Tyagi, C. Chen, Buddhi, D., Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Energy Reviews 13 (2009) 318–345.
- [4]. Недев, С., А. Стоянов, Универсални мултифлуидни устройства за приложение в ежекторни утаечни смукатели, дренажни и други помпи за течности, Международна конференция ТЕХСИС'09, Пловдив, България, 29-30 май 2009, 14, 2, 259-263.
- [5]. Недев, С., Б. Боянов, А. Стоянов, Аеробно пречистване на води в еднообемни пречиствателни станции чрез използване на универсални мултифлуидни устройства - Научна конференция на РУ "Ангел Кънчев" и СУ-Русе 28-29 Октомври 2011 г., Научни трудове – Топлотехника, хидро- и пневмотехника. Екология и опазване на околната среда. Дизайн и ергономия., 50, серия 1.2, (2011) 85-90.
- [6]. Недев, С., А. Стоянов, Б. Боянов, Приложение на универсални мултифлуидни устройства във водно пречиствателни станции, Научни трудове на Университет по хранителни технологии - Пловдив, Научна конференция с международно участие „Хранителна наука, техника и технологии 2011“, 14-15 октомври 2011 г., Пловдив, 58, 3, (2011) 273-277.

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