



**ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И
МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО
ИНЖЕНЕРСТВО**

КАТЕДРА „Инженерна екология“

Специалност: „Екология и опазване на околната среда“

ДИПЛОМНА РАБОТА

Тема:

**РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНА СХЕМА НА ГРАДСКА
ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА СЪВМЕСТНО ТРЕТИРАНЕ НА
БИТОВИ И ПРОМИШЛЕНИ ОТПАДЪЧНИ ВОДИ**

Образователно-квалификационна степен: Магистър

Дипломант: Тинтина Мирчева, МС 1331

Научен ръководител: доц. д-р инж. Силвия Лаврова

София, 2022 г.

ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

Катедра „Инженерна екология“

Утвърдил:

Ръководител на катедрата

/доц. д-р инж. С. Лаврова/

ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНАТА РАБОТА

**„РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНА СХЕМА НА ГРАДСКА
ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА СЪВМЕСТНО ТРЕТИРАНЕ НА
БИТОВИ И ПРОМИШЛЕНИ ОТПАДЪЧНИ ВОДИ“**

Цел на дипломната работа:

Да се разработи технологична схема на градска пречиствателна станция за пречистване на битови и промишлени отпадъчни води. След пречистване водите ще се заустват в приемник втора категория.

Изходни данни:

- **Население:**

ПОСТОЯННИ ЖИТЕЛИ	ВРЕМЕННИ ЖИТЕЛИ	ПРИХОДЯЩИ ЖИТЕЛИ	ОБЩО
60000	1500	300	61800

- **Водоснабдителна норма – 250 l/cap.d.**
- **Комунално – битови обекти:**
 - хотел – 1 бр. – с 100 легла
 - ресторанти – 2 бр. – с 400 и 150 места съответно
 - болница – 1 бр. – 200 легла

- **Промислени предприятия:**

ПРЕДПРИЯТИЯ	ДЕБИТ НА ПОВ, m ³ /d	БПК ₅ , mg/l	НЕРАЗТВОРЕНИ ВЕЩЕСТВА /C/, mg/l
Млекоцентрала	500	150	100 mg/l
ТПК за безалкохолни напитки	800	150	120 mg/l
Фармацевтичен комбинат	7 500	350	100 mg/l
Месокомбинат	1 500	120	80 mg/l
Хлебозавод	500	120	50 mg/l
Машиностроителен завод с галваничен цех	400	80	120 mg/l
Завод за инструментално оборудване	150	80	180 mg/l

Основни задачи:

1. Да се изчислят основните параметри на отпадъчните водни потоци;
2. Да се оразмерят съоръженията на тази пречиствателна станция.

Дипломен ръководител:

/доц. д-р инж. С. Лаврова/

Дипломант:

/Гинтина Мирчева, фак. №: МС 1331/

СЪДЪРЖАНИЕ

СЪДЪРЖАНИЕ	4
СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ	5
СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ	5
УВОД	6
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТ	7
Общи данни за населеното място	7
Приемник на отпадъчните води	7
Характеристики на източниците на отпадъчни води	8
1.1. <i>Количество и замърсеност на отпадъчните води от населението и държавните води.</i> ..	8
1.2. <i>Характеристика на източниците на отпадъчни води от промишлени предприятия.</i> ..	10
1.2.1. Млекоцентрала	10
1.2.2. Предприятие за безалкохолни напитки	10
1.2.3. Фармацевтичен комбинат	11
1.2.4. Месокомбинат	12
1.2.5. Хлебозавод и сладкарски цех	12
1.2.6. Машиностроителен завод с галваничен цех	12
1.2.7. Завод за инструментално оборудване	14
Физико–химичен състав на битовите отпадъчни води (БОВ) от населението	14
Физико–химичен състав на промишлените отпадъчни води (ПОВ)	15
Пречистване на отпадъчните води	15
1.3. <i>Методи за пречистване на отпадъчните води</i>	15
1.4. <i>Описание на технологичните процеси, извършени в процеса на пречистване в съоръженията</i>	17
1.4.1. Механично пречистване	17
1.4.2. Биологично пречистване	20
1.4.3. Обеззаразяване	24
1.4.4. Третиране на утайките	25
1.5. <i>Необходима степен на пречистване на отпадъчните води</i>	26
ОРАЗМЕРИТЕЛНА ЧАСТ	27
1.6. <i>Изчисляване на отпадъчните водни количества</i>	27
1.7. <i>Характеристика на общия поток отпадъчни води</i>	31
1.8. <i>Оразмеряване на съоръженията за пречиствателната станция</i>	33
1.8.1. Механично пречистване	33
1.8.1.1. Оразмеряване на груба решетка (фиг. 3)	33
1.8.1.2. Оразмеряване на фина решетка, (фиг. 3)	36
1.8.1.3. Оразмеряване на аериран пясъкозадържател, (фиг. 4)	38
1.8.2. Първично пречистване	41
1.8.2.1. Оразмеряване на първичен утаител. Първичен радиален утаител, (фиг. 5)	41
1.8.3. Биологично пречистване	47
1.8.3.1. Оразмеряване на биобасейн с регенератор и пневматична аерация, фиг. 6	47
1.8.3.2. Изчисляване на вторичен утаител	55

СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ

Фиг. 1. Технологична схема на локална пречиствателна станция за третиране на отпадъчни води от галваничен цех.

Фиг. 2. Технологична схема на пречиствателна станция за отпадъчни води.

Фиг. 3. Оразмерителна схема на груба и фина решетка.

Фиг. 4. Оразмерителна схема на аериран пясъкозадържател.

Фиг. 5. Оразмерителна схема на първичен радиален утаител.

Фиг. 6. Оразмерителна схема на биобасейн с регенератор и пневматична аерация.

Фиг. 7. Оразмерителна схема на вторичен радиален утаител.

СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ

Таблица 1. Допустима степен на замърсяване на II-ра категория повърхностни течащи води.

УВОД

Почти всички техники за третиране на отпадъчни води имат една обща черта - образуването на твърди частици или остатъци от филтрирането или утаяването. Това позволява отделянето на замърсителя от водната среда и получаването на утайки, съдържащи вредни вещества

Заустването на непречистени или недостатъчно пречистени отпадъчни води във водоприемниците ограничава тяхното използване като водоизточници. Това налага предварителното пречистване на отпадъчните води. Третирането на отпадъчните води е процес, при който се отстраняват замърсители от водите, генерирани от битови, промишлени или търговски обекти, както и повърхностни оттоци. Това се осъществява в пречиствателни станции, в които са разположени съоръжения, през които последователно преминава пречистваната вода. В тях водите се пречистват в зависимост от конкретните изисквания за качество на водата.

Населените места се класифицират по редица признаци, най-важни от които са: броят на населението, обхватът на територия, общественото-културното значение, участието в общодържавната йерархия. България се използва градоустройствена класификация и функционална типизация на населените места. Градоустройствена класификация разделя всяка от двете основни категории населени места-градове и села, изхождайки основно от броя на населението, като се лимитира долна и горна граница на общата численост на жителите им по 5 типа: много големи, големи, средни, малки и много малки. Към втори функционален тип спадат 13 на брой бивши окръжни градове, в които се развиват функции с регионално значение. Особено внимание се обръща на развитието на транспорта, на съобщителната и информационната система за осъществяване на устойчиви връзки на тези градове със столичния град и с останалите населени места от територията.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТ

Общи данни за населеното място

Градът е от II^{-ри} функционален тип.

НАСЕЛЕНИЕ	ПОСТОЯННО	ВРЕМЕННО	ПРИХОДЯЩО	ОБЩО
	60000	1500	300	61800

Градът се водоснабдява от язовир. Промислените предприятия се водоснабдяват от собствени водоизточници. Канализацията на града е смесена и се зауства в приемник II-ра категория – река.

Климатични данни

Средномесечна и годишна температура на въздуха – 14°C.

Приемник на отпадъчните води

Съгласно отменената през 2013 г. и даваща най-ясна представа Наредба №7/08.08.1986 год. за показатели и норми за определяне качеството на течащите повърхностни води, допустимата степен на замърсяване на повърхностно течащи води II-ра категория е онагледена в Таблица 1. Необходимо е генерираните отпадъчни води от градът след градската пречиствателна станция (ГПС) да отговарят на изискванията за включване във водоприемник река, със съответен участък II-ра категория.

Таблица 1. Допустима степен на замърсяване на II-ра категория повърхностни течаци води

№	ПОКАЗАТЕЛИ	mg/l	II-ра КАТЕГОРИЯ
1.	Температура - °C.		да не надвишава с 3°C средната за сезона
2.	Цвят		без видимо допълнително оцветяване
3.	Активна реакция – рН		6 - 9
4.	Окисляемост - MnO ₄	mg/l	30.0
5.	ХПК – Cr ₂ O ₇ ²⁻	mg/l	70.0
6.	БПК	mg/l	15.0
7.	Разтворими вещества	mg/l	1000.0
8.	Неразтворени вещества	mg/l	50.0
9.	Желязо - Fe - общо	mg/l	1.5
10.	Манган - Mn - общо	mg/l	0.3
11.	Азот [амониев]	mg/l	2.0
12.	Азот [нитратен]	mg/l	0.04
13.	Азот [нитратен]	mg/l	10.0
14.	Азот [органичен]	mg/l	5.0
15.	Фосфати	mg/l	100.0
16.	Фосфор	mg/l	2.0
17.	Екстрахируеми вещества с CCL ₄	mg/l	3.0
18.	Нефтопродукти	mg/l	0.3
19.	Cr ³⁺ валентен	mg/l	0.5
20.	Cr ⁶⁺ валентен	mg/l	0.05
21.	Анионоактивни детергенти	mg/l	1.0

Характеристики на източниците на отпадъчни води

1.1. Количество и замърсеност на отпадъчните води от населението и държавните води.

Определяне на отпадъчните водни количества:

Водоснабдителната норма за жител в селища с население от 25 000 до 100 000 жители е 250 литра на жител в денонощие.

Средно денонощния дебит на битовите отпадъчни води се определя въз основа на броя на жителите на населеното място и от отводнителната норма за това населено място.

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{БОВ}} = \frac{N \times a}{1000}, \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Където: N - броя жители

a - отводнителната норма, (l/cap.d)

Отводнителната норма представлява количеството отпадъчни води от един жител на денонощие.

Прието е отводнителната норма да бъде 90% от водоснабдителната. Съгласно гореуказаните норми битово–фекалните води от промишлените предприятия са включени към тези, отпадащи от населението, т. е. включени са в нормата на жител. Отделно са определени количествата и състава на замърсените производствени води, отпадащи от отделните предприятия.

Количеството на комунално–битовите отпадъчни води от населението на града е изчислено на база на водоснабдителната норма на жител и броя на населението като отводнителната норма е 90% от водоснабдителната (при 100% използваемост на канализацията).

В смесената канализационна система се отвеждат заедно битовите, производствените и държавните отпадъчни води. Чрез преливници (дъждопреливници) по време на дъжд, след неколkokратно разреждане на битовите и производствените води, прииждащите в повече смесени отпадъчни води преливат и се отвеждат във водоприемника. У нас канализацията на населените места е предимно смесена.

Смесването на битовите с промишлените води дава възможност да се намали концентрацията на общия поток, поради разреждането. Характера на замърсяване на промишлените води е близък до характера на замърсяване на битовите води.

Степента на разреждане – n_0 – на битовите и производствените води от дъждовните води е отношението на количеството на дъждовната вода, която не прелива – Qg^M , към общото количество на битовите – Q^{BOB} – и промишлените води – $Q^{ПОВ}$ – в сухо време:

$$n_0 = \frac{Qg^M}{Q^{BOB} + Q^{ПОВ}}$$

и зависи от допустимото замърсяване на водоприемника. Приема се в границите от 1 до 10 (обикновено 4 – 5).

$$Q = \frac{Q_{дъжд}}{Q_{сух} + n_0 Q_{сух} + Q_{дъжд}}$$

където: $Q_{дъжд} = 0$

$$Q_{\text{сух}} = Q_{\text{ОВ}} - Q_{\text{сухо време}}$$

$$Q_{\text{сух}} = Q_{\text{ПОВ}} + Q_{\text{БОВ}}$$

$$n_0 = 0.5 \div 1.0$$

където: n_0 – коефициент на разреждане в зависимост от хидроложките характеристики и самопречистващата способност на водоема [3].

$$Q_{\text{ср.д}^{\text{дъжд}}} = Q_{\text{ПОВ}} + Q_{\text{БОВ}} + 0.5(Q_{\text{ПОВ}} + Q_{\text{БОВ}}) + 0$$

1.2. Характеристика на източниците на отпадъчни води от промишлени предприятия.

Количеството и замърсеността на промишлените отпадъчни води, както и локалното им пречистване преди заустването им в градската канализация се определят на базата на резултати от проучвания на предприятия с аналогични производства, експлоатация на действащи локални пречиствателни съоръжения и литературни данни.

1.2.1. Млекоцентрала

Фирмата преработва краве мляко, като произвежда сирене, кашкавал и извара. Канализацията е смесена – битова и промишлена.

Формирането на отпадъчните води е от пране на цедки, измиване на технологично оборудване и подове. Всичката суроватка, получена при производство на кашкавал, се изкупува за храна на животни. Отпадъчните води се заустват в градската канализация.

Необходимо е локално пречистване на ОВ.

- мазнинозадържател – отделените мазнини в горния слой ще се използват за храна на животни.

1.2.2. Предприятие за безалкохолни напитки

Произвежда газирани безалкохолни напитки в два вида разфасовки – литрови и бутилки от 0.25 l.

Формирането на отпадъчните води е от измиване на стъклен амбалаж (миялни машини с натриева основа), и измиване на подове и технологично оборудване. Водите са с алкален характер.

Предприятието има парокотелна централа на течно гориво.

Водоснабдяването се извършва от градския водопровод – няма собствен водоизточник. Канализационната система е разделна:

- промишлена
- битова
- дъждовна

Изградена е локална пречиствателна станция за отпадъчни води (ЛПСОВ) с капацитет – неутрализация.

Пречиствателната станция е проектирана със следната технологична схема:

- стъклозадържателна шахта;
- пясъкозадържател;
- неутрализационни камери и прекъснато действие;
- реагентно стопанство за H_2SO_4 .

На територията на предприятието има резервоари с мазут, NaOH и H_2SO_4 .

1.2.3. Фармацевтичен комбинат

Фирмата произвежда синтетични субстанции, готови лекарствени форми, паста за зъби и шампоани. Използваните в производството вещества са следните:

- активни субстанции и пълнежни вещества
- дихлоретан
- ацетон
- сярна киселина
- олеин
- бензол
- солна киселина
- мазут

Фирмата има изградена разделна канализационна система за:

- фекални битови води – ФБВ,
- условно чисти води – УЧВ,
- промишлени води – ПВ,
- дъждовни води – ДВ.

Промишлените отпадъчни води (ОВ) минават през локална ПСОВ, а останалите води се заустват в градската канализация.

Условно чистия поток се формира от охлаждане на съоръженията и няма контакт с потоците на основното производство.

ЛПСОВ има съоръжения за неутрализация на кисели и алкални отпадъчни води и съоръжения за последващото им утаяване.

1.2.4. Месокомбинат

Фирмата се занимава с клане на животни (прасета, едър рогат добитък) и производство на малотрайни колбаси.

Канализационната система на предприятието е смесен тип. Няма собствени водоизточници и ползува изцяло градския водопровод. Необходимо е изграждане на локална пречиствателна станция, предназначена да отделя от водата груби кланични конфискати (барабанни сита) и мазнини (мазниноуловител).

1.2.5. Хлебозавод и сладкарски цех

В завода се произвежда хляб и сладкарски изделия. Консумира вода от градската мрежа за технологични нужди и за охлаждане.

Необходимо е локално пречистване на ОВ от завода.

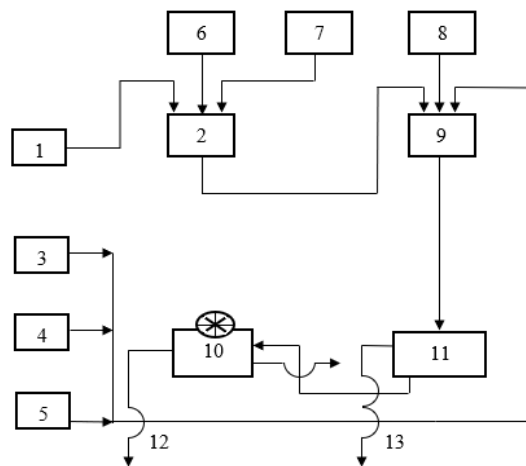
- мазнинозадържател – отделените мазнини в горен слой ще се използват за храна на животни.

1.2.6. Машиностроителен завод с галваничен цех

В галваничните цехове се извършва помедняване, поцинковане и хромиране на детайлите. Отпадъчните води се характеризират с вариращи в широки граници концентрации на киселини, основи, соли и йони на Cr^{6+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} и др.

Необходимо е отпадъчните води да се пречистват в локална пречиствателна станция за химично третиране (фиг. 1), която да гарантира свеждането до минимум на съдържанието на металните йони, за да могат отпадъчните води от градската пречиствателна станция за отпадъчни води (ГПСОВ) да се използват за напояване, а утайките – за наторяване.

Утайките от алкалните пречиствателни съоръжения ще се обезводняват на филтър-преса.



Фиг. 1. Технологична схема на локална пречиствателна станция за третиране на отпадъчни води от галваничен цех.

Легенда:

- 1 – хромови отпадъчни води
- 2 – пречистване на отпадъчни води от шествалентен хром
- 3 – кисели отпадъчни води
- 4 – алкални отпадъчни води
- 5 – отпадъчни води, съдържащи катиони на тежки метали
- 6 – киселина
- 7 – регент за редуция шествалентен хром
- 8 – варно мляко
- 9 – неутрализиране на водата
- 10 – вакуумфилтър
- 11 – утайтел
- 12 – обезводнени утайки
- 13 – пречистена вода

Отпадъчните води от първия поток имат кисела реакция – рН от 2 до 6, и съдържат до 120 mg/l шествалентен хром. Отработените електролитни разтвори съдържат до 200 g/l шествалентен хром и периодично (веднъж на 7 – 10 дни) се изпускат в канализационната мрежа.

Хромовите отпадъчни води могат да бъдат пречистени чрез химична обработка, електролиза и йонообмен.

Хромът в отпадъчните води се съдържа главно в шествалентна форма и не може да се утаява чрез коагулация. Затова предварително се редуцира в тривалентен, след което се извършва коагулация и утаяване.

За редуциране на шествалентния хром се използват най-често натриев бисулфат и железен сулфат, а по-рядко – серен диоксид. Процесът протича най-добре в кисела среда – при рН от 2 до 4, поради което може да се наложи добавяне на киселина – най-често сярна. За редуцирането на 1 mg шествалентен хром практически се добавят от 5.5 до 7.5 mg натриев бисулфат или около 20 mg железен сулфат. Продължителността на разбъркване на отпадъчните води с реактивите е 5 – 15 min при подаване на сгъстен въздух в количество 0.1 – 0.2 m³/min на 1 m³ отпадъчни води. Продължителността на контакта в камерата за реакция е не по-малко от 30 min.

Редуцираният хром се утаява най-често с калиева основа и по-рядко с други основи. Полученият хромов хидрооксид е слабо разтворим и се утаява най-добре при рН от 9.0 до 9.5. Продължителността на утаяване е най-малко 2 h. Обемът на получената утайка е около 5 % от обема на пречистваните отпадъчни води, а влажността им – около 98 %. Неутрализирането до рН от 9.0 до 9.5 и утаяването обикновено се извършва съвместно с останалите отпадъчни води от галваничния цех.

1.2.7. Завод за инструментално оборудване

Произвежда инструментална екипировка за машиностроене. Използват се различни видове стомани, соли и реагенти за термичния участък. Завода има собствен водоизточник, от който водата се използва за технологични нужди, охлаждане и битови цели.

Има ЛПСОВ – пречиствателни съоръжения за осредняване, неутрализация на рН и елиминиране на шествалентния хром. Необходимо е подобряване общото техническо състояние на съоръженията, тъй като то е незадоволително.

Физико–химичен състав на битовите отпадъчни води (БОВ) от населението

Физико–химичният състав на битовите отпадъчни води е определен съгласно замърсяването от един жител на ден.

Имат сравнително постоянен състав и внасяните замърсители от един жител варират в много тесни граници и това позволява да се изчислят средните количества на основните замърсители, които се съдържат в битовите води. Основно това са неразтворени вещества, фосфати, азотни съединения, хлориди, замърсявания по

показателя биохимична потребност от кислород (БПК) и повърхностно активни вещества (ПАВ).

Приети показатели:

БПК ₅ – неутаени води	= 54 mg/l
БПК ₅ – утаени води	= 40 mg/l
Общ азот по Келдал	= 12 g/cap.d
Нефтопродукти	= 2 mg/l
ПАВ	= 2.5 g/cap.d
P ₂ O ₅	= 3.3 g/cap.d
PO ₄	= 4.4 g/cap.d

В нормите за проектиране за битови отпадъчни води са посочени средните количества, които попадат във водите от един жител за едно денонощие:

$$C_{\text{н.в.}} = \frac{C_1}{a}, \quad \text{g/l}$$

Където: C_1 – количество замърсители, внасяно от 1 жител за 1 денонощие

$C_{\text{н.в.}}$ – концентрация на неразтворени вещества

По същия начин се изчислява концентрацията и на другите замърсители.

Физико–химичен състав на промишлените отпадъчни води (ПОВ)

Обикновено ПОВ са много сложен състав и количеството на замърсителите се изменя в много широки граници. Ето защо не могат да бъдат типизирани и при тях е задължително да се направи пълен физикохимичен анализ и едва тогава да се вземе решение какви методи за пречистване да се използват, какви съоръжения и т.н.

За пречистване могат да постъпват само битови отпадъчни води, само промишлени или само битови и промишлени.

Пречистване на отпадъчните води

1.3. Методи за пречистване на отпадъчните води

Методите за пречистване зависят от количеството, вида и състоянието в което се намират замърсяващите вещества, а така също и от необходимата степен на пречистване.

Основните методи за пречистване се разделят в следните групи:

- механично пречистване;
- химично пречистване;
- физико–химично пречистване;
- биологично пречистване;

1. Механичното пречистване – има за задача да отдели грубо диспергираните и неразтворени вещества от отпадъчните води чрез следните процеси: прецеждане, утаяване и филтрация.

Примесите в грубо дисперсно състояние се отделят чрез прецеждане през решетки и сита. По-тежките минерални примеси се утаяват в пясъкозадържатели, а леките неразтворени мазнини и масла се отделят чрез изплуване в маслоуловители, нефтоуловители и утаители.

За отделянето на основната част от неразтворените вещества се използва процесът утаяване под действието на гравитационните сили в различни по конструкция съоръжения наречени утаители: хоризонтални, радиални и вертикални.

Филтрация през порьозни среди (пясък, кокс) се използва предимно за допречистване на отпадъчни води.

Механичното пречистване се прилага във всички случаи, но рядко се използва като окончателен метод. То е задължителен етап преди физико–химичното и биологичното пречистване.

2. Химичното и физико–химичното пречистване се използва за отделяне при трансформиране на замърсявания, които се намират във фино дисперсно (неутаимо), колоидно и разтворено състояние чрез разнообразни процеси: коагуация, сорбция, флотация, йонен обмен и др. Замърсяванията се превеждат в друго фазово състояние, извличат се, разрушават се или се трансформират в безвредни съединения. Химичното и физико–химичното пречистване се използват предимно за промишлени отпадъчни води.

3. Биологичното пречистване се основава на жизнената дейност на микроорганизмите, които чрез аеробни и анаеробни биохимични процеси минерализират органичните замърсявания, които са във фино дисперсно състояние, колоидно и разтворено състояние. Биологичното пречистване на ОВ се извършва при естествени условия (в почвата), в напоителни и филтрационни полета или в биологични езера (лагуни). При изкуствени условия биохимичното пречистване се осъществява чрез биофилтри и биобасейни.

4. Наличието на патогенни бактерии в БОВ налага обеззаразяването им независимо от метода на пречистване. За обеззаразяване може да се използва озон или хлор, като хлорирането е най-широко разпространено. Обеззаразяването се извършва в смесителни или контактни резервоари.

5. При пречистването на ОВ основна част от замърсяващите вещества се отделя под формата на утайки: първични – от механичното и вторични – от биологичното пречистване.

Утайките са течен отпадък с високо съдържание на вода (над 95%) и преобладаваща органична част в твърдата фаза. Оползотворяването на утайките е част от пречистването и е много трудна задача.

За стабилизирането на органичните вещества в утайките се използват септични ями, двуетажни утаители, открити изгниватели, метантанкове, аеробни стабилизатори, в които протичат анаеробни и аеробни процеси – биохимични (изгниване).

6. Намаляването на обема на утайките се постига чрез различни способности за обезводняване – естествено в изсушителни полета и изкуствено (механично) чрез вакуумфилтри, центрофуги и филтърни преси. Обезводнените утайки могат да бъдат оползотворени в селското стопанство, ако в тях няма тежките метали. В случаите, когато в ОВ има тежки метали, каквито са преобладаващите случаи, утайките се депонират или се подлагат на термични изсушаване и изгаряне.

Пречистването на ОВ от населените места се реализира предимно по двустепенни схеми за механични и биологично пречистване. Желателно е и прилагането на трета степен на пречистване – допречистване. За допречистване се използват механични, физико–химични и биологични методи.

1.4. Описание на технологичните процеси, извършени в процеса на пречистване в съоръженията

1.4.1. Механично пречистване

1. Груба и фина решетка

Решетките са метални рамки с успоредни пръти разположени вертикално или под наклон спрямо течението, обикновено под ъгъл 60 – 70°. Те се поставят в различни канали. Разстоянието между прътите на грубата решетка $B = 60 - 100 \text{ mm}$.

Най-често използвани са прътите с правоъгълно напречно сечение и размери

10 – 60 mm, защото осигуряват задържане на най-голямо количество отпадъци и улесняват експлоатацията.

Недостатък е, че създават най-големи хидравлични съпротивления при преминаването на водата.

Предвижда се механично изнасяне на задържаните отпадъци.

2. Аериран пясъкозадържател

Те са разновидност на хоризонталните и се очертава като най-ефективните конструкции. Чрез едностранно подаване на въздух (аериране) се създава въртливо движение на водата със скорост по периферията на сечението $v = 0.25 - 0.3$ m/s, която в комбинация с хоризонталната скорост $v = 0.08 - 0.12$ m/s създава резултатно въртливо – постъпателно движение с постоянна скорост, близка до оптималната $v = 0.30$ m/s.

Основното предимство на аерираните пясъкозадържатели е създаването на практически постоянна резултатна скорост на движение по периферията на сечението, независимо от колебанието на дебита. Благодарение на това движение, пясъкът, който се утаява е с незначително съдържание на органични вещества, като се утаява с незначително съдържание на органични вещества, като основната маса от тях се поддържа в плаващо състояние. Аерацията опреснява отпадъчната вода (ОВ).

Теоретично най-благоприятната форма на напречно сечение е овалната, но на практика изпълнението на формата е полигонална.

Съотношението на широчината към височината.

$$B/H = 1 - 1.25 - 1.5$$

При оразмеряване на аерирани пясъкозадържатели се приемат следните стойности на основните параметри:

- диаметър на утаените пясъчни фракции $d \geq 0.2$ mm
- времепрестой $T \leq 3$ min = 180 s
- хоризонтална скорост на движение $v_h = 0.08 - 0.12$ m/s и $v_h = 0.25 - 0.3$ m/s

Такава скорост се постига чрез интензивност на аерация

$$q_{\text{възд}} = 3 - 5 \text{ m/mh}$$

- обща височина $H = 0.7 - 3.5$ m
- дъното на напречното сечение е с наклон $0.2 - 0.4$ към улея за пясък

Разпределението на въздуха става чрез надупчени тръби с отвори $d = 3 - 5$ mm, потопени на дълбочина

$$H_{\text{тр.}} = (0.7 \div 0.75)H, \text{ m}$$

Желателно е аерационната система да може да се вади над водната повърхност.

Ако водопрестоят на водата в пясъкозадържателят увеличи до 10 – 20 min, той може да се използва като предаератор. В комбинация с аерирането могат да се прибавят и активни утайки като по този начин се извършва подготовка на водата преди постъпването и в утаителните съоръжения и съоръжението за биологично пречистване, с което се подобрява ефектът на тяхната работа.

В началото на пясъкозадържателя във всяка секция се изгражда пясъчна камера. Самата секция има наклон срещу движението на водата с наклон 0.003 до пясъчната камера. С такъв наклон се изпълнява и улея по дължина секцията.

3. Първичен утаител

Процеса утаяване се използва в пречиствателната техника за отделяне на грубо неразтворени примеси от отпадъчни води под действието на гравитационни сили.

Всяка частица в неразтворено състояние със специфично тегло по-голямо от това на водата, се намира под действието на резултатна сила съставена от силата на тежестта и силата на съпротивлението, което възниква при движението на частицата. От състоянието на тези две сили се определя скоростта на утаяване на частиците.

По-леките от водата примеси под действието на подемната сила се отделят на повърхността.

Практическият опит показва, че основната част от утаимите неразтворени вещества в БОВ се утаяват в продължение на 1.5 – 2.0 часа. Това време за утаяване се използва за измеряване на утаителите по времепрестой.

Друг практически показател е хидравличното натоварване на единица площ от водната повърхност от утаителя или скоростта на утаяване:

$$q_0 = \frac{Q}{F} \frac{m^3}{m^2h}$$

$$q_0 = 1 - 3 \frac{m^3}{m^2h}$$

По предназначение и място в технологичната схема на пречистване утаителите се делят на първични и вторични.

Първичните утайтели са основните съоръжения в механичното пречистване. Те служат за предварителна обработка на водата, преди биологичното и пречистване. Основното предназначение на първичните утайтели е да отделят по-едрите неразтворени вещества от отпадъчната вода.

Утаяването се реализира практически в условие на бавно протичане на водата.

1.4.2. Биологично пречистване

1. Биобасейн – принцип на действие

Изкуственото биологично пречистване с помощта на активни утайки се осъществява в съоръжения, които се наричат биобасейни (ББ).

Отпадъчните води и активните утайки постъпват в ББ, където сместа се разбърква и непрекъснато се доставя кислород чрез различни аерационни системи. Процесът на пречистване се основава на окислителната способност на микроорганизмите в активните утайки (АУ) и зависи от следните фактори:

- количеството и физиологичното съдържание на активната биомаса
- количеството и характера на органичните вещества
- хидродинамичния режим в ББ
- кислородното съдържание
- условията на средата – t° , рН, биогенни елементи, вредни вещества и др.

Изменяйки някой то тези фактори процесът на пречистване може да се регулира в широки граници. В практиката са въведени следните технологични показатели, като характеристики за количество, седиментационните свойства и физиологичното състояние АУ.

а) Концентрация на утайката – използва се като приблизителна мярка за количеството на биомасата в ББ. Тя изразява с масата на сухото вещество (суспендираните вещества) в единица обем от сместа (ОВ и рециркулираща активна утайка (РАУ) в биобасейна).

В действителност клетъчното вещество на микроорганизмите е част от общата маса сухо вещество и за по-точна оценка се използва концентрацията сухо органично вещество (СОВ). Минералната част на сухото вещество, която не влиза в състава на биомасата на микроорганизмите е 25 – 35%.

б) Индекс на утайката J_j – използва се като характеристика за седиментационните свойства на АУ. Той се изразява с обема на утайката в кубически сантиметри след 30

минутно утаяване, в което се съдържа $1\text{g CB cm}^3/\text{g CB}$. От индекса на утайката зависи ефектът на отделянето ѝ във вторичните утайтели. Добре утаяващата се АУ има $J_j < 100 - 120\text{ cm}^3/\text{g CB}$. При неблагоприятни условия (претоварване с органични вещества, недостиг на кислород, резки колебания в температурата, както и наличието на токсични вещества) се наблюдава разбухване на утайката, при което J_j нараства над $150 - 200\text{ cm}^3/\text{g CB}$. Такава утайка се утаява трудно и постепенно се изнася заедно с пречистената вода от вторичния утайтел, като разстройва пречиствателния процес.

в) Възраст на утайката – характеризира физиологичното състояние на микроорганизмите. Възрастта на утайката дава представа за средната продължителност на периода на обмена на биомасата в системата на биологичното пречистване в денонощие. Възрастта се определя като отношение на общата маса на АУ в системата към денонощната маса на излишната утайка по сухо вещество.

$$T_y = \frac{(V_b + V_k) \times a + V_{ym} \times a^1}{Q \times \text{Пр}}, d$$

Където: V_b, V_k, V_{ym} – обемите на ББ, свързващите канали и вторичния утайтел в m^3 .

a и a^1 – концентрация на утайката в ББ и ВУ в g/m^3 .

Q – денонощен дебит на пречистваната вода в m^3/d .

Пр – прираст на утайката в g/m^3 , изразена като концентрация по отношение на дебита на пречистваната вода.

В практическите изчисления V_k и V_{ym} се пренебрегват.

Възрастта на утайката може да се регулира чрез изменение на съотношението на рециркулиращата и изважданата утайка.

г) Времетрае – T – чрез него се определя обема на ББ

$$T = \frac{V}{Q}; h \qquad V = Q \times T; \text{m}^3$$

Q – дебит в m^3/h

д) Хидравлично натоварване – R_q – изразява се с количеството отпадъчни води отнесено към 1m^3 от обема на ББ за денонощие без отчитане на $Q_{\text{рец}}$.

$$Rq = \frac{Q}{V} ; \frac{m^3}{m^3 d}$$

е) Объемно органично натоварване – Rv

Изразява се с масата на постъпващото органично замърсяване в g БПК₅ или БПК пълно към 1 кубичен метър от обема на ББ за денонощия.

$$Rv = \frac{La \times Q}{V} ; g \frac{\text{БПК}}{m^3 d}$$

La – БПК₅ или БПК пълно за отпадъчните води в g/m³.

з) Натоварване на активната утайка – Ry – основен технологичен показател и критерий за класификация на процеса пречистване. В биохимичен смисъл това е отношението между масата на внасяните хранителни вещества (субстрат) и количеството на микроорганизмите в ББ.

$$Ry = \frac{La \times Q}{a \times V} ; g \frac{\text{БПК}}{gd}$$

$$Ry = \frac{Rv}{a}$$

Най-обща класификация на метода за пречистване с АУ се прави в зависимост от натоварването на утайката [4]:

- ниско натоварване с минерализация на утайката

$$Ry = 0.03 - 0.12 \text{ g БПК}_5/\text{g СВd}$$

- средно натоварване на утайката

$$Ry = 0.15 - 0.5 \text{ g БПК/g СВd}$$

- високо натоварване на утайката

$$Ry = > 0.5 \text{ g БПК/g СВd}$$

При ниско натоварване процесът се характеризира с най-голяма продължителност и пълно пречистване. Прирастът на утайката е незначителен, кислородният разход и възрастта на утайката са най-големи. Процесът се нарича пълно окисление.

При високо натоварване на утайката, процесът има най-малко продължителност, пречистването е непълно, като преобладава сорбцията на органичните вещества, а

окислението им е частично. Прирастът на утайката е най-голям, кислородния разход и възрастта на утайката са най-малки.

Показателите при средно натоварване заема междинно положение. Процесът осигурява пълно пречистване до началото на нитрификацията при средна продължителност. Този процес е използван при първите биобасейни, наричани конвенционални.

и) Рециркуляционно отношение – за поддържане на желаната концентрация на утайката в ББ е необходимо да се рециркулира част от отделената във вторичния утайтел утайка с дебит Q_r . Рециркуляционно отношение – n – е дебитът на рециркулиращата утайка към дебита на отпадъчните води.

$$n = \frac{Q_r}{Q}$$

или изразено чрез концентрацията на утайката:

$$n = \frac{a}{ar - a}$$

к) Излишна утайка – това е нейният прираст или разликата между брутния прираст и самоокислението.

Аерационните системи са предназначени да доставят необходимия кислород за биохимичните процеси на окисление и да осигурят подходящи хидродинамични условия в ББ. Това се постига с аерация на водата.

Пневматична аерация – сгъстения въздух от компресорите се подава по въздухопроводи към различни аерационни устройства, чрез които се внася във водата под формата на въздушни мехурчета.

Могат да са използвани филтърни плочи с размери 30/30/5. Те се монтират върху специални канали на дъното на ББ в един и повече реда. Оптималното въздушно натоварване на една плоча с въздух е 80 – 120 cm^3/min . Основен недостатък на плочите е лесното им запушване и трудната регенерация и подмяна.

2. Вторичен утайтел

Елемент на биологичното пречистване. В него се отделя изнесената биологична ципа или активна утайка от биологично пречистена вода. По принцип на действие не се различава от първичния.

Оразмеряването се извършва по времепрестой.

За вторичния утайтел след биобасейн довеждащата тръба, каналите и входните устройства се оразмеряват за максималния сумарен дебит на отпадъчната вода и рециркулиращата утайка, а работната част – само по дебита на отпадъчната вода.

Влажността на утайката във вторичния утайтел е:

$$W_{AY} = 99.4 - 99.7 \%$$

Вторичните утайтели се оразмеряват за повърхностно хидравлично натоварване

$$q_0 = 1.2 - 1.6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

Скоростта на водата на централната тръба е $U_0 \leq 15 \text{ m/s}$

Масата на утайката – М

$$M = \left(\frac{\text{Пр}_{AY} \times K - C_{кр}}{10^6} \right) Q_{\text{ср.д.}} ; t/d$$

Където: М – масата на утайката

К – коефициент на сезонна неравномерност в прираста на АУ

$$K = 1.15 - 1.30$$

b – концентрация на неразтворени вещества в пречистената вода

(на изход ВУ) – mg/l.

Обема утайката се определя по формулата:

$$V_{ym} = \frac{M_{ym} \times 100}{(100 - B) \times ym} , \text{ m}^3/d$$

Където: ym – плътност на утайките, kg/m³.

Приемаме ym = 1000 kg/m³.

1.4.3. Обеззаразяване

Обеззаразяването на битовите отпадъчни води цели унищожаването на патогенните микроорганизми, които остават след биологичното пречистване.

Предварително приготвеният хлорен разтвор се размесва с отпадъчната вода в смесители, където престоява 15 – 30 min. Това време е необходимо за постигане на бактерицидния ефект и се нарича – време за контакт.

1. Смесител
2. Контактен резервоар

1.4.4. Третиране на утайките

В процесите на пречистване на отпадъчните води основната част от замърсяващите вещества – твърда фаза, се отделят под формата на течни отпадъци или утайки. В съоръженията за механично пречистване се отделят неразтворени вещества, като основната част от тях се задържа в първичния утайтел – първична утайка. В процеса на изкуственото биологично пречистване се получават вторичните утайки.

Утайките се характеризират с висока влажност 92 – 95%, вторичните след биопречистването 96%, активната утайка 99 – 99.5%.

Органичната част в първичните утайки е 65 – 75% от общата маса на сухо вещество, а във вторичните 70 – 75%.

В технологията на обработката на утайки от битови отпадъчни води са използвани следните процеси: уплътняване, стабилизация на органичната част (изгниване), обезводняване.

Уплътняването е първия процес, чрез който намалява значително обема на утайката.

1. *Радиален калоуплътнител* - Процесът на уплътняването се извършва в съоръжение – радиален уплътнител;
2. *Метантанк* - Стабилизацията на утайката се извършва в стоманобетонен метантанк;
3. *Изушителни полета* - Стабилизираната утайка е с висока влажност и за това се налага обезводняването ѝ. Изсушаването на изгнилата утайка се извършва в изсушителни полета – естествено.

Помощни съоръжения

1. Административно – лабораторен корпус.
2. Стопанска сграда.
3. Помпена станция.
4. Трансформаторен пост.

1.5. *Необходима степен на пречистване на отпадъчните води*

$$\text{БПК}_5 \qquad \eta = \frac{255.0 - 25}{255} \times 100 = 90.2\%$$

$$\text{Неразтворени вещества} \qquad \eta = \frac{198.5 - 50}{198.5} \times 100 = 74.8\%$$

ОРАЗМЕРИТЕЛНА ЧАСТ

1.6. Изчисляване на отпадъчните водни количества

- *от населението*

Общо жители = постоянни + временни + 1/3 приходящи

Общо жители = 60000 + 1500 + 300/3 = 61600 жители

Водоснабдителна норма: $q_b = 250 \text{ l/cap.d}$

Отводнителна норма: $a = 90\% \times 250 = 225 \text{ l/cap.d}$

Средноденонощен дебит на битовите отпадъчни води:

$$Q_{\text{ср. д.}} = \frac{a \times N}{1000} = 13860 \text{ m}^3/\text{d} = 577.5 \text{ m}^3/\text{h} = 160.42 \text{ l/s}$$

$$k_{o_{\text{max}}} = 1 + \frac{2.5}{Q_{\text{ср. д.}}^{0.22}} = 1 + \frac{2.5}{160.42^{0.22}} = 1.8196$$

k_o – коефициент на обща неравномерност

Определяне на максималното количество битови отпадъчни води, които се отделят за 1 час:

$$Q_{\text{max}_h} = \frac{Q_{\text{ср. д.}}}{24} \times k_{o_{\text{max}}}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{max}_h} = 577.5 \times 1.8196 = 1050.81 \text{ m}^3/\text{h}$$

Средни концентрации на неразтворени вещества и БПК в битовите отпадъчни води

Приети норми:

1. Неразтворени вещества – 65 g/cap.d [1]

2. БПК₅ за неутаени отпадъчни води – 54 g/cap.d

$$C_{1\text{НВ}} = \frac{65}{225} = 0.28 \times 1000 = 280 \text{ g/l}$$

$$C_{2\text{ВПК5}} = \frac{54}{225} \times 1000 = 240 \text{ g/l}$$

- **от комунално-битови обекти (КБО)**

а) Хотел – 100 легла

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{x}} = \frac{0.9 \times 250 \times 100}{1000} = 22.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

б) Болница – 200 легла

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{б}} = \frac{0.9 \times 350 \times 200}{1000} = 63.0 \text{ m}^3/\text{d}$$

в) Ресторант 1 – 400 места

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{p1}} = \frac{25 \times 400}{1000} = 10 \text{ m}^3/\text{d}$$

г) Ресторант 2 – 150 места

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{p2}} = \frac{250 \times 150}{1000} = 3.75 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ср.д}} &= Q_{\text{ср.д}}^{\text{x}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{б}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{p1}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{p2}} = 22.5 + 63.0 + 10 + 3.75 = 4.13 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 1.15 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$k_o = 1 + \frac{0.25}{1.15^{0.22}} = 1.24$$

$$Q_{\text{max.h}} = 1.24 \times 1.15 = 1.43 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{БОВ}} = Q^{\text{НАСЕЛЕНИЕ}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{x}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{б}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{p1}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{p2}}$$

$$Q_{\text{ср.д}}^{\text{БОВ}} = 13860 + 99.25 = 13959.25 \approx 13960 \text{ m}^3/\text{d}$$

• **от промишлени предприятия**

1. *Млекоцентрала*

$$Q = 500 \text{ m}^3/\text{d}; C = 1000 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 150 \text{ mg/l}$$

2. *ТПК за безалкохолни напитки*

$$Q = 800 \text{ m}^3/\text{d}; C = 120 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 150 \text{ mg/l}$$

3. *Фармацевтичен комбинат*

$$Q = 7500 \text{ m}^3/\text{d}; C = 100 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 350 \text{ mg/l}$$

4. *Месокомбинат*

$$Q = 1500 \text{ m}^3/\text{d}; C = 80 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 120 \text{ mg/l}$$

5. *Хлебозавод*

$$Q = 500 \text{ m}^3/\text{d}; C = 50 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 120 \text{ mg/l}$$

6. *Машиностроителен завод*

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{d}; C = 120 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 80 \text{ mg/l}$$

7. *Завод за инструментално оборудване*

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{d}; C = 180 \text{ mg/l}; \text{БПК}_5 = 80 \text{ mg/l}$$

Количество промишлени отпадъчни води

$$\begin{aligned} Q^{\text{ПОВ}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = \\ &= 500 + 800 + 7500 + 1500 + 500 + 400 + 150 = 11350 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Концентрация на замърсителите в промишлените отпадъчни води

Средни концентрации на неразтворени вещества и БПК в промишлените отпадъчни води. От данните, с които разполагаме се изчисляват средните концентрации.

$$\begin{aligned} C_{\text{р}}^{\text{ПОВ}} &= \frac{100 \times 500 + 120 \times 800 + 100 \times 750 + 80 \times 1500 + 50 \times 500 + 120 \times 400 + 180 \times 150}{11350} = \\ &= 98.326 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{БПК}_5^{\text{ПОВ}} &= \frac{150 \times 500 + 150 \times 800 + 350 \times 7500 + 120 \times 1500 + 120 \times 500 + 80 \times 400 + 80 \times 150}{11350} = \\ &= 273.48 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Изчисляват се средните концентрации на неразтворени вещества и БПК₅, които ни дават възможност да преценим какви пречиствателни съоръжения да използваме за тези води.

Концентрация на замърсителите в смесения поток, постъпващ в пречиствателната станция.

За пречистване могат да постъпват само битови, само промишлени или пък само битови и промишлени отпадъчни води.

$$C_{\text{см}} = \frac{C^{\text{БОВ}} \times Q_{\text{ср.д}}^{\text{БОВ}} + C^{\text{ПОВ}} \times Q_{\text{ср.д}}^{\text{ПОВ}}}{Q_{\text{ср.д}}^{\text{БОВ}} + Q_{\text{ср.д}}^{\text{ПОВ}}}$$

Където: $C_{\text{см}}$ – концентрация на кой да е замърсител в смесения поток

$$C_{\text{общо}} = 198.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{БПК}_5 = 255.0 \text{ mg/l}$$

Общо количество на БОВ и ПОВ, което постъпва в ГПСОВ

$$Q_{\text{общо}} = 13960 + 11350 = 25\,310 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{max}}^{\text{h}} = \frac{25310}{24} k_{\text{max}}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_{\text{max}} = 1 + \frac{2.5}{Q_{\text{ср.д.}}^{0.22}} = 1 + \frac{2.5}{9.3} = 1.27$$

$$Q_{\text{max}}^{\text{h}} = 1054.58 \times 1.27 = 1339.31 \text{ m}^3/\text{h} = 0.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{БОВ}} \text{ преди} \sim 15\%$$

$$Q_{\text{БОВ}} = 15\% \times 11350 = 1702.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{общо}} = Q_{\text{ПОВ}} + Q_{\text{БОВ}} = 11350 + 1702.5 = 13052.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

- **Количество дъждовни води**

$$Q_{\text{дъжд}} = n_0 (Q_{\text{БОВ}} + Q_{\text{ПОВ}} \text{ общо})$$

$$n_0 = 0.5$$

От нормите:

$$C_{\text{дъжд}} = 40 - 60 \text{ mg/l}$$

$$\text{БПК}_{\text{дъжд}} = 200 - 400 \text{ mg/l}$$

$$Q_{\text{дъжд}} = 0.5 (13960 + 13052.5) = 13506.25 \text{ m}^3/\text{d}$$

- *Общо количество отпадъчни води*

$$Q_{\text{ОВ ср.д.}} = 13960 + 13052.5 + 13506.25 = 40518.75 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$k_{o_{\text{max}}} = 1 + \frac{2.5}{10.32} = 1.24$$

$$Q_{\text{max}}^h = 2093.46 \text{ m}^3/\text{s}$$

1.7. Характеристика на общия поток отпадъчни води

Физико-химичен състав на отпадъчните води от населението – g/l

$$\text{БПК}_5 = 240 \text{ g/l}$$

$$\text{Неразтворени вещества} = 280 \text{ g/l}$$

Физико-химичен състав на отпадъчните води от производството – mg/l

$$\text{БПК}_5 = 273.48 \text{ mg/l}$$

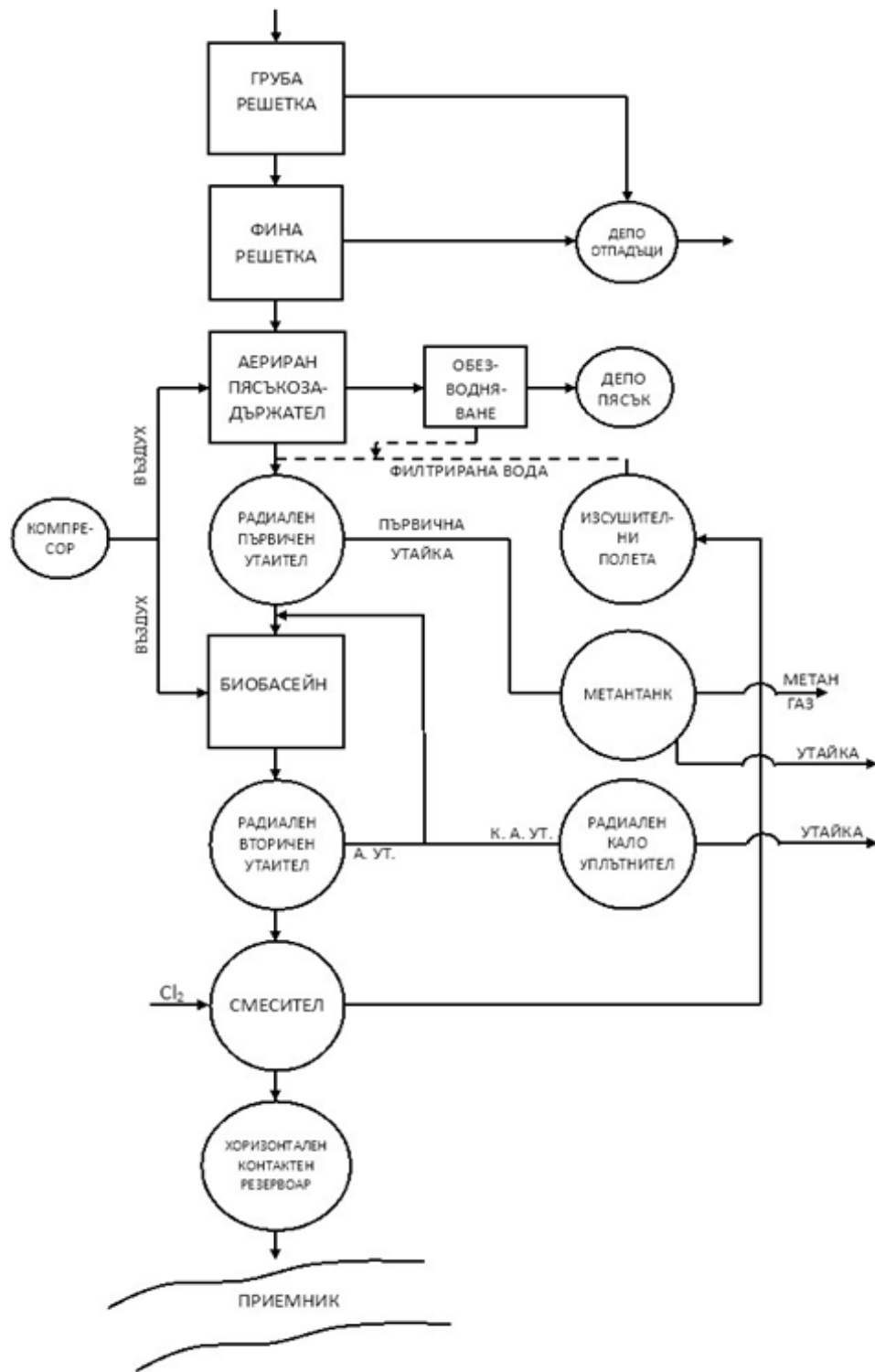
$$\text{Неразтворени вещества} = 98.326 \text{ mg/l}$$

Физико-химичен състав на смесения поток, постъпващ в пречиствателната станция – mg/l

$$\text{БПК}_5 = 255.0 \text{ mg/l}$$

$$\text{Неразтворени вещества} = 198.5 \text{ mg/l}$$

ТЕХНОЛОГИЧНА СХЕМА



Фиг. 2. Технологична схема на пречиствателна станция за отпадъчни води.

Тъй като средните концентрации на неразтворени вещества и БПК не са много големи предлагам едностепенна схема за биологично пречистване. Налага се да има биологично пречистване, тъй като БПК на постъпващата за пречистване вода е по-високо от 150 mg/l, тогава е необходимо преди да се върне в биобасейна рециркулиращата утайка да мине през регенерация.

В случаите, когато според технологичната схема след първичния утайтел водата постъпва за биологично пречистване, независимо дали биологичното пречистване ще се извърши в басейн или биофилтър, тогава концентрацията на неразтворените вещества във водата след първичния утайтел трябва да бъде най-много 150 mg/l.

Какъв утайтел ще се избере зависи първо от необходимата степен на пречистване (ефект на пречистване).

Предлагам радиални утайтели (първични и вторични).

Вертикалните утайтели осигуряват най-нисък ефект – до 40%, докато хоризонталните и радиалните утайтели – до 50 – 60 и 70%. Освен това вертикалните утайтели са с най-малък обем на работната част. Ето защо те се препоръчват за пречиствателни станции с по-малка производителност.

Хоризонталните и радиалните утайтели са за големи пречиствателни станции. За много голям дебит на водата се препоръчват основно радиалните утайтели.

1.8. Оразмеряване на съоръженията за пречиствателната станция

1.8.1. Механично пречистване

1.8.1.1. Оразмеряване на груба решетка (фиг. 3)

Брой на отворите в решетката – n, бр.:

$$n = \frac{Q_{max} \times k_c}{b \times h \times v_p}$$

Където: Q_{max} – максимален дебит на отпадъчната вода

k_c – коефициент, отчитащ стеснението на разстоянието между прътите в резултат на задържаните отпадъци и почистващото гребло

b - разстояние между прътите

h - дълбочина на водата в довеждащия канал

v_p – скорост на водата през отворите на решетката

Приемаме: $Q_{max} = 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$

$$k_c = 1.05$$

$$V_k = 0.8 \text{ m/s}$$

$$v_p = 0.9 \text{ m/s}$$

$$B_k = 0.8 \text{ m/s}$$

$$Q_{max} = F \times V_k$$

$$F = B_k \times h$$

$$0.58 = F \times 0.8$$

$$0.72 = 0.8 \times h$$

$$F = 0.72 \text{ m}^2$$

$$h = 0.9 \text{ m}$$

Приемаме: $b = 16 \text{ mm} = 0.016 \text{ m}$

$$n = \frac{0.58 \times 1.05}{0.016 \times 0.9 \times 0.09} = \frac{0.609}{0.01296} = 46.99 \approx 47 \text{ броя на отворите}$$

Широчина на решетката – B_p , m:

$$B_p = n \times b + s(n - 1)$$

Където: s - ширина на напречното сечение на прътите; $s = 8$ или 10 mm

Приемаме: $s = 8 \text{ mm}$

$$B_p = 47 \times 0.016 + 0,008(47 - 1) = 0.75 + 0.37 = 1.11 \text{ m}$$

Обща конструктивна дължина – L , m:

Конструктивно приемаме: $B_p = 1 \text{ m}$

$$l_1 = \frac{B_p^{gp} - B_k}{2 \text{tg } \varphi} = \frac{1 - 0.8}{2 \text{tg } 20} = \frac{0.2}{0.73} = 0.27 \text{ m}$$

Където: B_k – широчина на канала, m : $B_k = 0.8 \text{ m}$;

B_p – широчина на решетката, m ;

φ - ъгъл при разширението на канала: $\varphi = 20^\circ$

$l_1 = 0.27 \text{ m}$ – ширина на канала преди и след решетъчното оширение

$l_2 = 0.3 \text{ m}$ – конструктивно приемане

$\text{tg } 60^\circ = 1.73 \text{ } l_3$

$$l_3 = \frac{H}{\text{tg } 60^\circ} = \frac{1.2}{1.73} = 0.69 \text{ m}$$

Където: H – дълбочина на канала, m

$$H = h + (0.3 \div 0.4)$$

$$H = 0.9 + 0.3 = 1.2 \text{ cm}$$

$l_4 = 1 \text{ m}$ – конструктивно приемане

$$l_5 = 1/2 \times l_1 = 1/2 \times 0.27 = 0.135 \text{ m}$$

Общата дължина на грубата решетка:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, m$$

Приети размери:

$$l_1 = 0.27 \text{ m}$$

$$l_3 = 0.69 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.30 \text{ m}$$

$$l_4 = 1.00 \text{ m}$$

$$l_5 = 0.135 \text{ m}$$

$$L_{\text{РЕШ}}^{\text{ГР}} = 0.27 + 0.3 + 0.69 + 1.0 + 0.135 = 2.395 \approx 2.40 \text{ m}$$

Загуби на напор в решетката – h_p , m ;

$$h_p = \xi \times \frac{u^2}{2g} \times k$$

$$\xi = \beta (s/b)^{1.33} \sin 60^\circ,$$

$b = 16 \text{ mm}$; $s = 8 \text{ mm}$; $\sin 60^\circ = 0.866$; $\beta = 2.42$ (от нормите);

$k = 3$; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

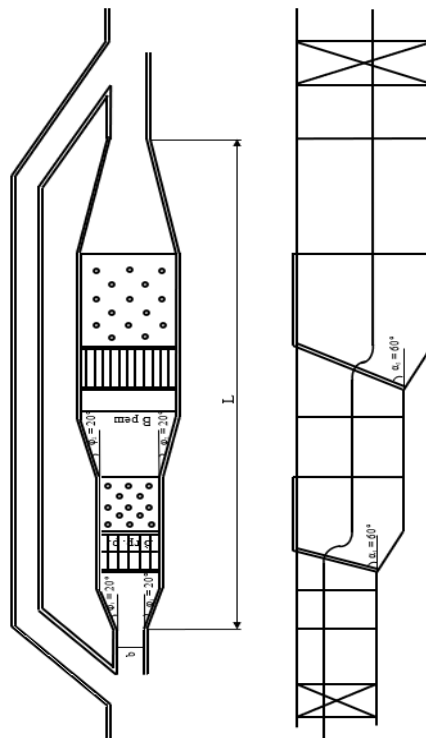
$$\xi = 2.42 \times 0.396 \times 0.866 = 0.83 \text{ m}$$

$$h_p = 0.83 \frac{u^2}{2 \times 9.81} \quad k = 0.05 \text{ m}$$

$$u = 0.63 \text{ m/s}$$

$$u = \frac{Q_{max}}{B_{реш} \times B_{max}} = 0.58 \text{ m/s}$$

Прието е, че ако $u \geq 0.6 \text{ m/s}$, тогава решетката е правилно оразмерена.



Фиг. 3. Оразмерителна схема на груба и фина решетка.

1.8.1.2. Оразмеряване на фина решетка, (фиг. 3)

Брой на отворите в решетката – n , бр.:

b – разстояние между прътите = 0.02 m

s – дебелина на прътите = 0.08 m

v_p – скорост на водата през отворите на решетката = 1.0 m/s – приета стойност

$$n = \frac{Q_{max} \times k_c}{b \times h_{max} \times v_p} = 32 \text{ бр. отвори}$$

$n = 32$ бр. отв. – приета стойност

Широчина на решетката – B_p , m:

$$B_p^{cp} = n \times b + s(n - 1) = 1.28 \text{ m}$$

Обща дължина – L , m:

За да се осигури плавна изменяемост на течението, разширението на канала пред решетката се прави под ъгъл $< 20^\circ$.

$$l_1 = \frac{B_p^{cp} - B_k}{2 \operatorname{tg} \alpha} = 0.65 \text{ m}$$

Разширението преди решетката се приема: $l_1 = 0.65 \text{ m}$

Стеснението след решетката се приема:

$$l_5 = \frac{l_1}{2} = 0.32 \text{ m}$$

$$l_3 = \frac{H}{\operatorname{tg}} = \frac{1.2}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 0.70 \text{ m} \text{ – приета стойност}$$

l_2 и l_4 се приемат конструктивно, съобразно габаритите на решетката.

$$l_2 = 0.2 \div 0.4 \text{ m}$$

$$l_4 \geq 1.0 \text{ m}$$

Приети размери:

$$l_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$l_4 = 1.0 \text{ m}$$

$$L_{\text{фина реш.}} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 =$$

$$= 0.65 + 0.30 + 0.70 + 1.0 + 0.32 = 2.97 \approx 3 \text{ m}$$

Поставят се две механизирани решетки, една работна и една резервна.

Загуби при напор в решетката – h_p , m:

Напорната загуба, предизвикана от решетката като месно съпротивление, се определя по формулата:

$$h_p = k \times \xi \frac{V_g}{2g} = 0.086 \text{ m}$$

Където: k – коефициент, отчитащ нарастването на хидравличните загуби в резултат на задръстването на решетката с отпадъци;

$$k = 3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \text{ – земно ускорение}$$

ξ – коефициент на месно съпротивление

$$\xi = \beta (s/b)^{1.33} \sin \alpha = 0.83$$

$\beta = 2.42$ – коефициент отчитащ формата на прътите

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_g = \frac{Q_{max}}{B_p \times B_{max}} = \frac{0.58}{0.95 \times 0.9} = 0.68 \text{ m/s}$$

$h_p = 0.08 \text{ m}$ – приета стойност

1.8.1.3. Оразмеряване на аериран пясъкозадържател, (фиг. 4)

$$Q_{max}^h = 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

Приемаме:

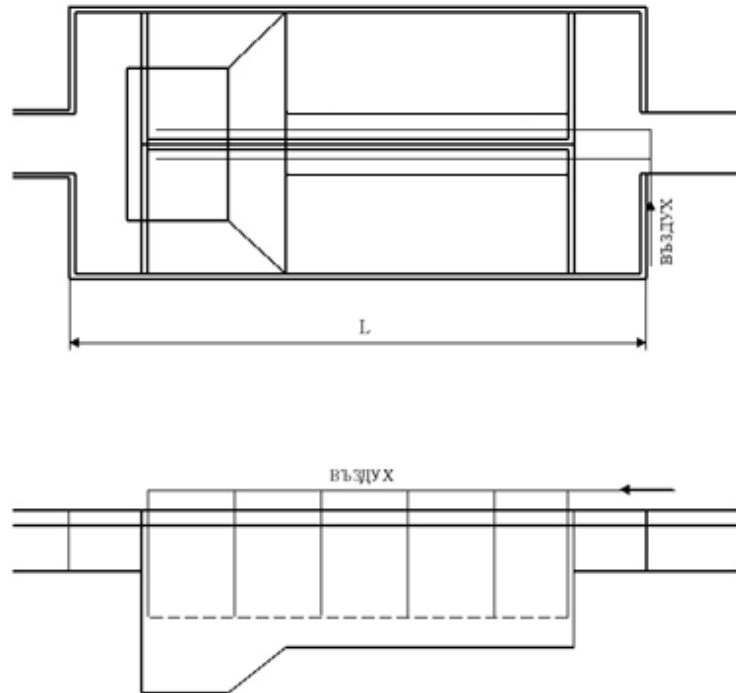
$v_h = 0.1 \text{ m/s}$ – скорост на движение на водата през съоръжението

$$v_h = 0.08 \div 0.12 \text{ m/s};$$

$d = 0.20 \text{ mm}$ – размерът на частиците на утаения пясък;

$$B = 1.2 \text{ H}$$

$$n = 2$$



Фиг.4. Оразмерителна схема на аериран пясъкозадържател.

Площ на напречното сечение – f_n , m^2 :

$$f_n = \frac{Q_{max}^h}{v_h \times n} = \frac{0.58}{0.1 \times 2} = 2.9 \text{ m}^2$$

$$f_n = B \times H$$

$$2.9 = 1.2H^2$$

$$H = 1.55 \text{ m} \approx 1.6 \text{ m} - \text{височина на единия канал}$$

$$B = 1.2 \text{ m} - \text{ширина на единия канал}$$

Дълбочина на водата в работната част – $h_1 = 0.25 \div 1 \text{ m}$:

$$h_1 = 1/2 H = 0.8 \text{ m}$$

Обща работна дължина на пясъкозадържателя – L , m :

$$L = \frac{k \times h_1 \times v_h}{u_0} = \frac{2.59 \times 0.8 \times 0.1}{0.0187} = 11.08 \text{ m}$$

Стандартизиране по L :

$L = 12 \text{ m}$ – работна дължина на работния канал

$a = B/H = 0.75$

За $d = 0.20 \text{ mm}$ вземаме $u_0 = 18.7 \text{ mm/s}$ или $u_0 = 0.0187 \text{ m/s}$

$u = 11.2 \text{ mm/s}$

k – коефициент, отчитащ турбулентността на водата

u_0 – скорост на утаяване на частиците в статични условия

$$k = - \frac{26.4 \times a \times u_0}{\lg(1 - 20 \times a \times u_0)} = - \frac{26.4 \times 0.75 \times 0.0187}{\lg(1 - 20 \times 0.75 \times 0.0187)} = 2.59$$

Време на престой на водата при максимален приток – t , s:

$$t = \frac{L}{v_h} = \frac{12}{0.1} = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$$

t е в границите от $1 \div 3 \text{ min}$

Обем на задържания пясък – V_n , m^3/d :

$$V_n = \frac{N \times p \times T}{1000} = \frac{61800 \times 0.04 \times 1}{1000} = 2.47 \text{ m}^3/\text{d}$$

Където: N – брой жители;

$T = 1 \text{ d}$ – период между две изваждания на пясъка: $T = 1 \div 2 \text{ d}$

p – обема на задържания пясъка на жител за денонощие при смесена канализационна система: $p = 0.04 \text{ m}^3/\text{cap.d}$.

Необходима площ на сечението на пясъка – F_n , m^2 :

$$F_n = \frac{V_n}{2L} = \frac{2.47}{2 \times 11.08} = 0.1115 \text{ m}^2$$

По канала, утаеният пясък ще се придвижва към камерите механизирано с мостов чистач.

Изваждането на пясъка от камерите ще става с пясъчни помпи.

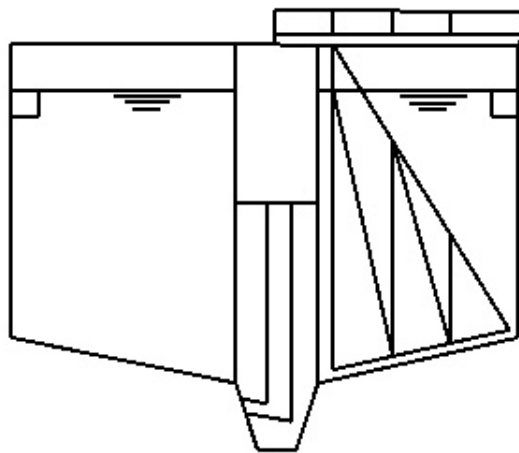
Количество на въздуха – определя се при интензивност на аериране $q_v = 4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ($q_v = 3\text{-}5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$):

$$Q_v = L \times B \times q_v = 11.08 \times 1.2 \times 4 = 105.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Водното количество ще постъпва странично на пясъкозадържателя.

1.8.2. Първично пречистване

1.8.2.1. Оразмеряване на първичен утаител. Първичен радиален утаител, (фиг. 5)



Фиг. 5. Оразмерителна схема на първичен радиален утаител.

I. Изчисляване на радиални утаители по хидравлично натоварване и времепрестой

$$Q_{\text{ОВ}} = 2093.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Общ работен обем – V_p :

$$V_p = Q_{\text{ОВ}} \times T$$

Където: $Q_{\text{ОВ}}$ – дебит на отпадъчните води, m^3/h ;

T – времепрестой на водата в утаителя, h ; приема се 1.5 h пред биобасейни.

$$V_p = 2093.46 \times 1.5 = 3140.19 \text{ m}^3 \text{ за } 1 \text{ бр.}$$

V за 2 броя = 6280.38 m^3

Необходима хоризонтална площ – F_y , m^2 :

$$F_y = \frac{Q_{OB}}{q_0}, m^2$$

Където: q_0 – повърхностно хидравлично натоварване, m^3/m^2h

$q_0 = 1.5 \div 3 m^3/m^2h$ – преди биобасейна и химично утаяване.

Приемаме: $q = 3$

$$F_y = \frac{2093.46}{3} = 697.82 m^2$$

Височина на работната част на съоръжението – h_1 , m :

$$h_1 = \frac{V_p}{F_y} = q_0 \times t, m$$

$$h_1 = \frac{3140.19}{697.82} = 4.5 m$$

Работен диаметър на утаителя – D_p , m :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 F_y}{\pi \times n}}, m$$

Където: n – брой на утаителите: $n \geq 2$; приемаме $n = 2$;

D_p – диаметър на утаителя, m ; приема се от 12 до 60 m .

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times 697.82}{3.14 \times 2}} = 17.2 m$$

Действително повърхностно хидравлично натоварване на радиалния утаител:

$$q_0 = \frac{Q_{max}}{\pi \times R^2 \times n}, m^3/m^2h$$

Приемаме: $D_p = 17 m$; $R = 8.5 m$ при $n = 3$

$$q_0 = \frac{2093.46}{3.14 \times 8.5^2 \times 3} = 3.07 \approx 3 m^3/m^2h$$

Действителното хидравлично натоварване е в границите.

II. Изчисляване на радиални утайтели чрез технологично моделиране

Методът на технологично моделиране се състои в определяне на коефициента на полезно действие (η) на утайтелите, който представлява отношението на ефекта на утаяване на отпадъчните води в утайтел в динамични условия и в състояние на покой при една и съща продължителност на утаяването и работната височина.

Коефициентът на полезно действие на утайтелите се представя със зависимостта:

$$\eta = a \times t^m$$

Където: a и m са коефициенти, които зависят от конструкциите на утайтелите; приема се при радиални утайтели с централно подаване – $a = 0.54$; $m = 0.56$
 t – времето на утаяване, h ; $t = 1.5 h$

$$\eta = 0.54 \times 1.5^{0.56} = 0.68$$

Ефектът на утаяване в радиалните утайтели може да се представи с уравнението:

$$E = \eta \times \frac{t}{\alpha + \beta \times t}$$

Където: α и β са коефициенти, зависещи от концентрациите, състава и природата на отпадъчните води.

$$\alpha = 0.147$$

$$\beta = 1 + \frac{22400}{C_0}$$

Където: C_0 – концентрацията на суспендираните вещества на входа на утайтеля, mg/m^3 .

$$C_0 = 198.5 \text{ mg/l}$$

$$\beta = 1 + \frac{22400}{198.5} = 113.85$$

$$E = 0.68 \times \frac{1.5}{0.147 \times 198.5 \times 1.5} = 34\%$$

Размерът и конструкцията на частта за утайките зависи от техния обем и от начина за придвижване и изваждане.

Утайките трябва да се изваждат през интервал не повече от два дена, за да не настъпи загниване.

Масата на утайките (сухо вещество) се определя по уравнението:

$$M_{\text{ут}} = \frac{C_0 \times E \times Q_{\text{ОВ}}}{100} = \frac{(C_0 - C_1) Q_{\text{ОВ}}}{100}, \text{ kg/d}$$

Където: C_0 – наличната концентрация на неразтворените примеси в отпадъчната вода на входа на първичния утайтел, kg/m^3 .

E – ефектът на утаяване в първичния утайтел, %.

$$M_{\text{ут}} = \frac{198.5 \times 34 \times 0.58}{100} = 39.14 \text{ kg/d}$$

Влажността на първичните утайки е $B = 95\%$ и обемът им е:

$$V_{\text{ут}} = \frac{M_{\text{ут}} \times 100}{(100 - B) \rho_{\text{ут}}}, \text{ m}^3/\text{d}$$

Където: $\rho_{\text{ут}}$ – плътността на утайките, kg/m^3 .

За практически цели се приема приблизително:

$$\rho_{\text{УТ}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{УТ}} = \frac{39.14 \times 100}{(100 - 95)1000} = 0.782 \text{ m}^3/d$$

Обемът на утайките се изчислява въз основа на обема за 1 жител.

Общият обем на утайките е:

$$V_{\text{УТ}} = N \times V_{\text{сар}}$$

Където: N – броя на жителите

Обемът на утайката, получена от един жител се определя по формулата:

$$V_{\text{сар}} = \frac{(a_{\text{Н}})_{\text{УТ}} \times 100}{(100 - B)_{\text{УТ}}}, \text{ dm}^3/\text{сар. d}$$

Където: $(a_{\text{Н}})_{\text{УТ}}$ – количеството на утайките неразтворени вещества, $\text{g}/\text{сар. d}$,

за битови отпадъчни води се приема $(a_{\text{Н}})_{\text{УТ}} = 40 \text{ g}/\text{сар. d}$

B – влажността на утайките, %; $B = 95\%$

$\rho_{\text{УТ}}$ – плътността на утайката, g/dm^3 (поради високото съдържание на вода в утайките плътността ѝ се приема практически равна на тази на водата).

$$V_{\text{сар}} = \frac{40 \times 100}{(100 - 95) 1000} = 0.8 \text{ dm}^3/\text{сар. d}$$

Обемът на камерите за утайките за 2 – 4h престой с наклон на коничната част $\geq 60^\circ$.

III. Изчисляване на радиални утайтели по кривите на утаяване

Производителността на радиалния утайтел се определя от уравнението:

$$Q_y = 2,8 \times k \times (D - d_1) \times (u_c - \omega)$$

Където: k – коефициент на използване на обема на утайтеля; приема се от таблица.

D – диаметърът на утаителя, m; избира се в зависимост от произвежданите калочистачи;

d_1 – диаметърът на входния тръбопровод на отпадъчната вода, m;

u_c – скоростта на утаяване на частиците в статични условия, mm/s; изчислява се по уравнението:

$$u_c = \frac{1000 \times k \times h_1}{t_s [(k \times h_1) : h_{ц}]^n}, \text{ mm/s}$$

Където: h_1 – работната височина на утаителя, m; приема се в зависимост от произвежданите калочистачи;

t_s - продължителността на утаяване, s; определя се експериментално от фигура.

n – коефициент, зависещ от свойствата на суспендираните вещества в отпадъчните води да агломирират; определя се експериментално или от таблица.

ω – вертикалната (турбулентна) скорост на движение на частиците, mm/s; приема се по таблица от Ръководство от техническо проектиране.

$$k = 0.45$$

$$u_c = 3.37 \text{ m/s}$$

$$\omega = 0 \text{ mm/s} - \text{от таблица}$$

$$Q_y = 2,8 \times 4,5 (18 - 10) \times (3,37 - 0) = 339,69 \approx 339,7$$

Хоризонталната скорост на движение на отпадъчната вода в работната част на радиалния утаител (в сечението на половината радиус) трябва да е в границата и се определя от уравнението:

$$V = \frac{Q^1_{OB} \times 10^3}{\pi \times R \times h_1}, \text{ mm/s}$$

Където: R – радиус на радиалния утаител, m;

$$V = \frac{0.58 \times 10^3}{3.14 \times 8.5 \times 4.5} = 0.48 \text{ mm/s}$$

Извод: Оразмеряване по три метода:

От трите метода за оразмеряване на първични радиални утайтели първият е най-добър. Той дава пълна характеристика на първичните утайтели като конструктивни размери, общ работен обем, площ, работна височина, диаметър на утайтеля.

Чрез вторият метод се определя коефициента на полезно действие η на утайтелите, чрез който се определя ефектът на утаяване. Този метод е необходим за технологичното моделиране на радиалните утайтели. Оразмеряването чрез този метод ни дава масата на утайките $M_{ут}$, обема на утайките $V_{ут}$.

Този метод допълва първият.

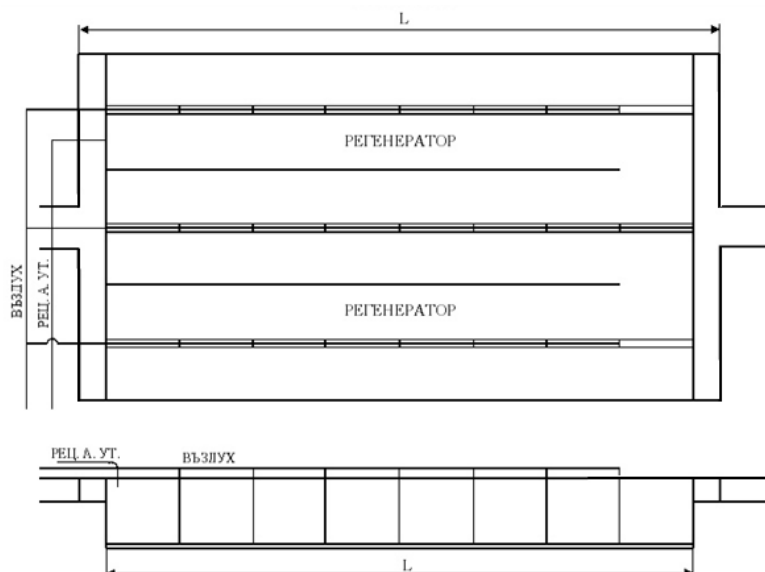
Чрез третия метод (по кривите на утаяване) се определя производителността на радиалните утайтели, скоростта на утаяване на частиците в статични условия. Необходимо е за инженерните изчисления да се изчисли тази скорост.

Вторият и третият метод са проверка на първия.

1.8.3. Биологично пречистване

1.8.3.1. Оразмеряване на биобасейн с регенератор и пневматична аерация, фиг. 6.

Вариантът за биобасейн с регенератор се основава на схващането за двустадния характер на процеса. Първата фаза обхваща сорбция на органичните вещества върху флокулите на активната утайка и началото на окислението на сорбираните вещества и възстановяването на сорбционната способност (регенерация) на утайката.



Фиг. 6. Оразмерителна схема на биобасейн с регенератор и пневматична аерация.

Времето на престой – t_a – (времето за пречистване) на аерационната смес - „отпадъчна вода (ОВ) и рециркулираща активна утайка (РАУ) в биобасейна е“:

$$t_a = \frac{2.5}{a^{0.5}} \lg \frac{L_a}{L_t}, h$$

Където: a – концентрацията на сухото вещество в активната утайка в биобасейна, g/dm^3 , приема се по технико – икономически съображения с отчитане работата на вторичните утайтели в границите по таблица;

$$a = 1.5 \div 3 g/dm^3;$$

$$a = 1.5 g/dm^3 \text{ – приета стойност;}$$

$$L_a = 255 mg/dm^3 \text{ – БПК}_5 \text{ на постъпващата в биобасейна смес;}$$

$$L_t = 15 mg/dm^3 \text{ – БПК}_5 \text{ на изход.}$$

$$t_a = \frac{2.5}{1.5^{0.5}} \lg \frac{255}{15} = 2.066 h$$

Тъй като средната годишна температура на ОВ е $14^\circ C$ се налага корекция:

$$t_T = t_a \times \frac{15}{T} = 2.137 h = t_a$$

Време за окисляване на замърсителите – t_o , h:

$$t_o = \frac{L_a - L_t}{n \times a_p (1 - S_m) R},$$

Където: a_p – концентрация на активната утайка в регенератора, g/dm^3 :

$$a_p = a \left(\frac{1}{n} + 1 \right)$$

$$a_p = 1.5 \left(\frac{1}{0.1765} + 1 \right) = 9.99 g/m^3$$

n – коефициент на рециркулация: $n = 0.1765$

S_m – минерална част на активната утайка: $S_m = 0.3$

R – средна скорост на окисление на замърсителите, mg БПК/g СВ h:

$$R = R_{max} \frac{L_t \times C_o}{L_t + C_o + K_1 + C_o + K_o \times L_t} \times \frac{1}{1 + a}$$

$R_{max} = 85$ mg БПК/g h – максимална скорост на окисляване

$C_o = 2$ mg O₂/dm³ – концентрация на разтворения в биобасейн кислород

$K_1 = 33$ mg БПК/dm³ – константа, характеризираща свойствата на органичните замърсители

$K_o = 0.625$ mg O₂/dm³ – константа, характеризираща влиянието на кислорода

$a = 0.07$ mg O₂/dm³ – коефициент на инхибиране (продукт от разпадането на АУ)

$$R = 85 \times \frac{25 \times 2}{15 + 2 + 33 \times 2 + 0.625 \times 25} \times \frac{1}{1 + 0.07} = 36.56 \text{ mgБПК/gСВh}$$

$$t_o = \frac{255 - 15}{0.1765 \times 9.99(1 - 0.3)36.56} = 5.09 \text{ h}$$

$$t_o = 5.09 > 2\text{h}$$

Време за регенерация на активната утайка – t_p , h:

$$t_p = t_o - t_a = 5.09 - 2.137 = 2.953 \text{ h}$$

Сумарно време за пречистване на отпадъчната вода и за регенерация на активната утайка – t_Σ , h:

$$\begin{aligned} t_\Sigma &= t_a(1 + n) + t_p \times n = \\ &= 2.137(1 + 0.1765) + 2.953 \times 0.1765 = 3.035 \text{ h} \end{aligned}$$

Средно време за пречистване на отпадъчната вода и за регенерация на активната утайка – t_{cp} , h:

$$t_{cp} = \frac{L_a - L_t}{a_{cp}(1 - S_m)R} = \frac{255 - 15}{2.96 \times (1 - 0.3) \times 36.56} = 3.035 \text{ h}$$

Проверка: $t_{cp} = t_{\Sigma}$

Средна концентрация на активната утайка – a_{cp} , g/dm³:

$$a_{cp} = \frac{a \times V_{BB} + a_p \times V_p}{V} =$$

$$= \frac{1.5 \times 5263.33 + 9.99 \times 1091.12}{6354.45} = 2.9578$$

V – сума от обемите на ББ и регенератора: $V = V_{BB} + V_p$

Обем на биобасейна – V_{BB} , m³:

$$Q_{max} = 2093.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{BB} = t_a(n + 1)Q_{max} =$$

$$= 2.137(0.1765 + 1)2093.46 = 5263.33 \text{ m}^3$$

Обем на регенератора – V_p , m³:

$$V_p = n \times t_p \times Q_{max} = 0.1765 \times 2.953 \times 2093.46 = 1091.12 \text{ m}^3$$

Общ обем – V_o , m³:

$$V_o = V_{BB} + V_p = 5263.33 + 1091.12 = 6354.45 \text{ m}^3$$

Обем на регенерация в % от общия обем:

$$\frac{V_p}{V_o} = \frac{1091.12}{6354.45} = 0.1717 \% \text{ от общия обем}$$

Избират се две секции с по три коридора всяка секция.

Размери на биобасейна:

- $N_c = 2$ - брой на секции най-малко 2	$N_c = 2$
- $N_k = 2 \div 4$ - брой на коридорите	$N_k = 3$
- $B = 4; 5; 6; 8; 9$ m - ширина на 1 коридор	$B = 4.5$ m
- $H = 3.2; 4.4; 5$ m - дълбочина на 1 коридор	$H = 3.2$ m
- $F = B \times H$ - площ на сечението	$F = 14.4$ m ²
- $L_o = \frac{V_o}{F}$ - обща дължина на басейна	$L_o = 441.28$ m
- $L_k = \frac{L_o}{N_k \times N_c}$ - дължина на 1 коридор	$L_k = 73.54$ m
- $V_c = \frac{V_o}{N_c}$ - обем на 1 секция	$V_c = 3177.22$ m ³
- $L_c = \frac{V_c}{N_k \times B \times H}$ - дължина на 1 секция	$L_c = 73.55$ m

Определяне на специфичния разход на въздух – D, m³/m³:

$$D = \frac{z(L_a - L_t)}{k_1 \times k_2 \times n_1 \times n_2 (C_p - C_s)}$$

z – специфичен разход на въздух за окисление, mgO₂/mg орг. в-во

- за пълно пречистване $z = 1.1$

- за непълно пречистване $z = 0.9$

Определяне броя на плочите – n – за аерация:

$$n = \frac{1.5L_o}{0.3} = 2206.4 \text{ бр.}$$

Площ на биобасейна:

$$F_{\text{ББ}} = L_o \times B = \\ = 441,28 \times 4,5 = 1985,76 \text{ m}^2$$

Обща площ на филтруваните площи:

$$f_{\text{ф.п.}} = n \times 0,3 \times 0,3 = 198,576 \text{ m}^2 \\ F = \frac{f_{\text{ф.п.}}}{F_{\text{ББ}}} = \frac{198,576}{1985,76} = 0,1$$

ДАННИ:

$$F = 0,1$$

$$z = 1,1 \text{ mg/mg}$$

$$k_1 = 1,47$$

$$k_2 = 2,08 - \text{при } H = 3,2 \text{ m} \equiv h_a$$

$$n = 2206 \text{ бр.}$$

$$n_1 = 0,956$$

$$n_2 = 0,60$$

$$I_{\text{max}} = 10 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$$

$$I_{\text{min}} = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$$

$$C_m = 10,282 \text{ при } H = 3,2 \text{ m}$$

$t_{\text{CP}} = 17,8^\circ\text{C}$ – средна месечна лятна температура на ОВ

$$n_1 = 1 + 0,02(t_{\text{CP}} - 20) = 0,956$$

$C_s = 2 \text{ mg/dm}^3$ – средна концентрация на кислорода в биобасейна

Разтворимост на кислорода в зависимост от потапянето на аераторите:

$$C_p = \frac{10,3 + 0,5 \times h_a}{10,3} C = 11,879 \text{ mg/dm}^3$$

$$D = \frac{1,1(255 - 15)}{1,47 \times 2,08 \times 0,956 \times 0,6(11,879 - 2)} = 14,603 \text{ m}^3\text{В} - \text{x/m}^3\text{ОВ}$$

Интензивност на аерация – I_a , m^3/m^3h :

$$I_a = \frac{D \times H}{t_a}$$

$$I_a = \frac{14,6 \times 3,2}{5,09} = 9,178 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$$

$$I_{\min} = 4 < I_a = 9.17 < I_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$$

Дебит на въздуха, който се въвежда в биобасейна - $Q_{в-х}$, m^3/d :

$$Q_{в-х} = D \times Q_{max} = 14,6 \times 2093,46 = 30564,52 \text{ m}^3/d$$

Количество въздух от една плоча – $q_{ф.п.}$:

$$q_{ф.п.} = \frac{Q_{в-х}}{n \times 60} = 0.2308 \text{ m}^3/\text{min}$$

Денонощна маса на утайката – M , m^3/d :

$$M_{изл.} = \frac{\text{Пр} \times Q^{пр}_{ср.д}}{10^6}, \text{ m}^3/d$$

- прираст на утайката (излишна утайка) при влажност 99.2%

$$\text{Пр} = 0.8 \times C + 0.3 \times La, \text{ mg/dm}^3.$$

$C = 198.5 \text{ mg/l}$ – концентрация на неразтворените суспендирани вещества

$$La = 255 \text{ mg/dm}^3$$

$$\text{Пр} = 0.8 \times 198.5 + 0.3 \times 255 = 235.3 \text{ mg/dm}^3$$

$$M_{изл.} = \frac{235,3 \times 2093,46}{10^6} = 0,49 \text{ t/d}$$

- обем на излишната утайка при влажност 99,2%

$$V_{\text{изл.}} = \frac{M_{\text{изл.}} \times 100}{(100 - W) \times 1} = 61,25 \text{ m}^3/d$$

Денонощна маса на:

- постъпващото органично замърсяване:

$$L_a = Q^{\text{пр}}_{\text{ср.д}} \times L_a = 0,53 \text{ тБПК/д}$$

- снижено органично замърсяване:

$$L_{\text{сн}} = L_{a_{\text{общо}}} \times L_a = 255 \times 0,53 = 135,15 \text{ тБПК/д}$$

$$L_a = \frac{L_{a_{\text{общо}}} - L_t}{L_{a_{\text{общо}}}} = 90,19 \approx 90,2 \%$$

Обемно натоварване – R_v , тБПК/ $\text{m}^3\text{д}$:

$$R_v = \frac{l_a}{V} \times 100 = 0.0142 \text{ тБПК/м}^3 \text{ д}$$

Натоварване на активната утайка – R_y :

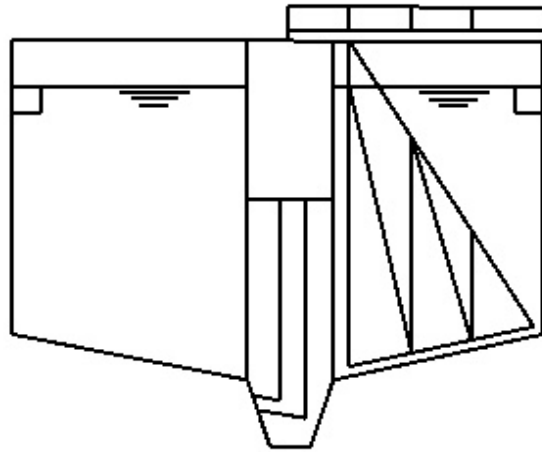
$$R_y = \frac{R_v}{a_{\text{ср}}} = 0.0048$$

Възраст на активната утайка – T_y , д :

$$T_y = \frac{V \times a_{\text{ср}}}{M_{\text{изл.}} \times 1000} = 38.39 \text{ д}$$

1. Оразмеряване на вторичен радиален утаител, фиг.7.

Вторичните утайтели имат малка конструктивна разлика от първичните – вторичните радиални утайтели имат по-малък наклон на дъното и често пъти вместо утайкочистачи се използват помпи за утайката.



Фиг.7.Оразмерителна схема на вторичен радиален утайтел.

1.8.3.2. Изчисляване на вторичен утайтел

I. Изчисляване на радиални утайтели по хидравличното натоварване и времепрестой

$$Q_{max} = 2093.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Общ работен обем – V_p , m^3 :

$$V_p = Q_{max} \times T$$

Където: Q_{max} – дебит на отпадъчните води, m^3/h ;

T – времепрестой на водата в утайтеля, h; приема се 1.5 h.

$$V_p = 2093.46 \times 1.5 = 3140.19 \text{ m}^3 \text{ за 1 брой}$$

$$V \text{ за 2 броя} = 6280.38 \text{ m}^3$$

Необходима хоризонтална площ – F_y , m^2 :

$$F_y = \frac{Q_{max}}{q_0}, \text{ m}^2$$

Където: q_0 – хидравлично натоварване, m^3/m^2h

$$q_0 = 1.2 - 1.6 m^3/m^2h \text{ след биобасейна}$$

$$q_0 = 1.2 m^3/m^2h \text{ – приета стойност}$$

$$F_y = 1744.55 m^2$$

Работна височина – h_1 , m:

Приема се от 1.5 до 5.0 m.

$$h_1 = \frac{V_{p.ч.}}{F_y} = q_0 \times t = \frac{3140.19}{1744.55} = 1.8 m$$

Диаметър на утаител – D , m:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F_y}{\pi \times n}}, m$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1744.55}{3.14 \times 5}} = 27.21 m$$

Където: n – брой на утаителите, приема се $n \geq 2$

D – от 12 до 60 m

$$D = 27 m; \quad R = 13.5 m \quad \text{при } n = 3$$

Приемаме $D = 27$ и $R = 13.5 m$

Проверяваме дали действителното хидравлично натоварване е в границите.

$$q_0 = \frac{Q_{OB}}{\pi \times R^2 \times N} = \frac{2093.46}{3.14 \times 13.52^2 \times 3} = 1.21 m^3/m^2h$$

q_0 е в границите.

II. Изчисляване на вторичните утаители по допустимото изнасяне на суспендирани вещества (активна утайка).

Концентрацията на изнесената активна утайка след вторичните утаители се изчислява по следното уравнение:

$$C_1 = \frac{C_0}{Lt^{-1.04} \sqrt{C_0 \times T + 1}}$$

Където: C_1 – концентрацията на суспендираните вещества (активната утайка) в пречистената отпадъчна вода след вторичните утаители, g/m^3 ;

C_0 – концентрацията на активната утайка в биологичната смес след биобасейна, след 5 – 6 min утаяване, g/m^3 ; приема се 150 mg/dm^3 при пълно пречистване и 200 mg/m^3 при непълно пречистване;

T – времепрестой (утаяване), min ;

Lt – БПК на пречистената отпадъчна вода с активната утайка, g/m^3 .

$$C_1 = \frac{150}{25^{-1.04} \sqrt{150 \times 1.5 + 1}} = 0.35 \text{ mg/l}$$

Извод: Оразмеряване по два метода:

Изчисляването на вторичните радиални утаители по хидравлично натоварване и времепрестой е по-обобщен и по-добър метод от втория (по допустимото изнасяне на суспендирани вещества). Чрез него изчисляваме общият работен обем на утаителите, необходимата площ, работната височина, диаметъра. В метода е включена и проверка на хидравличното натоварване дали е в граници.

Вторият метод допълва първият като прави инженерните изчисления по-пълни. Чрез него се изчислява концентрацията на изнесената активна утайка след вторичните утаители.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пречистването на отпадъчни води е част от общото поле на здравеопазването и опазването на околната среда. То включва също управление на битовите отпадъци и твърдите отпадъци, както и управление на дъждовните води (отводняване). Основният страничен продукт от пречиствателните станции е утайка от отпадъчни води, която обикновено се пречиства в същата или друга пречиствателна станция. Биогазът може да бъде друг страничен продукт, когато се използват анаеробни процеси на пречистване. Използването на пречиствателни станции е от огромно значение за възстановяване на природните ресурси, за опазване на околната среда и екологичното равновесие, особено в гъсто населени райони или крупни промишлени предприятия.

Пречистването на отпадъчните води е процес на премахване на замърсяващи вещества, химикали и бактерии, които са опасни за хората, от канализацията чрез физични, химични и биологични процеси. Т.е. използването на различни технологии, включително механична филтрация, аеробна биологична терапия, анаеробно биологично третиране за пречистване на отходни води и накрая превръщането им в пречистени отпадъчни води, които могат да бъдат използвани повторно, най-вече в селското стопанство или в реките, без да причинят замърсяване.

Пречистването на отпадъчни води се извършва чрез пречиствателна станция за отпадъчни води или басейн за окисление, отделен от промишлените отпадъчни води. Процесът третиране на отпадни води варира от обикновени резервоари, служещи единствено за утаяване и прецеждане, до сложните процеси за усъвършенствано биологическо третиране, които са известни днес.

Пречистването на промишлени отпадъчни води е сложен процес, който включва широк спектър от различни технологии, адаптирани към вида замърсители.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Силвия Лаврова, Богдана Куманова, ПРЕЧИСТВАНЕ НА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ, Ръководство за семинарни упражнения, ХТМУ, 2017, ISBN 978-954-465-092-6.
2. Р. Арсов, Д. Драганов, И. Костова, М. Колева-Симеонова, Проектиране на пречиствателни станции за отпадъчни води, Техника, 2017.
3. Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems, 2004, EPA 832-R-04-001.
4. J. Drinan, F. Spellman, Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional, CRC Press, 2013, Taylor & Francis Group, ISBN: 978-1-4398-5400-6.
5. F. Spellman, Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014, ISBN: 978-1-4665-5338-5.
6. Marcos von Sperling, Basic principles of wastewater treatment, vol.2, IWA Publishing, London UK, 2007.
7. <https://nauka.bg/prechistvane-otpadachnite-vodi/>.
8. https://uad.bg/files/custom_files/files/documents/New%20knowledge/year2_n2/paper_chervenкова_y2n2.pdf.
9. <https://www.ecology-and-infrastructure.bg/bg/prechistvane-na-promishleni-otpadni-vodi/2/72/>.
10. <https://www.vik-ruse.com/ekologia/prechistvatelni-stancii-za-otpadachni-vodi>.