

$$\alpha = \frac{Q_M}{F(t_c - t_{нов})\tau}, \text{ кВт/м}^2\text{град}, \quad (6)$$

де: F – площа теплообміну, м²; τ – тривалість нагрівання, °С; $t_c - t_{нов}$ – різниця температур між середовищем і поверхнею матеріалу, °С.

Безрозмірна температура (θ) – це є безрозмірний комплекс величин

$$\theta = \frac{t_c - t_x}{t_c - t_0} \quad (7)$$

де t_c – температура середовища, °С; t_0 – початкова температура деревини °С; t_x – температура деревини на відстані (x) від поверхні матеріалу, °С.

Таким чином, будуть знайдені всі величини, що входять в критеріальний розв'язок диференційного рівняння Фур'є (1), тобто функцію

$$\frac{t_c - t_x}{t_c - t_0} = f\left(\frac{X}{R}, Bi, Fo\right), \quad (8)$$

де X/R – координата точки виміру температури (t_x).

Динаміку зміни температури середовища в сушарці можна визначити шляхом розв'язку такого диференційного рівняння:

$$T \frac{d\theta_{(t)}}{dt} + \theta_{(t)} = K_{II} \theta_p (\tau - \tau_0), \quad (9)$$

де: $\frac{d\theta_{(t)}}{dt}$ – зміна температури агента сушіння в камері за час (dt), °С/хв; τ_0 – інерційність сушарки (транспортне запізнення), хв; θ_p – величина зміни температури (збурення) в сушарці, °С; K_{II} – коефіцієнт передачі або реакція сушарки на відповідне збурення.

Якщо відомими є складові рівняння (9), які можна знайти тільки експериментальним шляхом, то розв'язок рівняння (9) можна представити в такому вигляді:

$$\theta_{(t)} = K_{II} \theta_p (\tau - \tau_0) \left[1 - e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} \right]. \quad (10)$$

Однак апроксимація експериментальних даних за залежністю не дає точного опису характеру динаміки нагрівання сушильної камери і матеріалу. Тому за результатами пошукових дослідів, доцільно запропонувати іншу математичну модель, що точніше характеризує температурний стан сушильної камери та матеріалу, що є в ній на даний момент часу – τ

$$\theta_{\tau} = t_0 + \frac{at^n}{e^{m\tau}}, \quad (11)$$

де: t_0 – початкова температура (перед нагріванням) камери або матеріалу °С (коли $t_0 > 0^\circ\text{C}$); a, m – коефіцієнти рівняння; N – показники степеня.

Висновок. Таким чином, отриману математичну модель (11) можна використовувати як розрахункову для опису зміни температури, як сушильної камери, так і деревини під час її початкового нагрівання перед сушінням.

Література

- Білей П.В. Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини : монографія / П.В. Білей. – Коломия : Вид-во "Вік", 2005. – 364 с.
- Білей П.В. Сушіння та захист деревини : підручник / П.В. Білей, В.М. Павлюст. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2008. – 342 с.
- Білей П.В. Тепломасообмінні процеси деревообробки : підручник / П.В. Білей, І.В. Петришак, І.А. Соколовський, Л.Я. Сорока. – Львів : Вид-во ЗУКЦ, 2013. – 376 с.
- Білей П.В. Теорія теплової обробки деревини / П.В. Білей, С.П. Кунинець, І.А. Соколовський, Л.Я. Сорока, В.Д. Синітович. – Львів : Вид-во ЗУКЦ, 2012. – 200 с.
- Вінтонів І.С. Деревинознавство / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів : Вид-во "Апріорі", 2007. – 312 с.

Комбаров А.М. Методика исследования динамики изменения температуры древесины при нагреве

Дана характеристика различным способам нагревания древесины (конвективного, кондуктивного, радиационного и электрического) с учетом энергозатрат. Приведено обоснование выбора породы древесины для экспериментальных исследований процесса нагрева. Конвективное нагревание характеризуется переменным температурным полем в древесине и описывается дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье. Для составления методики исследования процесса нагрева нужно экспериментальным или расчетным путем определить все величины, которые есть в решении (в критериальной форме) уравнения Фурье. Для описания динамики изменения температуры древесины в процессе нагревания выведена математическая модель, которая достаточно точно аппроксимирует результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: древесина, нагревание, теплопроводность, температуропроводность, влажность, плотность, удельная теплоемкость, математическая модель, динамика изменения температуры.

Kombarov A.M. The Method of Studying the Dynamics of Temperature Change of Wood Heating

Different ways of wood heating such as convection, conduction, radiation, and electrical concerning power inputs are characterised. The choice of the wood species for experimental studies of the heating process is substantiated. Convective heating is characterized by variable temperature field in wood and is described by the differential Fourier equation of thermal conductivity. To compile research methodology of heating process it is necessary to make experiment or calculation to determine all the quantities that there are in solution in the form of the Fourier equation criterion. To describe the dynamics of temperature change during the heating of wood a mathematical model that accurately approximates the results of experimental studies is derived.

Key words: wood, heat, thermal conductivity, heat capacity, moisture content, density, specific heat, mathematical model, temperature changes.

УДК 628.2 Доц. О.С. Мачуга, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА ОЧИЩЕННЯ ВІДСТІЙНИКІВ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД ВІД ЗАТВЕРДІЛОГО САПРОПЕЛЮ

Сталий розвиток нерозривно пов'язаний з умінням ефективно очищати стічні води з відходів побуту та виробництва, а також утилізувати такі відходи. Економне відновлення експлуатованих каналізаційних очисних споруд потребує зокрема очищення та ремонту первинних відстійників, заповнених затверділим сапропелем. Для реалізації такого завдання проаналізовано низку підходів. Запропоновано та апробовано методику очищення відстійників за умови використання нескладного помпового обладнання вітчизняного виробництва, яка базується на розмиванні затверділих мас фекальними водами з верхньої частини відстійника та випуску такої суміші на мулові майданчики.

Ключові слова: відстійники очисних споруд, затверділий сапропель, методика очищення.

Вступ. В умовах посилення уваги суспільства до вивчення причин погіршення екологічного стану довкілля актуальним є аналіз ефективної утилізації відходів процесів життєдіяльності людини. Актуальним є завдання очищення стічних побутових та промислових каналізаційних вод, утилізації згущеного осаду (сапропелю) та повернення очищеної води у природні водойми [1].

Значну частину каналізаційних очисних споруд (КОС) у Передкарпатті було збудовано в 50-60 роках ХХ ст., нині вони морально та фізично застаріли. Криза 90-х років ХХ ст. та відсутність фахівців призвели до виходу з ладу частини їх обладнання та устаткування. Актуальним є питання реконструкції наявних споруд або влаштування нових.

Сучасні КОС є складним інженерним комплексом гідравлічних мереж, помпового обладнання, фільтруючих ємностей та незаражуючого устаткування. Наявні в Україні каналізаційні очисні споруди збудовано за класичною технологією очищення – багатокрокове фільтрування у первинних та вторинних відстійниках, гравійних аерофільтрах, контактних ставках у поєднанні із незараженням під час електролізу та хлорування. Ці споруди ефективно працювали вже понад 50 років і за умови їх правильної експлуатації могли б використовуватись і надалі. Закордонні тенденції очищення стічних вод передбачають використання обладнання, що базується на комп'ютерному дозуванні стабілізуючих додатків до стічних вод, та супутниковому контролю якості води, яка випускається у природні водойми.

Проектом реконструкції 2003-2004 рр. каналізаційних очисних споруд м. Моршина планувалось відновлення наявних будівель і споруд, а також будівництво нової споруди повної біологічної очистки (СПБО) з імпортним обладнанням, презентованим підприємством "Промтехвод". На жаль, реконструкція цих КОС у 2004-2008 рр. відбулась у неповному обсязі. За цей час споруди, які раніше потребували косметичного ремонту, потребують капітального ремонту із заміною обладнання, а споруди, які раніше потребували капітального ремонту, – повної заміни.

Під час коригування проекту виникла проблема з імпортним обладнанням для СПБО. Як виявилось, станом на 2009 р. його вартість у декілька разів перевищувала вартість, передбачену проектом 2003 р. Питання сервісного обслуговування, терміну експлуатації комп'ютерного обладнання та постачальника хімічних нейтралізаторів на наступні 10-20 років було відкритим, що могло б через невеликий проміжок часу призвести до закупівлі нового обладнання біологічної очистки КОС. Коригований проект реконструкції КОС передбачав повернення до класичного методу очищення стічних вод із використанням методу дрібнобульбашкової аерації та відповідного перепрофілювання СПБО, що забезпечувало б довготривале пасивне біологічне очищення стоків.

Наступна проблема, що виникла під час коригування проекту реконструкції, пов'язана з тим, що протягом десятиліть із первинних відстійників не викачували осажені мул у мулові майданчики. Це призвело до утворення в об'ємі відстійників шару згущених, практично затверділих фекалій (сапропелю)

висотою до 7 м від дна споруди. Прийняття принципового рішення щодо проектування нових відстійників чи реконструкції наявних можливе було тільки після очищення відстійників від згущеного сапропелю та аналізу залишкової міцності армобетонних стінок і днища ємностей. Вартість нових відстійників із надземними та підземними мережами оцінювали фахівці ТзОВ "Композит" у 4,5-6,0 млн грн (у цінах 2009 р.); обґрунтована методика очищення ємностей первинних відстійників від затверділого залишку тоді ж була невідома.

Постановка проблеми. Основний виклад. У розглядуваних КОС вісім первинних відстійників з'єднані між собою відкритими наземними лотками та підземними мулопроводами, сполученими з муловими майданчиками. Первинні відстійники – армобетонні циліндри з конусним днищем (рис. 1). В середині відстійника влаштовано металевий трубопровід із забірником, сифонним випуском мулу та запірним вентилям.

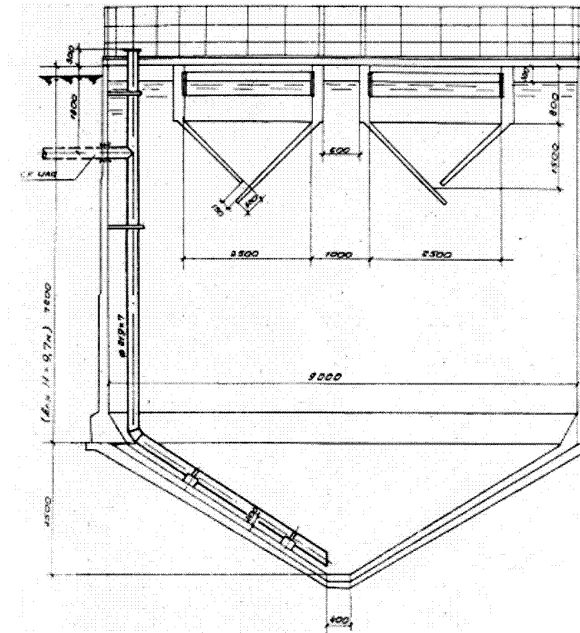


Рис. 1. Загальний вигляд первинного відстійника КОС

Функціонування відстійника полягає у сповільненні потоку каналізаційних вод, попередньо очищеного від твердих частинок у пісколовках, та осадженні на донну частину частинок фекальних мас. Раз на якийсь час потрібно відкривати запірний вентиль і тоді неосвітлена фракція фекальних вод – сапропель – витісняється через сифонний трубопровід на мулові майданчики. На час спостереження, у серпні 2009 р., затверділий залишок фекалій у п'яти відстійниках із восьми сягав до 7 м від конусного дна у висоту, тобто об'єм згущених та затверділих фекальних мас перевищував 220 м³ у кожному з відстійників. Мулопровід був також заповнений згущеними фекаліями на відповідну висоту. В інших трьох відстійниках глибина затверділого осаду не визначалась.

Для очищення відстійників розглянуто наступні підходи:

1. Вибірання згуслого сапропелю мініекскаватором із вузьким ковшем, що міг би пройти між лотками відстійника. Спосіб не було реалізовано, оскільки для виїзду екскаватора та вантажівок на верхню відзначку відстійника (9 м) потрібно було збудувати спеціальну під'їзну дорогу, а рух техніки між відстійниками був неможливий через наявність мережі надземних лотків та ймовірність пошкодження стінок відстійників.
2. Вибір ґрунту вручну було відхилено внаслідок значних обсягів трудовитрат підвищеної небезпеки – робітники мали б знаходитись всередині відстійників на підвісних площадках в ізолюючих протигасах.
3. Імпортна спецтехніка прочищення каналізаційних мереж з робочим напором 400-500 м не застосовувалась.
4. Застосування мініземснаряда, зокрема фірми Somic, відхилено через високу вартість експлуатації та транспортування такого механізму.
5. Для виконання робіт прийнято таке рішення: розмивати напірним потоком води затвердлий осадок з подальшим викачуванням розмитих мас у вторинні відстійники або інші ємності. Устаткування, прийнятне для такої роботи, передбачалося використовувати вітчизняне за умови використання принципу роботи земснаряду.

Практична реалізація. Доступ до внутрішнього об'єму відстійника утруднено через наявні лотки (рис. 2 а), тому для виконання робіт із помповим обладнанням застосовувалось необхідне підймальне устаткування. Насамперед помпою П з подачею 100 м³/год та напором 25 м було викачано верхній шар води з відстійника до вивільнення поверхні загуслої маси сапропелю С. Відкачувана вода скидалась у лоток Л (рис. 2 б). Далі неочищеною водою із сусіднього лотка за допомогою консольної помпи К із брендспойтом на кінці шланга сапропелева маса розмивалась до консистенції, що допускала викачування її помпою П (рис. 2 в).

Цей спосіб виявився малоєфективним, оскільки він потребував такої подачі води помпою К, щоб глибинна помпа П під час її роботи для уникнення перегрівання перебувала у постійно формованій оператором затопленій конусній частині розмитого сапропелю. Води для таких маніпуляцій було зазвичай недостатньо, що спричиняло паузи в роботі. Крім цього, загуслі фекальні маси виявились наповнені рештками полімерних пакувальних матеріалів, що потрапляли в стічні води та проходили крізь пошкодження вхідної решітки КОС. Ці нерозчинні рештки постійно забивали вхідну сітку глибинної помпи П, що спричиняло часті технологічні зупинки процесу. Влаштування сіткового боксу для відділення полімерних решток від фекальних мас не привело до кардинальних змін, оскільки такий імпровізований очищувач теж постійно забивався (рис. 2 г).

Для зміни обставин роботи, з метою формування стабільного конусного заглиблення у розмитій сапропелевій масі, залучався автомобіль МНС м. Морщина з насосною установкою напором 70 м. Чиста річкова вода через сифонний злив, вільний кінець якого було герметизовано, подавалась в донну частину відстійника (рис. 2 д). Хоча конусна частина заглиблення не сформувалась, виявилось, що сифонний трубопровід працездатний та може забезпечити злив розмитої маси на мулові майданчики, де вода дренує в землю, а згуслий сапропель може утилізуватись згідно з технологією очищення.

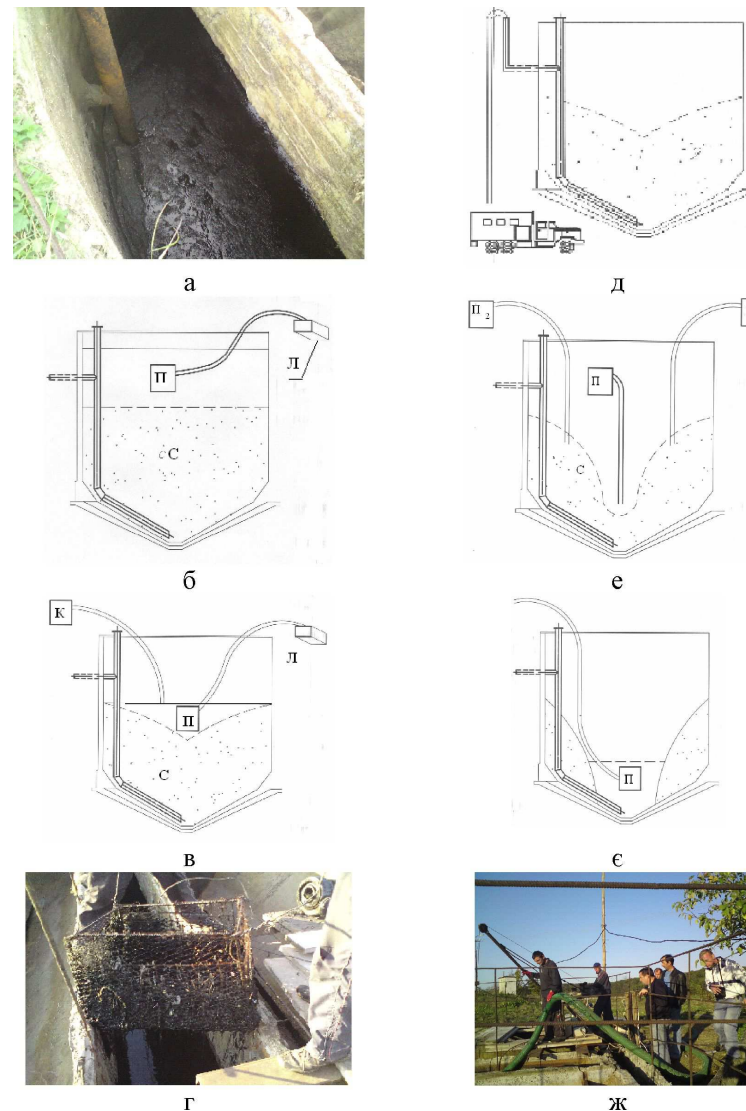


Рис. 2. Етапи очищення відстійника: а – світлина поверхні згуслого сапропелю, б, в – схеми викачування верхнього шару води та розмитої сапропелевої маси, г – світлина із забрудненнями, д – схема роботи автомобіля МНС, е – схема пропонуваної методики, ф – завершення процесу, ж – навчальний семінар

Для забезпечення такої методики очищення було запропоновано використання (рис. 2 е) глибинної помпи П, яка виконувала забір води з верхньої частини відстійника та подавала цю воду в глибинну частину резервуара для розмиття сапропелю з утворенням конусного заглиблення аж до кінцевика сифонного трубопроводу. Розмиті маси самопливом витікали через сифонний трубопровід від-

повідно до технологічної схеми КОС, а забруднення помпи П було мінімальним. Поповнення кількості води в очищувальному відстійнику відбувалось за допомогою іншого наявного помпового обладнання – двох консольних pomp К, глибинної помпи П₂, які додатково розмивали затвердлий мул. Для розрихлення мулу та початкового розблокування сифонного трубопроводу використовувалась компресорна установка високої продуктивності, яка подавала стиснене повітря пневмолінією безпосередньо в масу затвердлених нечистот (на схемі не зображено). Повне очищення відстійника відбувалось шляхом викачування залишку (рис. 2 є) та вигрібання вручну налиплиго на стінки і дно сапропелю.

Виконання робіт з очищення відстійника розглянуто під час постійно діючого навчального семінару для працівників ТзОВ "Композит" та суміжних підприємств (рис. 2 ж).

Висновки. Запропоновано, апробовано та реалізовано на КОС м. Моршин методику очищення первинних відстійників від затвердлених фекалій – сапропелю, етапи якої типізуються. Виконується прочищення сифонних трубопроводів високонапірним помповим обладнанням. Глибиною помпою великої витрати відбувається забір води з верхніх шарів відстійника та подається гідролінією у донну частину відстійника. Розмиті сапропелеві маси самопливом витікають у мулові майданчики. Поповнення води у відстійнику відбувається шляхом її подачі із сусідніх відстійників наявним помповим обладнанням. Додаткове розрихлення затвердлого сапропелю забезпечується подачею стисненого повітря.

Література

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А.К. Запольський. – К. : Вид-во "Вища шк.", 2005. – 671 с.

Мачуга О.С. Методика очистки отстойников канализационных очистительных сооружений от отверделого сапропеля

Устойчивое развитие неразрывно связано с умением эффективно очищать сточные воды от бытовых и производственных отходов, а также утилизировать такие отходы. Экономное восстановление эксплуатируемых канализационных очистительных сооружений требует в частности очистки и ремонта первичных отстойников, заполненных отверделым сапропелем. Для реализации такой задачи проанализирован ряд подходов. Предложена и апробирована методика очистки отстойников с использованием сложного насосного оборудования отечественного производства, базирующаяся на размывании отверделых масс фекальными водами из верхней части отстойника с выпуском такой смеси на иловые площадки.

Ключевые слова: отстойники очистительных сооружений, отверделый сапропель, методика очистки.

Machuga O.S. Cleaning Method for the Wastewater Treatment Plant Cesspools from the Hardened Sapropel

Sustainable development is closely connected with the ability to effectively clean the wastewater from the waste of livelihoods and technology, and to dispose of such waste. Budget restore operated wastewater treatment facilities required cleaning up and repairing the primary sedimentation tanks filled by hardened sapropel. A number of approaches for the implementing this task is analysed. Cesspool cleaning method by usage simple domestic production pumping equipment was proposed and tested. The method is based on solidified mass dilution by the fecal waters from the top of the tank and pouring that mixture on the slime sites.

Key words: wastewater treatment plant cesspools, hardened sapropel, methods of cleaning, sedimentation.

УДК 662.818 Асист. І.Р. Шепелюк; доц. О.О. Шепелюк, канд. техн. наук; ст. викл. Р.Й. Салдан, канд. техн. наук; асист. П.В. Лютий, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ СКОПУ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

У сучасних умовах сталого розвитку держави рециркуляція відходів є одним із найперспективніших напрямків виготовлення різних композиційних матеріалів. Зазначено можливі напрями використання скопу як основної сировини, наповнювача, вигоряючої добавки та в'язучого у виробництві будівельних матеріалів і деревинних композитів. Рациональне використання скопу забезпечить зменшення кількості відходів, що призведе до зниження шкідливого впливу на довкілля, сприятиме здешевленню готової продукції та дасть змогу отримати екологічно чисті матеріали.

Ключові слова: скоп, целюлозно-паперова промисловість, відходи, наповнювач, біокомпозиція.

Постановка наукової проблеми. Більшість відходів целюлозно-паперової промисловості тепер вивозиться на сміттєзвалища. Відсутність ефективних виробництв і технологій, здатних переробляти вторинну сировину, є головними причинами, що склалися з використання відходів целюлозно-паперових комбінатів. Крім цього, вивезення на сміттєзвалища відходів щорічно дорого обходиться державі, а також значно погіршується екологічна ситуація навколишнього середовища країни. Використання відходів целюлозно-паперової промисловості дасть змогу значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, а також їх використання як вторинної сировини дасть змогу зекономити первинну сировину і матеріали.

Виклад основного матеріалу. Під час очищення оборотної води на локальних очисних спорудах виробництва паперу та картону утворюється значна кількість вологого осаду – скопу. Його обсяги зростають у разі використання макулатури, особливо макулатури низької якості, як складової паперової композиції. Кількість відходів у такому випадку може становити до 20 % від маси вихідної сировини [1]. Скоп складається з таких компонентів: целюлоза (48 %), лігнін (24 %), геміцелюлоза (24 %), екстрактивні речовини (3,5 %), мінеральні речовини (0,5 %). Хімічний склад скопу представлений в таблиці [2].

Табл. Хімічний склад скопу

Компонент, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	ВПП
Скоп	25,00	16,20	7,27	28,80	0,30	0,24	1,65	20,54

Цінність цього відходу полягає не тільки в його екологічній чистоті та теплоенергетичному потенціалі (він здатен горіти в сухому стані), але і в більшій мірі є його матеріальною складовою. Йдеться про 50 % глинистої сировини – каоліну, що є цінною природною сировиною. За такого складу ці відходи можна використати як вторинну сировину для виготовлення різних композитів.

Одним із способів утилізації скопу є його використання у виробництві паперу і картону. Проте введення дрібного волокна до складу паперової чи картонної композиції істотно погіршує фізико-механічні показники товарної продукції [1, 3]. Наявні розробки у сфері матеріалознавства дають змогу зауважити