

Шапран Ю.Є., Серова Т.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ СУДНОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕРОБКИ ДЛЯ СУДЕН КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ

Проблеми екології та охорони навколишнього середовища стають все більш гострими по міру розвитку суспільства й науково-технічного прогресу, що стрімко збільшує свій вплив на природу. Негативному антропогенному впливу піддаються всі складові біосфери - ґрунт, атмосфера і гідросфера з проживаючими в них флорою і фауною. Проблема боротьби з забрудненням з річкових суден та суден типу ріка-море є комплексною та вимагає комплексного рішення.

На сьогоднішній день існують фрагментарні елементи очищення відходів, які утворюються на судні в процесі рейсу. Однак відсутні комплексні рішення даної проблеми. Особливо гостро стоїть проблема очищення СВ та НВ. Запропоновані методи обробки забруднених вод та харчових відходів з водного транспорту в процесі рейсу за умови, що харчові відходи будуть змільчені та додані до СВ.

У результаті проведених досліджень доведена ефективність застосування гідродинамічних кавітаторів як при очищенні відносно малозабруднених вод (БВ), так і при очищенні сильнозабруднених СВ. Як було відзначено в роботі, осади після обробки СВ доцільно переробляти в біогаз разом з харчовими відходами. Тривалість анаеробного бродіння скорочується від зменшення розміру органічних часток. Отже, диспергування гідродинамічною кавітацією повинне прискорити процеси гідролізу органічних сполук. Таким чином, напрямком подальших досліджень є вивчення впливу кавітації на процеси анаеробного бродіння

Ключові слова: судно, стічні води, переробка відходів, енергетична установка, двигун, рушійно-рульовий комплекс.

Постановка проблеми. Проблеми чистої води та охорони водних екосистем стають усе більш гострими по мірі розвитку суспільства і науково-технічного прогресу, який стрімко збільшує свій вплив на природу. Масова експлуатація таких суден супроводжується ростом негативного впливу на навколишнє середовище внаслідок безперервного утворення при їх експлуатації ряду твердих, рідких та газоподібних відходів, які підлягають нейтралізації і видаленню.

Теоретичною базою дослідження є аналіз робіт провідних вчених, до яких відносяться: Баранов А.Л., Багатих С.А., Васильєв Л.А., Васильєв А.Л., Волков Л.С., Єрмаков С.А., Карастелев Б.Я., Кожинів В.Ф., Кульський Л.А., Курников А.З, Лукіних М.Л., Макаров В.Г., Найдено В.В., Решняк В.І., Стаценко В.М., Етін В.Л., Яковлев С.В. Баадер В., Бойлс Д., Бренндерфер М., Дону Е., Заборські О., Соуфер С., Рандольф Р. та інші, свідчить, що розробки та дослідження, які проводяться ними, орієнтовані не на рішення загальної проблеми утилізації відходів, а на часткові технічні питання [1-8].

Мета дослідження полягає у підвищенні екологічності застосування водного транспорту за рахунок розробки методів обробки забруднених вод та харчових відходів з водного транспорту в процесі рейсу.

Основні результати дослідження. Судно комплексної переробки відходів (СКПВ) – тип судна, призначений для прийому із судів та переробки усіх видів забруднених СВ, НВ та твердих відходів. СКПВ дозволяє вирішити завдання запобігання забруднення водойм судовими відходами в найбільш стиснутий термін з найменшими витратами.

Залежно від наявності в складі судової енергетичної установки (СЕУ) головних двигунів та типу рушійно-рульового комплексу, комплексу судна класифікують на самохідні та не самохідні.

Аналіз проведений в першому розділі магістерського дослідження дозволив виділити основні недоліки, які властиві даним суднам та сформулювати вимоги до їх проєктування:

- моральне застарівання (рідкі, тверді скидання й газові викиди не відповідають сучасним вимогам [1];
- незавершеність циклу переробки відходів, відсутність взаємозв'язку систем, тривалість процесів очищення та переробки;
- відсутність мобільності, що супроводжують витрати на доставку відходів із транзитних судів спеціалізованими судами;
- підвищені масогабаритні показники, високе енергоспоживання, потреба в хімічних реактивах, змінних фільтрах та т.п.;
- відсутність структурних елементів для використання поновлюваної енергії відходів (наприклад, при спалюванні сміття) та її акумулювання;
- не передбачена автоматизація процесів.

Після споживання на судні вода та повітря в забрудненому стані виділяються в навколишнє середовище, погіршуючи його екологічний стан. У зв'язку з цим необхідно забезпечити такі характеристики судна, які наблизили б його до екологічно безпечного об'єкта, вплив якого на природу не піддає її ризикові та відповідає встановленим нормам і вимогам.

Основними шляхами зменшення негативного впливу річкових судів на навколишнє середовище є реалізація наступних заходів.

Кількість СВ на судах знаходиться в прямій залежності від водоспоживання. Отже, зменшити вплив судна на навколишнє середовище СВ можливе за рахунок скорочення водоспоживання або створення оборотних систем [2, 3].

По-перше, потрібно скоротити витрату води через водорозбірну арматуру камбуза, душових, умивальників та унітазів: за рахунок дроселювання потоку води при різних тисках по палубах (2...3% економії); шляхом зниження часу холостого витікання (до 30% економії).

На судах оборотні системи можуть знайти застосування в системах технічної води: для змиву унітазів, для води котлоагрегатів, у системах охолодження СЕУ та установках з очищення газів (при "мокрих" методах обробки). Для здійснення цієї ідеї необхідно очищати та знезаражувати СВ до визначених кондицій [2, 3].

Активний інженерний захист природи має на увазі застосування на судах систем очищення стічних вод СОСВ. Завершальною операцією технології обробки СОСВ завжди є знезаражування, яке дозволяє довести параметри очищених вод до нормованих. Найчастіше в судових СОСВ у якості дезінфектанта використовуються хлор та озон. Однак, останнім часом знаходять застосування ультрафіолетове випромінювання (УФВ), [3-5] та термоокислення [7], які дають можливість створення оборотних систем водопостачання [8].

При існуючих технологіях для забезпечення якості очищеної води СОСВ проектується зі значним запасом за ступенем очищення за мікробіологічними показниками, що гарантує надлишкову концентрацію бактерицидного агента. Відомо [16], що неправильно обрана доза реагенту приводить до утворення побічних продуктів окислювання, що погано відділяються в процесі очищення і більш токсичні, ніж вихідні забруднення (феноли, хлориди, бромати, формальдегіди, кетони та ін.), що особливо небезпечно при потраплянні таких вод у системи водопостачання. Дане положення вимагає обов'язкового регулювання процесу знезаражування.

Таким чином, доцільно використання активних окисних технологій (АОТ), що полягають у комбінованому впливі екологічно безпечних окислювачів - перексиду водню, озону, іонів міді або титана, УФВ (" $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{УФВ}$ ", " $\text{O}_3 + \text{УФВ}$ ", " $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 + \text{УФВ}$ ", " $\text{TiO}_2 + \text{УФВ}$ ", " $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3$ " і т.д.). Гідроксильні радикали ОН розкладають органічні речовини до повної мінералізації, а неорганічні домішки, які окисляються важко, окисляються до вищих форм оксидів та віддаляються постфільтрацією. Ефективність способу пояснюється синергетичним ефектом окремих впливів кожного з застосовуваних засобів. З огляду на особливості судових СОСВ, найбільш ефективними процесами тут є " $\text{O}_3 + \text{УФВ}$ ", " $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 + \text{УФВ}$ ".

Іншим шляхом модернізації СОСВ є обробка СВ кавітацією. Для її генерації на даний час застосовуються механічні, електромеханічні, гідродинамічні, віброакустичні та інші пристрої [28]. Стосовно до судових СОСВ необхідний пристрій, який відповідає наступним вимогам: низький напір на вході ((200...500) кПа); можливість подачі реагентів безпосередньо в зону зародження кавітації; висока продуктивність при невеликих масогабаритних показниках; простота конструкції та експлуатації, довговічність елементів при роботі з агресивними середовищами.

Аналіз даних [28] свідчить, що з усіх різновидів найбільше задовольняють визначеним вимогам гідродинамічні кавітатори.

У зв'язку з все більш жорсткими вимогами вітчизняного та міжнародного законодавств в області запобігання забруднення із судів доцільно застосовувати наступні шляхи рішення проблеми НВ:

1) Оснащувати суду сучасними СОНВ, що забезпечують необхідну якість очищення при заданій продуктивності. Однак, з огляду на високу вартість та значні масу й габарити подібного обладнання, його застосування доцільне тільки в складі СКПВ.

2) Використовувати НВ після попередньої обробки у водопаливній емульсії (ВПЕ) котлів та інсинераторів. Це дозволить не тільки частково відмовитися від обладнання з очищення НВ, але і зменшити кількість шкідливих речовин у димових газах (ДГ), що доцільно як в екологічному, так і у фінансовому аспектах.

3) Створювати об'єднані судові системи очищення СВ та НВ. Це дозволить виконувати ефективне очищення СВ та НВ із використанням універсальних технологій обробки середовищ, які мають різко відрізнятися вихідними характеристиками. Тим самим можливе застосування типових вузлів та обладнання з можливістю їх укрупнення в агрегати, що, у свою чергу, призведе до зменшення масогабаритних характеристик та енергоспоживання.

Надійне та якісне очищення СВ й НВ можливе винятково при реалізації багатоступінчастих технологічних схем, однак на стадії доочищення застосовуються ті ж самі прийоми. Як відзначено вище, за основу об'єднаної системи варто брати СОСВ

із додаванням блоку обробки НВ на першій стадії очищення й елементів САВРІУС на фінальній.

Відносно БВ можна зробити висновок, що практично застосовні та ефективними є наступні способи рішення проблеми [9]:

1) Обробка БВ на борті судна спеціальними системами очищення БВ (СОБВ). З проведеного аналізу конструкцій випливає, що практично усі виробники використовують у технологічному процесі фільтрацію та знезаражування УФВ, або активним хімічним реагентом.

Одним з напрямків розробки СОБВ є застосування кавітації в сполученні з окислюванням домішок БВ озоном. Тут також доцільне використання гідродинамічних кавітаторів при регульованому процесі озонування. Спосіб дозволить одержати добрі результати, але установка спеціального обладнання затратна для судновласників.

2) Створення спеціалізованих плавучих станцій обробки БВ у портах або установка таких систем на СКПВ. Застосування високопродуктивної СОБВ на плавзасобі дозволить комплексно вирішити проблему БВ на конкретній акваторії. Мобільне СКПВ зможе пристосовуватися до ситуації на судноплавній ділянці або акваторії порту, забезпечувати якісну та своєчасну обробку БВ транзитних судів та виконувати інші послуги з КОФ.

3) Будівництво «безбаластових суден» зможе в корені вирішити проблему БВ, однак цей спосіб застосуємо тільки для проєктованих і знову споруджуваних судів та сполучений із рядом технічних складнощів.

4) Повторне використання баласту також є досить ефективним способом, однак при простоті та відносній дешевині для його реалізації в порту буде потрібно СОБВ для первинної обробки БВ, спеціальні системи та сховища великого обсягу.

5) Обробка БВ на спеціалізованих прийомних спорудах. Цей спосіб більш ефективний, безпечний, а вартість такого очищення нижче в порівнянні з іншими видами, що досить важливо в сучасних умовах.

Однак використання таких технічних засобів викликає зміну маршрутів й простої судів, крім того, на території України на даний час таких засобів ще не будується і їх будівництво навіть не планується.

Обладнання великих та середніх судів інсинераторами вирішує проблему зі знищення, а при виконанні визначених умов, і утилізації всіх основних видів судового сміття з одночасною генерацією теплової енергії. Різні шлами СОСВ і СОНВ, мазутні залишки також можуть служити паливом для судових котлів та інсинераторів.

Механізм утворення токсичних речовин в ВГ та ДГ СЕУ має принципові відмінності, що не дозволяє знизити емісію універсальним засобом. Рішення проблеми можливо за двома напрямками – зменшення шкідливості газів у процесі їх утворення та зниження токсичності.

Можливі шляхи зниження шкідливих речовин у ВГ приведені в літературі [10].

Найбільш перспективні чотири низьковитратні заходи щодо зниження токсичності ВГ та ДГ - очищення газів, попередня обробка палива, ВПЕ і рециркуляція рис. 1.

Також тут перспективне застосування присадок до палива та альтернативні сорти палив, що є поновлюваними джерелами енергії (ПДЕ) [11]. Варто враховувати, що більшість усіх судових відходів є ПДЕ (табл. 1) та їх застосування економічно та екологічно доцільно, оскільки це дозволить не тільки скоротити витрату нафтового палива, але і вирішити проблему утилізації відходів на борті судна. Отже, необхідне

використання максимальної кількості поновлюваної енергії, що виділяється при згорянні ПДЕ. Цю задачу можна вирішити за допомогою створення систем переробки відходів у ПДЕ, утилізації теплоти та використання останньої для роботи різних суднових систем.

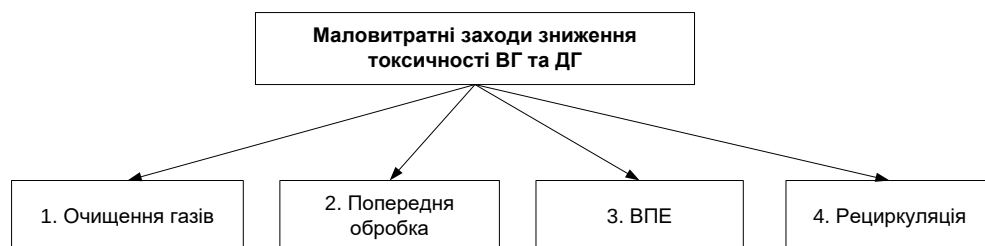


Рисунок 1 – Маловитратні заходи щодо зниження токсичності ВГ та ДГ

Однак для ряду середніх й малих річкових судів установка перерахованого обладнання на борту неможлива. Пов'язано це з рядом факторів: мала кількість відходів, що утворюється, значна маса й габарити установок, високе енергоспоживання, вартість обладнання, додаткові витрати на експлуатацію, обслуговування, ремонт, тощо.

Таким чином, для річкових судів доцільний спосіб роздільного накопичення відходів з наступною передачею на переробку береговим підприємствам. Однак, розглянувши його переваги та недоліки можна зробити висновок, що і він не є оптимальним. Пояснюється це, насамперед, економічною стороною питання. Необхідна розвинена, постійно діюча інфраструктура зі значними витратами на її експлуатацію.

При цьому система виявляється жорстко прив'язаною до географічного положення берегових об'єктів та не може змінюватися відповідно до вантажо- та пасажиропотоків, оскільки має постійну продуктивність.

Таблиця 1 – Енергетична цінність основних видів суднових відходів

Вид відходів	Продукт переробки	Середня питома теплота згоряння Q_n^p кДж/кг
СВ та харчові відходи	Біогаз	24 310
	Органічний сток метатенку	13 866
НВ	Зневоднений нафтопродукт	42 882
Сухе сміття	Тверде паливо	18 255

Отже, як оптимальне рішення проблеми суднових відходів можна рекомендувати застосування автономних сучасних СКПВ.

Застосування їх актуальне і зможе усунути основні недоліки існуючої системи КОФ: мобільність, обслуговування будь-якої судноплавної ділянки, максимальна ефективність, не вимагає будівництва капітальних споруджень, невеликі витрати на

У даному випадку необхідне застосування технологій, що забезпечують не тільки переробку, але й утилізацію відходів. Так, нафтошлами, сухе сміття, шлами СВ та НВ утилізуються спалюванням. Перспективне використання альтернативного виду палива - біогазу, який генерується з осаду СВ та харчових відходів. Отриману теплоту доцільно використовувати для потреб самого судна: технологічних систем, СЕУ, надлишкова енергія може передаватися зовнішнім споживачам. У результаті реалізації технології на СКПВ буде накопичуватися невелика кількість сміття, яке не переробляється, і сухий зольний залишок, який здаються на берегові підприємства.

Виходячи з основних розумінь концепції удосконалення судових систем переробки відходів, для переробки й утилізації основних видів відходів на СКПВ доцільно застосувати наступні технологічні схеми.

```

graph TD
    NB[НВ] --> S1[Відстоювання та усереднення]
    S1 --> F1[Груба механічна фільтрація]
    F1 --> S2[Двохступеневе гідроциклонування]
    S2 --> A[Накопичення<br/>(шламовий шлак)]
    A --> U1[Зневоднений нафтопродукт<br/>на термічну утилізацію]
    S2 --> S3[Відстоювання та усереднення]
    W1[Відпрацьовані<br/>води побутові] --> S3
    W2[СВ з біогазової<br/>установки] --> S3
    S3 --> F2[Груба механічна фільтрація]
    F2 --> C[Кавітаційна обробка]
    W3[Органічний субстрат<br/>В біогазову установку] --> C
    C --> CO[Коагуляція]
    CO --> F3[Флоатація]
    F3 --> U2[Шлам (СВ)<br/>на термічну утилізацію]
    F3 --> OC[Озонування та<br/>кавітаційна обробка]
    O3{O3} --> OC
    OC --> F4[Тонка механічна<br/>фільтрація]
    F4 --> Z[Знезараження УФВ]
    Z --> W4[Очищені води<br/>у водоймища<br/>споживачам]
  
```

99

Прийняті на переробку та власні СВ й НВ СКПО надходять на об'єднану станцію очищення СВ та НВ (СОСНВ), де ведеться їхня обробка в такий спосіб.

Усі НВ, які надходять до системи, підлягають двоступінчастому очищенню. Перша ступінь здійснюється на станції сепарації, де за допомогою відстоювання, усереднення, механічної фільтрації та двоступінчастого гідроциклонування виокремлюється збезводнений нафтопродукт, що накопичується в нафтошламовій цистерні та далі спалюється в котлоагрегаті, і низькозабруднені НВ. Ці води направляються у відстійний танк СВ, змішуються з ними і далі проходять весь цикл обробки СВ.

На першій стадії переробки СВ виробляється відстоювання й усереднення СВ та НВ, поділ фаз, а також первинне знезаражування за рахунок відпрацьованих вод із циклоно-пінного апарату (ЦПА) з $\text{pH} = (2...3)$ (кисла). Тут відбувається осадження великих важких фракцій і зважених часток СВ під дією сили ваги. Вміст зважених часточок у СВ після відстійників зазвичай знаходиться в межах $(8...15) \text{ мг/дм}^3$ [1].

Наступним етапом є відділення осаду СВ, отриманого на попередній стадії, вологість якого досягає 99%, і часткове його зневоднювання за допомогою центрифугування. Ця стадія визначається рекомендованим рівнем вологості $(88...92)\%$ надходить на анаеробне зброджування субстрату.

Далі, після грубої фільтрації, СВ направляються на первинну кавітаційну обробку, де одночасно зі знезаражуванням відбувається високоефективне змішування СВ із коагулянтном, коагулювання забруднень та їх флотація. Отриманий у процесі очищення шлам СВ направляється в окрему шламову ємність й далі піддається термічній утилізації в котлоагрегаті.

Фінальною стадією обробки СВ є доочищення, яке здійснюється вторинним знезаражуванням води кавітацією та озонуванням, наступною фільтрацією УФВ.

Дана технологія задовольняє вимогам регламентуючої документації до якості очищених СВ та НВ.

2) Обробка баластових вод показана на рис. 3.

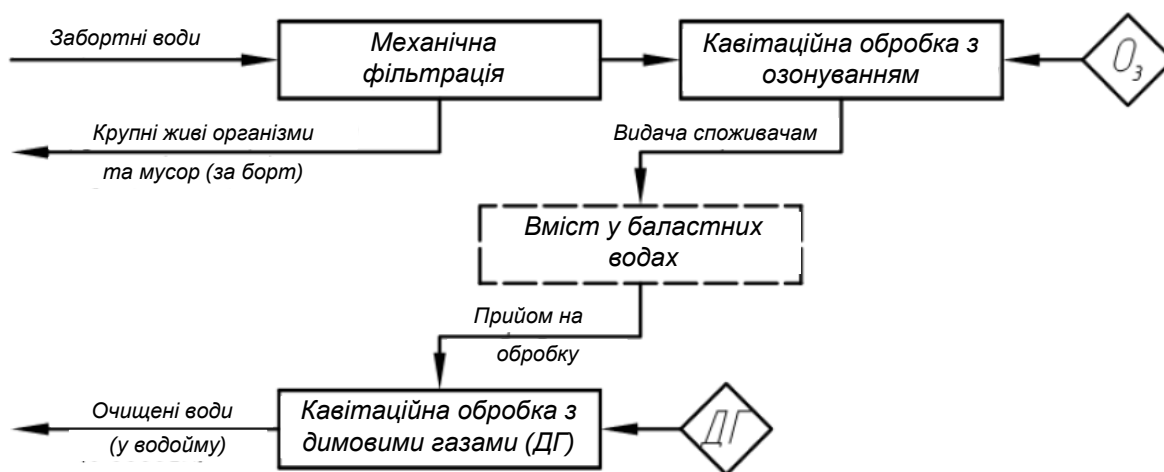


Рисунок 3 – Функціональна схема обробки баластних вод

Технологія обробки БВ складають з двох ступенів. Першу ступінь утворює процеси, які підготовлюють воду водойми для цілей баластування судів. Первинна обробка реалізується за допомогою механічної фільтрації забортної води на самоочисних короткоцикловій сітчастих фільтрах, причому осад, який утвориться в процесі їх промивання (великі живі організми, планктон, водорості, тощо) повертаються назад у водойму – середовище їх життєдіяльності. Далі виконується знезаражування за допомогою кавітаційної обробки в присутності озону та подача в баластові танки судна-споживача.

Застосування кавітації разом з озонуванням дозволить отримати синергетичний ефект – можливість знизити дозу озону, що йде на знезаражування БВ і, тим самим, зменшити корозійну активність БВ.

Друга ступінь полягає в обробці прийнятих на судно БВ за допомогою вторинного знезаражування гідродинамічною кавітацією в присутності ДГ або атмосферного повітря в залежності від забруднення.

Подібна двоступінчаста схема дозволить забезпечити очищення та знезаражування БВ до санітарних вимог.

3) Схема переробки осаду СВ та знешкодження харчових відходів позначена на рис. 4.

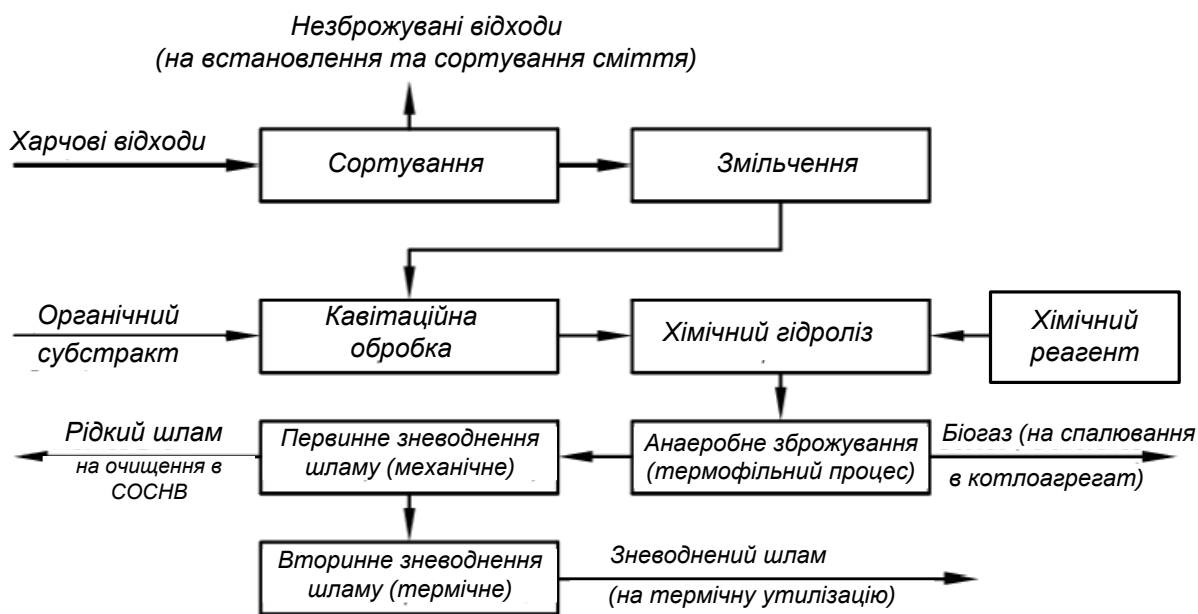


Рисунок 4 – Функціональна схема переробки осаду СВ та знешкодження харчових відходів

Технологію знешкодження харчових відходів складають процеси сортування, здрібнювання та переробки за допомогою анаеробного бродіння. Спочатку відходи подаються на сортувальний стіл, де відокремлюються великі кістки та інші елементи, які не піддаються зброжуванню компоненти, які спрямовуються до станції сортування сміття. Далі, після проходження змільчувача, роздрібнені відходи змішуються з підготовленим осадом СВ та у вигляді органічного субстрату направляються через гідродинамічний кавітатор у метантенк, де в результаті анаеробного бродіння

генерується біогаз, який спалюється далі у котлоагрегаті. У гідродинамічному кавітаторі здійснюється усереднення і гомогенізація субстрату, а також первинне його розкладання за рахунок хімічного гідролізу під дією реагентів, які додаються.

Побічним продуктом процесу бродіння є стік (фільтрат), який спрямовується на двоступеневе зневоднювання. Тверді його фракції також спалюються в котлоагрегаті, рідкі - передаються на очищення в СОСНВ.

Найважливішою особливістю залишку СВ, як і харчових відходів, є високий вміст органічних домішок - до (65...75) %, які можуть бути перероблені в аеробному або анаеробному процесах [13].

Станції, які працюють за аеробною технологією, прості конструктивно в експлуатації, однак громіздкі та енергозалежні, отже на СКПВ раціонально застосовувати анаеробне бродіння як економічно вигідне та екологічно безпечне.

Процес здійснюється в закритих герметичних метантенках, при протіканні реакції забезпечується знезаражування шламу СВ та виділення у складі біогазу корисної речовини-енергоносія - метану [13]. На рис. 5 наведені залежності термінів бродіння від температури, а також хід термофільного та мезофільного процесів.

Доцільне застосування термофільного процесу, який протікає при температурі (50...60)°C, із примусовим перемішуванням біомаси, а також постійним підведенням свіжого субстрату та відводом стоку, тому що це забезпечує стабільність та високу швидкість переробки, знижує енерговитрати й забезпечує рівномірне виділення газів.

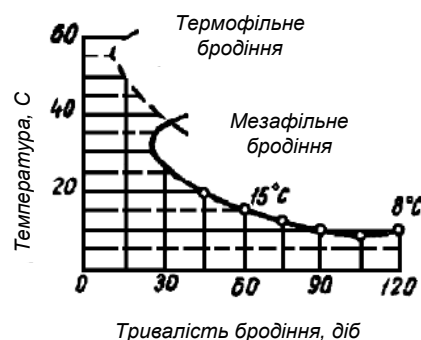


Рисунок 5 – Залежність тривалості бродіння від температури

Стік анаеробного бродіння є цінним мінеральним добривом [14]. Видача рідкого стоку можлива лише при стоянці судна біля обладнаного причалу в безпосередній близькості від споживачів, у іншому випадку це економічно недоцільно у зв'язку з високими транспортними витратами. Зольний залишок, який утвориться після утилізації стоку в котлоагрегаті і також є добривом, необхідно брикетувати, зберігати на борту станції та здавати береговим споживачам.

4) Технологія утилізації сухого сміття представлена на рис. 6.

Сухе сміття і незаброджені харчові відходи надходять на балістичний сепаратор, де відокремлюються важкі фракції, які не переробляються, виділяються великогабаритні шматки та вироби, а також відбувається магнітна сепарація металів. У судових умовах процес полегшується тим, що відходи надходять у стандартних контейнерах, тобто геометричні розміри сміття обмежені. Одночасно здійснюється

класифікація відходів за гранулометричним складом. Далі підлягаючі термічній утилізації відходи через дробарку подаються на повітряний класифікатор з інфрачервоним аналізатором, де відбувається остаточне виділення горючих складових, а також залишкових (діамагнітних) металів, інших важких фракцій і направляються в котлоагрегат для наступної термічної утилізації.

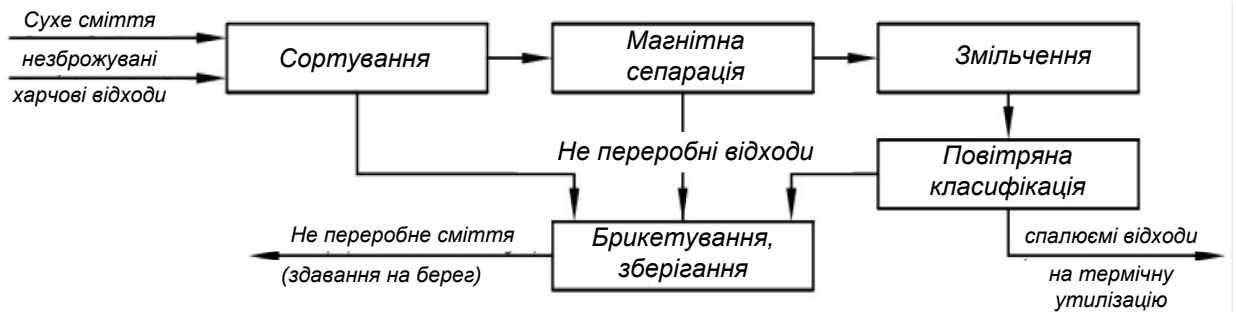


Рисунок 6 – Функціональна схема утилізації сухого сміття

Відділені відходи, які не переробляються, а також зольний залишок брикетується в залежності від складу, складається та здаються на берегові підприємства для наступної переробки.

5) Утилізація відходів, які спалюються, в автономному паровому котлоагрегаті зображена на рис. 7.

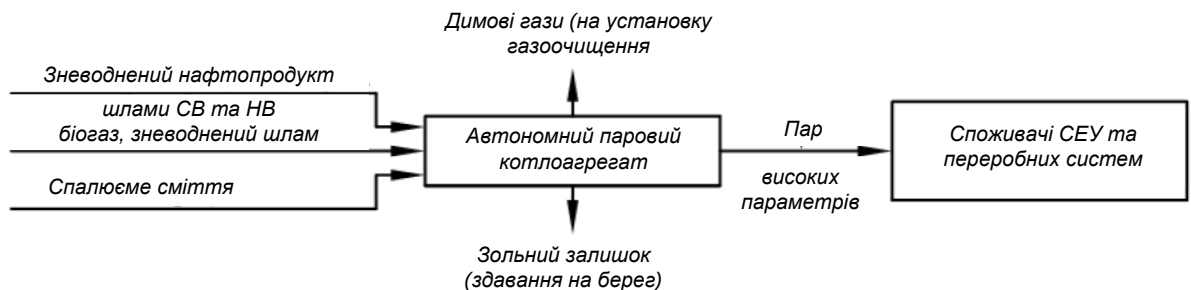


Рисунок 7 – Функціональна схема спалювання відходів

Шлами СВ та НВ, збезводнені нафтопродукти із СОСНВ, біогаз та зневоднений шлам біогазової установки, а сміття, яке також спалюється, надходить у котлоагрегат для наступного високотемпературного спалювання.

Цей процес протікає відносно стабільно при постійних температурах і, як наслідок, найбільш повний здійснюється згоряння палива. Крім того, тут використовується поновлювана енергія відходів у виді теплоти, яка виділяється в процесі їх знищення, що не викликає забруднення навколишнього середовища. Для

забезпечення сталості топочного процесу використовується біогаз, генерує мий при анаеробному бродінні.

Отриманий енергоносіє - водяна пара високих параметрів безпосередньо використовується для нестатків електроенергетичних, рушійних пристроїв СЕУ, а також з метою теплопостачання СКПВ.

6) Технологія очищення ДГ котлоагрегату представлена на рис. 8.

Технологія очищення ДГ котлоагрегату та ВГ допоміжних ДВЗ (дизель-генераторів СЕУ) містить у собі обробку в ЦПА в присутності озонованої води, яка може бути приготовлена з заборотної або удруге використовуватися після СОСНВ (що переважніше). Озон, який є присутнім у рідинній плівці пінного стовпа ЦПА, ефективно окисляє продукти неповного згоряння палива, а крім того, розкладаючи, створює на виході з апарата насичену киснем газову суміш. Це створює передумови використання штучної газової суміші (ШГС) у системах рециркуляції ДГ при наддуванні котлоагрегатів.

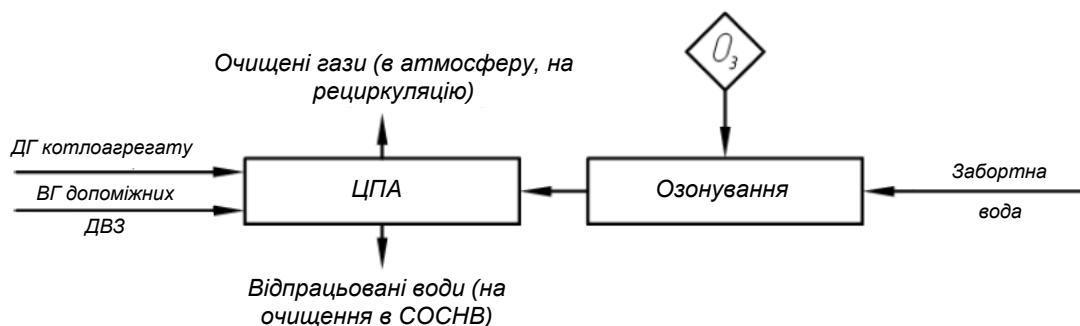


Рисунок 8 – Функціональна схема очищення газів

7) Накопичення надлишкової енергії, яка генерується при переробці.

З результатів раніше виконаних досліджень випливає, що при переробці та утилізації відходів можуть генеруватися теплова й електрична енергії, у сумі перевищуючі затратувані на роботу СКПВ. Даний надлишок доцільно накопичувати на борті судна для подальшої передачі береговим споживачам або використовувати при перехідних режимах роботи СЕУ (коливаннях навантаження).

Для реалізації описаних вище процесів у суднових умовах необхідне дотримання наступних основних вимог до обладнання:

1. Компактність, обумовлена розмірами суднових приміщень;
2. Висока ефективність процесів переробки, яка забезпечує дотримання вимог регламентуючої нормативної документації;
3. Мала енергоємність робочого процесу, оскільки для виробництва будь-якого виду енергії на судні витрачається коштовне паливо;
4. Мала кількість залишків, які не переробляються та здаються на берег, і витрата необхідних реагентів, що впливають на автономність плавання;
5. Здатність забезпечувати протікання робочих процесів в умовах хитавиці, вібрації, крену;
6. Застосування при виготовленні дозволених матеріалів та технологій, що забезпечують надійність обладнання при експлуатації.

Обрані технології дозволять при відповідному технічному забезпеченні розробити судновий комплекс, що задовольняє даним вимогам. Загальна структурна схема СКПВ зображена на рис. 9.

Як результат проведеної автором роботи, сформувалася загальна структура СКПВ. Переробка судових відходів буде здійснюватися по обраних технологіях відповідно до загальної структурної схеми. Прийняті на переробку, а також власні відходи СКПВ надходять на спеціальний комплекс, що складається з окремих систем переробки по видах відходів та допоміжного обладнання. У результаті утворюється: очищена вода, що надходить безпосередньо у водойму, або споживачам води технічної якості; пальні речовини; непереробляються на СКПВ відходи, які здаються на подальшу утилізацію на берегові комбінати.

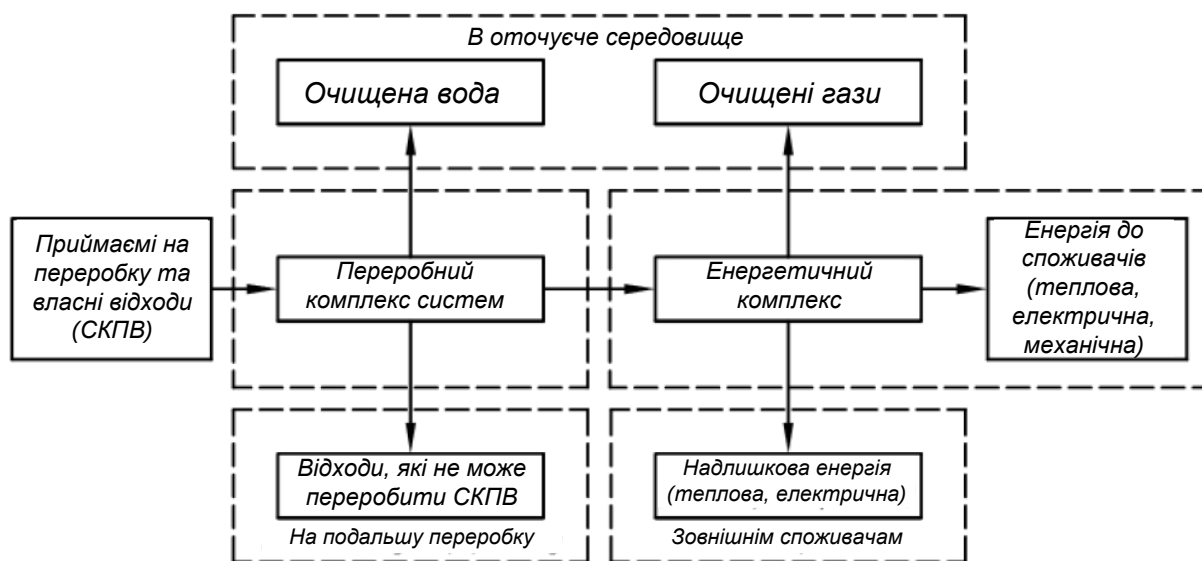


Рисунок 9 – Загальна структурна схема СКПВ

Таким чином, описана структура дозволить забезпечити ефективну переробку судових відходів із застосуванням зазначених вище технологій до належної якості речовин, які скидаються.

Теплота, яка виділяється при використанні ВПЕ, використовується в СЕУ судна для генерації теплової, механічної та електричної енергій. Об'єднання основних елементів систем у блоки дозволить забезпечити ефективне і надійне управління та контроль над робочими процесами, відкриє можливість застосування автоматизації, зменшить витрати видаткових матеріалів та реагентів, тобто знизить експлуатаційні витрати по СКПВ в цілому.

Зовнішній вигляд судна зображений на рис. 10, план розміщення обладнання - на рис. 11.

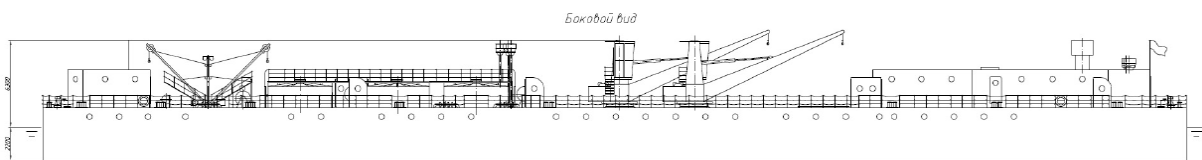


Рисунок 10 – Зовнішній вигляд судна комплексної переробки відходів

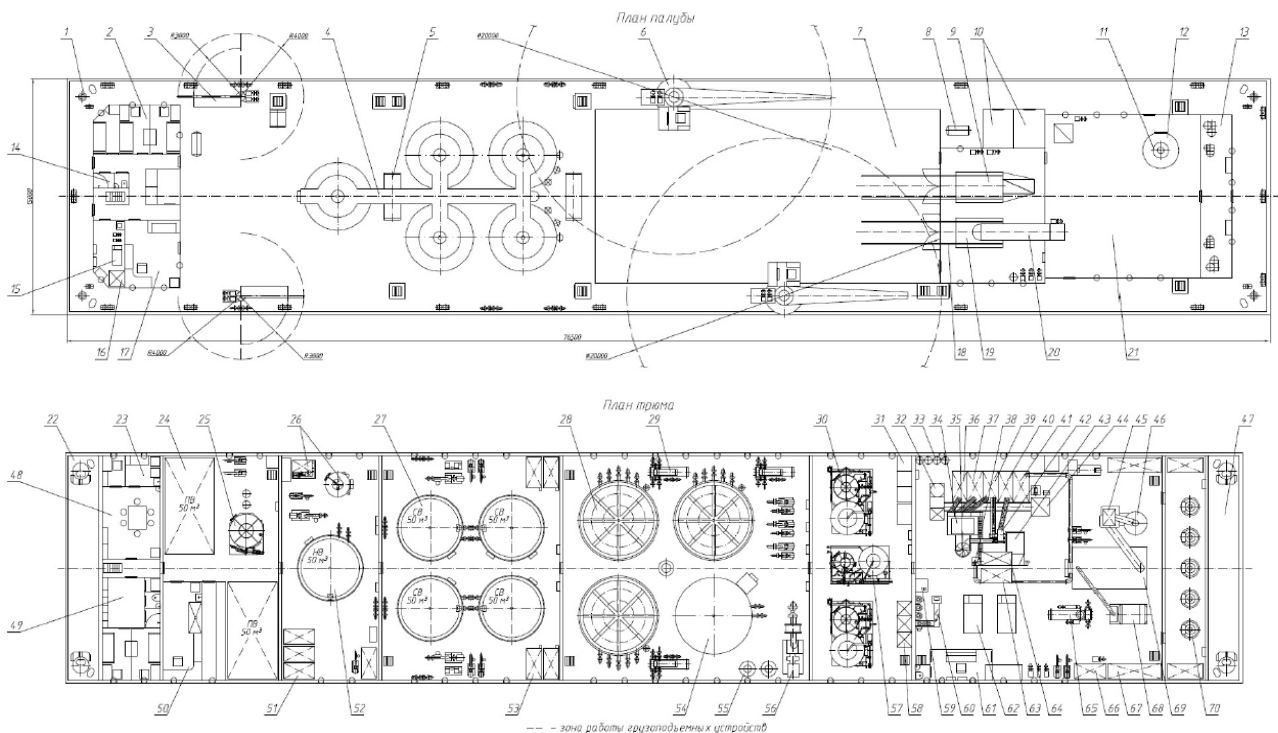


Рисунок 11 – Загальний план судна:

1 - якорно-швартовний пристрій; 2 - каюти екіпажа; 3 - трап, сполучений з вантажною стрілою подачі шлангів ПВ; 4 - верхня галерея; 5 - в'юшка шлангова; 6 - кран вантажний; 7 - площадка для збереження контейнерів ТПВ і харчових відходів; 8 - пліт надувний рятувальний; 9 - розвантажувальний пристрій; 10 - господарські

приміщення; 11 - газохід; 12 - кожух газоходу; 13 - вентиляторна; 14 - санвузол; 15 - аварійний дизель-генератор; 16 - танк аварійного запасу палива; 17 - кабінет; 18 - викатний пристрій; 19 - завантажувальний пристрій; 20 - транспортер брикетованих відходів, які не переробляються; 21 - площадка збереження брикетованих відходів, які не переробляються; 22 - форпик; 23 - камбуз; 24 - танк запасу ПВ; 25 - СППВ; 26 - СОНВ; 27 - накопичувальний танк-відстійник СВ; 28 - метантенк; 29 - блок теплообмінних апаратів; 30 - СОСВ; 31 - зневоджувач; 32 - прес гідравлічний вертикальний; 33 - балони компримйованого повітря; 34 - повітряний сепаратор оптичного сортування; 35 - стіл розгінний; 36 - бункер склобою; 37 - бункер кольорового металобрухту; 38 - дробарка конусна; 39 - бункер відходів, які не спалюються; 40 - бункер чорного металобрухту; 41 - бункер зольного залишку; 42 - металовловлювач магнітний; 43 - сепаратор балістичний; 44 - вантажний підйомник брикетованих відходів; 45 - сушарка газова; 46 - ЦПА; 47 - ахтерпик; 48 - кубрик; 49 - господарсько-побутові приміщення; 50 - лабораторія; 51 - танк зневоднених нафтопродуктів; 52 - накопичувальний танк-відстійник НВ; 53 - танки запасу H_2O_2 ; 54 - танк реакційний БВ; 55 - фільтр самоочисний; 56 - СОБВ; 57 - СОСВ; 58 - бункер запасу коагулянту; 59 - компресор повітряний; 60 - ГРЩ; 61 - центральний пост управління; 62 - дизель-генератор; 63 - бункер відходів, які спалюються; 64 - бункер прийомний дозуючий; 65 - конденсаційна установка; 66 - танк запасу мастила; 67 - танк запасу дизельного палива; 68 - парова машина з електрогенератором; 69 - котлоагрегат; 70 - НКЕ.

Висновки. У ході дослідження представлено перспективні технологічні схеми очищення та переробки рідких, твердих та газоподібних відходів. Розроблено технологічні процеси роботи систем з урахуванням їх взаємодії та використання поновлюваної енергії відходів, розроблено функціональну схему основних взаємодій систем та обґрунтовано загальну структуру СКПО з використанням джерел відновлювальної енергії. Це дозволить створити сучасний ефективний комплекс систем, що відповідає вимогам нормативної документації в області охорони навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Астахов В.И. Разработка плана замены флота: методические 21. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз, теория и практика. / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного. – М.: Колос, 1982 – 148 с.
2. Абдуллийев И.М., Малахов И.А. Водоподготовка на ТЭС при использовании городских сточных вод / И.М. Абдуллийев, И.А. Малахов и др. – М.: Энергоиздат, 1988. – 632 с; ил.
3. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки. / Д. Бойлс; пер. с англ. М.Ф. Пушкарева; под ред. Е.А. Бирюковой. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
4. Васильев А.Л. О применении сорбционных методов в технологиях получения питьевой воды / А. Л. Васильев, Л. А. Васильев // Вода: экология и технология: Тез. докл. III международного конгресса - М.: СИБИКО Интернешнл, 1998. - С. 315-316.
5. Дрейер А.А. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка / А.А. Дрейер, А.Н. Сачков, К.С. Никольский, Ю.И. Маринин, А.В. Миронов. – М.: Наука, 1997 – 388 с.

6. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод: справочное пособие / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. - М.: Стройиздат, 1977. - 208 с.
7. Барилевич В.А. Основы термогазодинамики двухфазных потоков и их численное решение: учеб. пособие / В.А.Барилевич. - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. - 425с.
8. Богатых С.А. Циклонно-пенные аппараты / С.А. Богатых. - Л.: Машиностроение, 1978. - 225 с.
9. Бирман Ю.А., Вудова Н.Г. Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов / Ю.А. Бирман, Н.Г. Вудова; под ред. Ю.А. Бирмана - М.: Изд-во АСВ, 2002. - 296 с.
10. Зеликов Е.Н. Повышение надежности пароперегревателей котлов ТЭС для сжигания твердых бытовых отходов: автореф. дисс.... канд. техн. наук: 05.14.14 / Зеликов Евгений Николаевич - М., 2008 - 28 с.
11. Драгинский В.Л. Повышение эффективности очистки воды с использованием технологии озонирования и сорбции на активных углях / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева и др. // Водоснабжение и санитарная техника - 1995. - № 2. - С. 16-20.
12. Волошин В.П. Охрана морской среды: учеб. пособие для ВУЗов / В.П. Волошин. - Л.: Судостроение, 1987. - 208 с.
13. Акулов К.М. Гигиенические критерии оценки доочищенных городских сточных вод, используемых в техническом водоснабжении / К.М. Акулов, М.В. Богданов и др. // Гигиена и санитария. - 1983. - № 5. - С. 25-27.
14. Баландин С.С. Бесплатунные поршневые двигатели внутреннего сгорания / С.С. Баландин - М.: Машиностроение, 1968. - 148 с.

Shapran Y.E., Serova T.O.

RESEARCH OF MODELS AND METHODS OF SHIP PROCESSING SYSTEMS FOR VESSELS OF COMPLEX WASTE PROCESSING

The problems of ecology and environmental protection are becoming more acute with the development of society and scientific and technological progress, which is rapidly increasing its impact on nature. All components of the biosphere are exposed to negative anthropogenic impact - soil, atmosphere and hydrosphere with flora and fauna living in them. The problem of pollution control from river vessels and river-sea vessels is complex and requires a comprehensive solution.

To date, there are fragmentary elements of waste treatment that are generated on the ship during the voyage. However, there are no comprehensive solutions to this problem. The problem of JI and HB clean-up is particularly acute. Methods of treatment of contaminated water and food waste from water transport during the voyage are proposed, provided that food waste is shredded and added to the JI.

As a result of the carried out researches efficiency of application of hydrodynamic cavitators both at clearing rather low-polluted waters (BV), and at clearing of strongly polluted JI is proved. As noted in the paper, sludge after JI treatment should be processed into biogas together with food waste. The duration of anaerobic fermentation is reduced by reducing the size of organic particles. Therefore, dispersion by hydrodynamic cavitation should accelerate the hydrolysis of organic compounds. Thus, the direction of further research is to study the effect of cavitation on the processes of anaerobic fermentation.

Key words: ship, wastewater, waste processing, power plant, engine, propulsion and steering complex.