

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-275-5-58-64>

УДК 629.4

КОНЦЕПЦІЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНОЇ РЕНОВАЦІЇ І РЕГЕНЕРАЦІЇ ГУМОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ, ОЛІЙ ТА КОМПОЗИТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ОТРИМАННЯМ НОВИХ ЯКОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

Могила В.І., Ковтанець М.В., Морнева М.О., Ковтанець Т.М.

CONCEPT AND IMPLEMENTATION OF COMPLEX RENOVATION AND REGENERATION OF RUBBER ENGINEERING PRODUCTS, OILS AND COMPOSITES OF RAILWAY TRANSPORT WITH OBTAINING NEW QUALITY OF MATERIALS

Mogila V.I., Kovtanets M.V., Morneva M.O., Kovtanets T.M.

Робота присвячена створенню наукової теорії концепції та закономірностей пов'язаних з переробкою промислових відходів залізничної галузі – ГТВ (гумотехнічних виробів), олій і мастил, накладок пантографів, гальмових коллодок, обрuntuванню їх екологічної небезпеки та розробці комплексних способів реновації, регенерації, утилізації для мінімізації антропогенного впливу на навколишнє середовище. Аналіз сучасного стану застосування технологій реновації, регенерації ГТВ, олій вуглеводмісних полімерів, теоретичне та експериментальне дослідження властивостей відпрацьованих матеріалів, температури, вмісту води та інших параметрів, вплив локального охолодження високочастотних (ВЧ) і понад високочастотних (ПВЧ) електромагнітних полів відпрацьованих матеріалів, використання озону для інтенсифікації деструкції гумотехнічних виробів, що дозволить розробити екологічно-безпечні способи регенерації, реновації та утилізації ГТВ різного складу і терміну зберігання.

Запропоновано спосіб отримання рідкого та газоподібного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів, в якому ключове блоку інноваційних технічних рішень, а саме: збудження ультразвукових коливань для руйнування гумових відходів; розігрів металевих корд наведенням току високої частоти; збудження електромагнітних коливань корду; озон в піролізній камері для покращення розчину гуми та утворення однорідної суміші. Встановлено, що під дією озону відбувається швидке окислення гумових відходів у зв'язку із руйнуванням міжмолекулярних та внутрішньо-молекулярних зв'язків. Тому, при наявності на поверхні гуми мікротріщин (кількість яких значна для відпрацьованих шин), насамперед починається атака озоном тих молекул, які розташовані у вершинах тріщин, що приводить до швидкого розростання тріщин і розпаду матеріалу на шматки з порівняно гладкими поверхнями. У випадку озонної атаки, поверхні шматків, що утворилися, окислені, тобто на поверхнях знижується молекулярна маса й з'являються киснево-містять продукти окислення гуми. Паралельно з поданням озону та ультразвуку включають по черзі електромагніти, які створюють електромагнітне поле; металевий корд (входить до складу

гуми) по черзі рухається від одного магніта до іншого. Електромагніти активізують рух суміші. Таким чином досягається розчинення гуми, відділення її від металеві частини та високоефективне перемішування.

Ключові слова: гумотехнічні вироби, утилізація, способи переробки, реновація, регенерація.

Вступ. В останні десятиріччя суттєво збільшилося виробництво всіх галузей промисловості, що призвело до утворення великої кількості відходів. Актуальність досліджень по освоєнню нових методів утилізації відходів безпосередньо пов'язана з екологічним аспектом забруднення навколишнього середовища відходами промислового виробництва [1]. Обмеженість запасів природних енергоресурсів диктує пошук нових методів реновації, регенерації, переробки відходів, що дозволить вирішити ряд проблем сучасної економіки та енергетики. Однією з найважливіших проблем, з якою зіткнулася світова цивілізація в даний час, є проблема забруднення навколишнього середовища відходами гумотехнічних виробів (ГТВ), олій, мастил, вуглеводмісних полімерних матеріалів [2, 3]. До недавнього часу основними методами утилізації таких відходів було їх складування на полігонах або просте спалювання. Однак такі методи не вирішують проблему забруднення навколишнього середовища, так як по-перше для більшості матеріалів просто не існує мікроорганізмів, здатних перетворювати їх в безпечні для навколишнього середовища речовини, а по-друге, при спалюванні, утворюється значна кількість газоподібних і твердих відходів, які, в свою чергу, також необхідно утилізувати. У зв'язку з цим розробка ефективних способів утилізації відходів таких матеріалів є однією з першорядних завдань світової спільноти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В процесі експлуатації та подальшої переробки výro-

бів та матеріалів, зокрема залізничного транспорту, відбуваються численні фізико-хімічні перетворення. Досліджено зміни: молекулярного складу; мікро- і макроструктури каучуків, що входять у рецептуру відпрацьованих гум (підрейкових прокладок, шлангів, олій, накладок пантографу, гальмових колодок; їх хімічної структури; стану мікроагрегації, щільності вулканізаційної сітки, рівня деструкції на різних стадіях переробки.

Об'єктами дослідження служили: ГТВ (шланги, гумові ущільнювальні для гальмових пневматичних систем рухомого складу залізниць, прокладки гумові для рейкової колі, кільця гумові ущільнювальні і тощо), олії, мастила, гальмівні колодки, накладки пантографу вітчизняного та імпорного виробництва, як нових, так і вийшовших з експлуатації; різні за розмірами фракції гумової крихти, а також регенерат, отриманий комбінованої механотермохімічної деструкції [2]. Для всіх перерахованих об'єктів дослідження здійснено поділ матеріалу на фракції. Для вихідних й тих, що пройшли експлуатацію або переробку зразків, проведено структурний аналіз за результатами динамічної механічної спектроскопії (температурний інтервал від -100 до +1500 °С, частота 20 Гц) на маятниковому еластометрі в скануючому температурному режимі. Для фракції проведені дослідження молекулярного складу, хімічної структури, гетерогенності (методами оптичної мікроскопії та світлорозсіювання).

Останнім часом у пресі, наукових публікаціях і патентах з'явилось багато повідомлень про різні напрямки і засоби переробки відходів матеріалів у цінні органічні речовини [2, 3, 4]. Одним з таких напрямків є їх термічна і термокаталітична деструкція у вуглеводневі фракції, які після відповідної обробки можуть бути використані в якості високоякісного моторного палива. Інформація, наведена в літературних джерелах, носить не систематичний і, найчастіше, суперечливий характер.

У зв'язку з цим, дослідження процесів термічної і фізико-хімічної термокаталітичної деструкції матеріалів і розробка високоєфективних промислових способів переробки відходів полімерних матеріалів є досить актуальним завданням.

Ефективним методом переробки складних полімерних відходів є низькотемпературна деструкція (піроліз) [3, 5]. Для газоподібних палив при більш низьких енергетичних витратах на проведення удосконалення термічних методів переробки полімерних відходів актуальним є пошук нових каталізаторів, які мають високу активність і дешевизну. Важливість цієї проблеми характеризується відсутністю фахових публікацій в наукових виданнях за останні роки.

Гуми на основі натурального каучуку, ізопрену, бутадієну і їх сополімерів з стиролом мають в своїй структурі ненасичені зв'язки, які активно взаємодіють з озоном, і цей фактор можна використовувати в технологічному процесі їх переробки. Гельпроникаючої хроматографії. В результаті були отримані ві-

домості про обсяги розчиненого матеріалу, середньо-чисельної і середньо-масової молекулярної маси, полідисперсності, знайдена величина характеристичної в'язкості. При порівнянні різних способів регенерації методом світлової мікроскопії визначали розміри гумових включень, які не зазнали змін у процесі обробки. На основі крихти і регенерату були отримані вулканізат за єдиною рецептурою і проведені стандартні випробування їх фізико-механічних властивостей.

Серед найважливіших властивостей регенератів, необхідних для оцінки їх здатності до переробки і з точки зору можливості використання при створенні нових виробів, оцінювали термоокислювальну стабільність (дериватографія, ДСК), теплофізичні параметри і діелектричні властивості [4, 5, 6, 7]. Досліджено можливість подрібнення гуми накладок і колодок за новими рішеннями та способами. Знайдено реагенти, які прискорюють досліджуваний процес. Так, оксидативні процеси, що викликають деструкцію органічних сполук під дією озону, повинні прискорювати переробку полімерних відходів і можуть відігравати значну роль в науковій теорії реновації та утилізації, що потребує подальших комплексних досліджень.

Для удосконалення термічних методів переробки полімерних відходів актуальним є пошук нових каталізаторів, які мають високу активність і дешевизну. Важливість цієї проблеми характеризується відсутністю фахових публікацій в наукових виданнях за останні роки. Гуми на основі натурального каучуку, ізопрену, бутадієну і їх сополімерів з стиролом мають в своїй структурі ненасичені зв'язки, які активно взаємодіють з озоном, і цей фактор можна використовувати в технологічному процесі їх переробки.

З огляду на той факт, що кількість щорічно відпрацьованих відходів велика за обсягом (понад 200 млн. тонн), розробка високоєфективної технології їх переробки, вторинного використання, перетворення у вуглеводневі паливні фракції дозволить зберегти енергетичні і матеріальні ресурси, створити додаткове джерело виробництва моторного палива і олії та частково вирішити проблему його дефіциту [6, 8, 9].

Зношена деталь (гальмівна колодка, накладки пантографу), відпрацьовані олії, мастила, ГТВ представляє собою цінну вторинну сировину, що містить 65-70% гуми (каучук), 15-25% технічного вуглецю, 10-15% металу, тому буде просто злочинно викидати «зношені ГТВ». Вуглець, який міститься в полімерах, необхідно переробляти і залучати отриманий в результаті комплексної багатостадійної переробки, в економічний оборот.

Завдяки унікальному складу ГТВ, олії, мастила вуглецеві матеріали є цінними вторинними ресурсами, які доцільно переробляти екологічно чистими методами і економічно вигідним шляхом. Розробка екологічно безпечних способів реновації, регенерації, знешкодження та утилізації відпрацьованих матеріалів із застосуванням дешевих активаторів і сор-

бентів, отриманих з відходів різних галузей, є актуальним і затребуваним завданням.

Встановлення основних закономірностей протікання піролізу ГТВ в присутності каталізаторів фізико-хімічних методів аналізу дозволить визначити оптимальні параметри проведення процесу (температура, вид і концентрація хлориду металу), що в подальшому позначиться на збільшенні ефективності процесу переробки [4, 6, 7, 8].

Озон в процесі деструкції полімерів здатен виконувати роль «хімічного ножа», що дозволить істотно підвищити ефективність технології їх переробки.

Кількість ГВР, яку можна використати для їх реновації і регенерації, у загальному випадку визначають за формулою [5]:

$$H = C \cdot P, \quad (1)$$

де H – норма відходів, що утворюються, кг/кг, м²/м², м³/м³;

C – обсяг продукції або сировини, при виробництві або переробці якої утворюються відходи, кг, м², м³;

P – безрозмірний коефіцієнт, що враховує частку відходів, придатних для використання (у кожному конкретному випадку цей коефіцієнт визначається в залежності від придатності відходів для переробки по напрямках використання).

Для підвищення рівня використання відходів важливе значення має вдосконалення системи ціноутворення на відходи й одержувану з них продукцію. Ціну відходів, наприклад, механічної переробки сировини й матеріалів визначають, виходячи із ціни сировини, що переробляється, або повноцінного матеріалу за допомогою коефіцієнта перерахування ціни, розмір якого залежить від споживчих властивостей відходів, тобто від ступеня їх придатності до використання. Основою для визначення економічної ефективності виробництва продукції з ГТВ є його співставлення з виробництвом цієї ж продукції з вихідної сировини, згідно формули [5]:

$$E = (BP \cdot I - BB) \cdot QB, \quad (2)$$

де E – ефективність використання відходів, грн./одиницю продукції;

BP і BB – приведені витрати на одиницю продукції відповідно з первинної сировини (матеріалу) і з відходів, грн.;

I – коефіцієнт, що враховує споживчі властивості продукції з первинної сировини й відходів ($I = QP / QB$);

QB – кількість продукції, виробленої з відходів на рік (за звітний період);

QP – кількість продукції з первинної сировини, рівноцінної по споживчим властивостям кількості продукції з відходів.

Визначення норми відходів можна розглянути на прикладі збору відпрацьованих мастил – найпоширеніших і цінних відходів промисловості й тран-

спорту [1]. Під нормуванням відходів відпрацьованих мастил розуміється визначення планової міри їх збору. Норми збору відпрацьованих мастил по ступеню агрегації (укрупнення) підрозділяються на індивідуальні й групові. Індивідуальна норма збору – це технічно обґрунтована кількість відпрацьованих мастил, які витягаються із всіх мастиломістких ємностей з одиниці рухомого складу. Групова норма збору відпрацьованих мастил (нормований збір за рік) – це збір мастил із загальної кількості одиномного устаткування, зайнятого в реалізації планових завдань по кожному рівню планування (депо – відділення дороги – міністерство). Групові норми збору відпрацьованих мастил розраховують на підставі індивідуальних норм.

Вихідними даними для визначення індивідуальних норм збору відпрацьованих масел є:

V_i – заправна місткість конкретного локомотива(беруть з інструкції з експлуатації машин);

K_{nj} – коефіцієнт повноти виходу відпрацьованих масел (залежить від особливостей конструкції ємності системи змазування, в'язкості вживаних масел, температури зливного масла, розташування та типу зливних отворів, місця установки конкретного типу устаткування), приймається в межах від 0,8 до 0,95.

У загальному випадку K_{nj} є функцією f відношення кількості (об'єму) злитого масла $V_{злит}$ до кількості (об'єму) заправленого V_i .

$$K_{nj} = f \cdot (V_{злит}/V_i), \quad (3)$$

Індивідуальна норма збору відпрацьованого моторного або індустріального мастила для всіх видів техніки й устаткування, а також залізничного транспорту розраховується за формулою:

$$N_{isj} = V_i \cdot K_{ni}, \quad (4)$$

де N_{isj} – індивідуальна норма збору моторного або індустріального мастила для одиниці устаткування певного типу в натуральних одиницях, кг, т.

Проведений фахівцями аналіз показує, що норми збору мастил в Україні значно нижчі, ніж у багатьох інших країнах. Це обумовлюється, мабуть, відсутністю єдиних твердих норм втрат для відпрацьованих нафтопродуктів. Так, наприклад, у Польщі збір відпрацьованих індустріальних мастил становить 50%, а трансформаторних – 90%; приблизно такі ж норми збору нафтопродуктів установлені в Болгарії і ряді інших країн. В Україні для різних підприємств міського господарства норми збору становлять: моторних мастил автотракторного парку – 25%, індустріальних відпрацьованих мастил – 35% [1]. При цьому слід зазначити, що якщо збір нафтопродуктів груп ММВ (масло моторне відпрацьоване) і МІВ (масло індустріальне відпрацьоване) планується й нормується директивними органами, то збір груп СНВ (суміш нафтопродуктів відпрацьована), куди входять і нафтопродукти, практично не плану-

ється й не нормується. Методичні основи визначення обсягів утворення відходів були розроблені практично у всіх провідних галузях промисловості країни.

Норму утворення відходів фізико-хімічно-термічної переробки (обробки) сировини й матеріалів розраховують як різницю між нормою витрати сировини й матеріалів на одиницю продукції та їх чистою (корисною) витратою, з урахуванням неминучих втрат, обумовлених технологічним режимом даного виробництва, а також рівнем організації виробничого процесу згідно формули:

$$N_y = N - Q - q \cdot a, \tag{5}$$

де N – норма витрати сировини, матеріалів, кг/т, т/т, т/м, т/м² та ін.;

Q – чиста (корисна) витрата сировини, матеріалів на одиницю готової продукції, т, м²;

q – неминучі втрати при випуску готової продукції, м, шт. та ін.;

a – вид неминучих втрат, $a = 1 \dots m$.

Кількість відходів виробництва, що можуть бути використані для одержання нових видів продукції, згідно з формулою дорівнює:

$$N_v = N_o \cdot V \cdot p, \tag{6}$$

де V – обсяг продукції або сировини, при переробці якого утворюються відходи, т;

p – коефіцієнт, що враховує частку відходів, придатних для використання.

Підприємство повинно самостійно визначати та подавати відомості про подальше поводження з відходами за місцем надходження, зокрема зазначають: утилізацію, переробку, знешкодження, тимчасове зберігання, транспортування, захоронення, спалення чи компостування [1, 10].

Мета дослідження полягає в проведенні комплексного дослідження процесів деструкції найпоширеніших відходів ГТВ в середовищі мастильних матеріалів та інших з одночасним детальним аналізом складу продуктів, що утворюються.

Результати дослідження. Розробка технічних рішень основана на енергозберігаючих технологіях. Паливо, отримане на основі запропонованих способів [11, 12, 13, 14], може бути використане у теплоенергетичних установках та на транспортних засобах, які працюють на рідкому вуглеводному та газоподібному паливі. Технологія одержання палива запатентованими способами відрізняється:

простотою технологічного процесу (незначна тривалість процесу здрибнювання відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів та безпосередньо одержання палива);

високою якістю одержуваного рідкого вуглеводного палива;

не потребує використання значної кількості рідких каталізаторів;

не енергоємна (незначні енерговитрати на підігрів під час процесу);

не матеріалоємна.

Спосіб отримання рідкого та газоподібного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів (рис. 1), в якому заключне блок інноваційних технічних рішень, а саме: збудженням ультразвукових коливань для руйнування гумових відходів; розігрів металевих корд наведенням току високої частоти; збудження електромагнітних коливань корду; озон в піролізній камері для покращення розчину гуми та утворення однорідної суміші, працює наступним чином.

Гумові матеріали завантажують до піролізного апарату крізь живильник. Для розчину гуми додають низькопробний бензин (типу «Калоша») за пропорцією 1:1, суміш перемішують. До одержаного продукту додають відпрацьоване мастило у пропорції 1:1. Для зм'якшення гумових відходів піролізний апарат підключають до току високої частоти, що сприяє підвищенню температури у апараті та розм'якшенню гумо-мастильної суміші. На наступному етапі знімається струм високої частоти й до камери через насос подається озон та включається апарат, що створює ультразвукові коливання в камері з сумішшю.

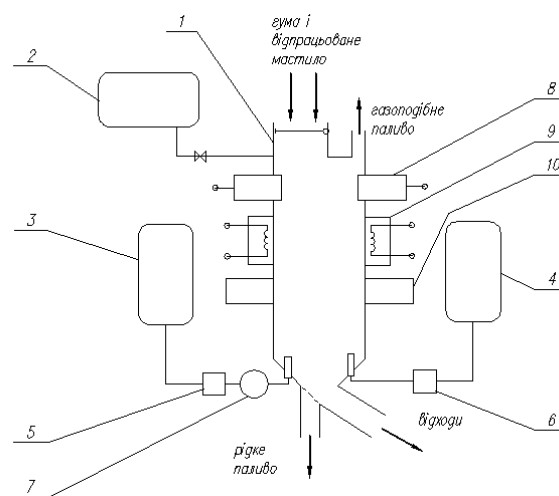


Рис. 1. Схема установки для одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів:

- 1 – корпус піролізного апарату; 2 – резервуар з низькоякісним вуглеводним паливом; 3 – резервуар з водою; 4 – озонатор; 5 – насос; 6 – насос;
- 7 – випарувач; 8 – електрод струму високої частоти; 9 – електромагніт; 10 – джерело ультразвукових коливань

Під дією озону відбувається швидке окислення гумових відходів (рис. 2) у зв'язку із руйнуванням міжмолекулярних та внутрішньо-молекулярних зв'язків [10, 14]. Тому, при наявності на поверхні гуми мікротріщин (кількість яких значна для відпрацьованих шин), насамперед починається атака озоном тих молекул, які розташовані у вершинах тріщин. Це приводить до швидкого розростання

тріщин і розпаду матеріалу на шматки з порівняно гладкими поверхнями. Ситуація схожа на низькотемпературне криогенне руйнування. Однак, у випадку озонної атаки, поверхні шматків, що утворилися, окислені, тобто на поверхнях знижується молекулярна маса й з'являються киснево-містять продукти окислювання гуми.

У ході озонного розтріскування протікає тільки одна хімічна реакція: озон реагує зі зв'язками макромолекул. В реакції беруть участь тільки зв'язки $C=C$, розташовані на поверхні (через велику швидкість реакції): озон попросту не встигає проникнути вглиб. Приєднання озону до подвійного зв'язку супроводжується її розривом з утворенням двох фрагментів. Передумови для виникнення тріщин створюються саме на цій стадії. Розтягнуті й нерозтягнуті елементи гумових відходів по-різному й поглинають озон. Це ілюструє рис. 2. Нерозтягнутий гумовий матеріал здатний швидко приєднати один-два еквіваленти озону (з розрахунку на зміст зв'язків $C=C$ у поверхневому моношарі), потім швидкість поглинання озону зменшується в десятки разів. Якщо ж зразок був попередньо розтягнутий, то він при тій же швидкості реакції поглинає озону в кілька разів більше.

Реакція протікає при дуже низьких енерговитратах. Можна сказати, що озонне руйнування на частки певного розміру вимагає енерговитрат в 5-10 разів менше, ніж криогенне руйнування. Коли руйнування йде до дуже малих часток (менше 0,5-1 мм), те ефект окислювання в середньому виражений досить сильно. Якщо ж руйнування завершується утворенням часток 2-10 мм, то окислювання в середньому можна розглядати як слабе.

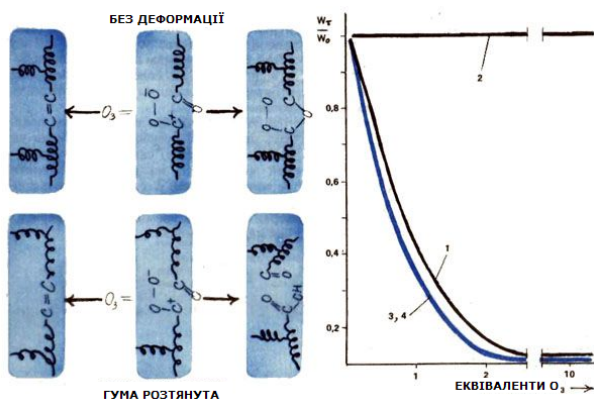


Рис. 2. Механізм реакції озону з подвійними зв'язками еластомеру – а;

б – графік, кінетики поглинання озону (в еквівалентах), W_0 і W_1 – швидкості поглинання озону вулканізованим еластомером:

1 – нерозтягнутий поліізопрен; 2 – поліізопрен, розтягнутий на 20 %; 3 і 4 – відповідно, розтягнутий і нерозтягнутий поліхлоропрен

Реакція протікає при дуже низьких енерговитратах. Можна сказати, що озонне руйнування на частки певного розміру вимагає енерговитрат в 5-10

разів менше, ніж криогенне руйнування. Коли руйнування йде до дуже малих часток (менше 0,5-1 мм), те ефект окислювання в середньому виражений досить сильно. Якщо ж руйнування завершується утворенням часток 2-10 мм, то окислювання в середньому можна розглядати як слабе.

Паралельно з поданням озону та ультразвуку включають по черзі електромагніти, які створюють електромагнітне поле; металевий корд (входить до складу гуми) по черзі рухається від одного магніта до іншого. Електромагніти активізують рух суміші. Таким чином досягається розчинення гуми, відділення її від металеві частини та високоефективне перемішування. На останньому етапі кризь суміш з відходів гумових виробів, низькосортного вуглеводного середовища та відпрацьованого мастила, пропусають водяну пару. Остання підігрівает та омивает молекули суміші, на молекулярному рівні перевищує суміш у процесі борбатажу, що в свою чергу прискорює процес розчину гуми та утворення вуглеводного палива (як рідкого, так і газоподібного).

Застосування такого способу прискорює процес розчинення, переробки та сумішоутворення, підвищує якість отриманого пального.

Даним способом припускається переробляти 6 тонн на добу у відношенні 3 тонни гумових матеріалів до 3 тонни відпрацьованого мастила. Продуктивність способу за добу складає:

- по рідкому паливі – 4,2 тонни/добу;
- по газу – 0,3 тонни/добу;
- по вуглеводомістящому твердому залишку – 1,2 тонни/добу;
- по металокорду – 0,3 тонни/добу.

Вихід рідкого палива складає 70% від маси завантажених гумо-мастильної відходів, газу – 5 %; вуглеводомістящому твердому залишку – 20 %, металу – 5 %.

Висновки. Знайдено оптимальні умови здійснення процесів регенерації ГТВ і відпрацьованих мінеральних моторних масел у компоненти моторного палива.

Запропоновано ефективний каталізатор деструкції ГТВ у відпрацьованих оліях. Розроблено комплексний двохстадійний спосіб переробки відходів ГТВ в компоненти моторного палива, що включає їх деструкцію з каталізатором і гідрування рідких продуктів деструкції з отриманням компонентів моторних палив, що відповідають основним показникам ГОСТ.

Проведено фізико-хімічні дослідження закономірностей протікання процесу термодеструкції ГТВ в присутності каталізаторів.

Виконані експериментальні дослідження лягли в основу технології переробки відпрацьованих масел з використанням каталізаторів СВЧ, ЕМ поля. Результати експериментальних досліджень діелектричних і реологічних властивостей ВМ є необхідною базою для встановлення оптимальних параметрів впливу. Запропоновано спосіб зневоднення водонафтових емульсій впливом електромагнітного поля. Ре-

зультати дослідно-промислових випробувань показали високу ефективність запропонованої технології.

Запропонований спосіб реновації відпрацьованих накладок пантографів дозволяє повторно використовувати до 60 % вихідного матеріалу.

Запропоновано спосіб збільшення (в 2 рази) життєвого циклу накладок пантографу. Розроблена конструкція інструменту для подрібнення гумових підрейковий підкладок.

З локального охолодження зони обробки запропонувати ефективні каталізатори – для регенерації олії, прискорений деструкції ГТВ в олії.

Одержані науково-практичні результати свідчать про те, що відпрацьовані матеріали відходів ГТВ, гальмівних колодок, накладок пантографу, олій, мастил, вуглевмісних полімерних матеріалів, які раніше складувалися на полігонах або спалювалися, після науково-технологічної активізації відновили початкові якості, а деякі перетворені в альтернативні вуглеводні палива, що дозволить компенсувати зі значним прибутком витрачені на дослідження кошти.

Ці досягнення мають важливе значення для вітчизняної та світової науки та техніки і можуть використовуватися у різних галузях промисловості. Галузеві підприємства можуть використовувати наступні результати роботи:

1. Процеси термічної деструкції ГТВ і олій залізничного транспорту, що забезпечують 90-95% вихід рідких вуглеводнів.

2. Новий ефективний каталізатор для переробки відходів полімерних матеріалів на основі в рідкі вуглеводні.

3. Добавка вуглеводмістящого залишку деструкції ГТВ у кількості до 10% від ваги, в процесі окислення гудронів до бітуму, значно прискорює процес отримання бітумів різних марок.

4. Відпрацьовані частини електропровідних накладок пантографа електровоза застосовувати для повторного використання в якості вихідної сировини, що збільшить їх працездатність у 2 рази.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 16.12.2022)
2. Краснянский М.Е. Утилизация и рекуперация отходов: Учебное пособие. Харків: Бурун Книга, 2007. – 265 с.
3. Крашні європейські практики управління відходами (посібник) / А. Войціховська, О. Кравченко, О. Мелень-Забрамна, М. Панькевич // Львів: Видавництво «Компанія «Манускрипт»», 2019. – 64 с.
4. Ferrão P., Ribeiro P., Silvab P. A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. Waste Management. Volume 28, Issue 3, 2008. – P. 604-614.
5. Рубан Е.В. Технологічні основи утилізації та рекуперції твердих промислових та побутових відходів: навчальний посібник / Е.В. Рубан, М.В. Островка, Н.Б. Куцька, Н.М. Соколенко, О.І. Будрик; під загал. ред.

проф. Попова Є.В. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2018. – 312 с.

6. Наркевич И.П. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ / И.П. Наркевич, В.В. Печковский. М.: Химия, 1984. – 240 с.
7. Никуличев Ю.В. Управление отходами. Опыт Европейского союза. Аналит. Обзор. М.: РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ.исслед. глобальной безоп. и регионал. пробл. Отд. проб. европ. безопасности., 2017. – 55 с.
8. Касимов А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань, В.В. Мясоедов. Харьков: ХНАГХ, 2008. – 510 с.
9. Nor H.M., Ebdon J.R. Ozonolysis of natural rubber in chloroform solution. Part 1. A study by GPS and FTIR spectroscopy// Polymer. 2000, V.41, P. 23-59.
10. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 // База даних «Закони України» / Главний правовий портал України. URL:http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN7371.html (дата звернення:12.12.2022).
11. Патент України №3380 на корисну модель Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо мастильних матеріалів транспортних засобів / Могила В.І., Горбунов М.І., Аптекарь М.Д., Попова Н.В., Попов С.В., Малохатко А.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u2004020882; заявл. 20.04.2004; опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1. – 2 с.
12. Патент України №4303 на корисну модель Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумо мастильних матеріалів транспортних засобів / Могила В.І., Горбунов М.І., Аптекарь М.Д., Басов Г.Г., Попова Н.В., Попов С.В., Малохатко А.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u2004020820; заявл. 05.02.2004; опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11. – 2 с.
13. Патент України №66004 на корисну модель Спосіб одержання рідкого вуглеводного палива з відходів гумо-мастильних матеріалів транспортних засобів МПК (2006.01) C10G 1/10 / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Шишковська Г.Ю., Горбунов М.М., Ноженко О.С., Шижко В.С., Ковтанець М.В., Скорняк С.С.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201105051; заявл. 20.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. – 3 с.
14. Патент України №97701 на винахід Спосіб одержання рідкого та газоподібного вуглеводного палива з відходів гумомастильних матеріалів транспортних засобів МПК (2006.01) C10G 1/10 / Горбунов М.І., Могила В.І., Арапов О.А., Кравченко К.О., Скліфус Я.К., Горбунов М.М., Ноженко В.С., Ковтанець М.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201006520; заявл. 28.05.2010; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. – 2 с.

References

1. Zakon Ukrayini «Pro vidhodi» vid 05.03.1998 r. № 187/98-VR // Baza danih «Zakonodavstvo Ukrayini» / VR Ukrayini. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> (data zvernennya: 16.12.2022)
2. Krasnyanskiy M.E. Utilizaciya i rekuperaciya othodov: Uchebnoe posobie. Harkiv: Burun Kniga, 2007. – 265 s.
3. Krashi yevropejski praktiki upravlinnya vidhodami (posibnik) / A. Vojciovskaja, O. Kravchenko, O. Melen-Zabramna, M. Pankevich // Lviv: Vidavnicтво «Kompaniya «Manuskript»», 2019. – 64 s.

4. Ferrao P., Ribeiro P., Silvab P. A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. *Waste Management*. Volume 28, Issue 3, 2008. – P. 604-614.
5. Ruban E.V. Tehnologichni osnovi utilizaciyi ta rekuperaciyi tverdih promislovih ta pobutovih vidhodiv: navchalnij posibnik / E.V. Ruban, M.V. Ostrovka, N.B. Kucka, N.M. Sokolenko, O.I. Budrik; pid zagal. red. prof. Popova Ye.V. – Syevyerodoneck: vid-vo SNU im. V. Dalya, 2018. – 312 s.
6. Narkevich I.P. Utilizaciya i likvidaciya othodov v tehnologii neorganicheskikh veshstv / I.P. Narkevich, V.V. Pechkovskij. M.: Himiya, 1984. – 240 s.
7. Nikulichev Yu.V. Upravlenie othodami. Opyt Evropejskogo soyuza. Analit. Obzor. M.: RAN. INION. Centr nauch.-inform.issled. globalnoj bezop. i regional. probl. Otd. prob. evrop. bezopasnosti., 2017. – 55 s.
8. Kasimov A.M. Sovremennye problemy i resheniya v sisteme upravleniya opasnymi othodami / A.M. Kasimov, V.T. Semenov, N.G. Sherban, V.V. Myasoedov. Harkov: HNAGH, 2008. – 510 s.
9. Nor H.M., Ebdon J.R. Ozonolysis of natural rubber in chloroform solution. Part 1. A study by GPS and FTIR spectroscopy// *Polymer*. 2000, V.41, P. 23-59.
10. Derzhavnij klasifikator Ukraini. Klasifikator vidhodiv DK 005-96 // Baza danih «Zakoni Ukraini» / Glavnyj pravovoj portal Ukrainy. URL:http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN7371.html (data zvernennya: 12.12.2022).
11. Patent Ukraini №3380 na korisnu model Sposib oderzhannya ridkogo ta gazopodibnogo vuglevodnogo paliva z vidhodiv gumo mastilnih materialiv transportnih zasobiv / Mogila V.I., Gorbunov M.I., Aptekar M.D., Popova N.V., Popov S.V., Malohatko A.O.; zayavnik i vlasnik SNU im. V.Dalya. – u20040402882; zayavl. 20.04.2004; opubl. 17.01.2005, Byul. № 1. – 2 s.
12. Patent Ukraini №4303 na korisnu model Sposib oderzhannya ridkogo ta gazopodibnogo vuglevodnogo paliva z vidhodiv gumo mastilnih materialiv transportnih zasobiv / Mogila V.I., Gorbunov M.I., Aptekar M.D., Basov G.G., Popova N.V., Popov S.V., Malohatko A.O.; zayavnik i vlasnik SNU im. V.Dalya. – u2004020820; zayavl. 05.02.2004; opubl. 15.11.2004, Byul. № 11. – 2 s.
13. Patent Ukraini №66004 na korisnu model Sposib oderzhannya ridkogo vuglevodnogo paliva z vidhodiv gumo-mastilnih materialiv transportnih zasobiv MPK (2006.01) C10G 1/10 / Gorbunov M.I., Kravchenko K.O., Shishkovska G.Yu., Gorbunov M.M., Nozhenko O.S., Nozhenko V.S., Kovtanec M.V., Skornyakov S.S.; zayavnik i vlasnik SNU im. V.Dalya. – u201105051; zayavl. 20.04.2011; opubl. 26.12.2011, Byul. № 24. – 3 s.
14. Patent Ukraini №97701 na vinahid Sposib oderzhannya ridkogo ta gazopodibnogo vuglevodnogo paliva z vidhodiv gumomastilnih materialiv transportnih zasobiv MPK (2006.01) C10G 1/10 / Gorbunov M.I., Mogila V.I., Arapov O.A., Kravchenko K.O., Sklifus Ya.K., Gorbunov M.M., Nozhenko V.S., Kovtanec M.V.; zayavnik i vlasnik SNU im. V.Dalya. – u201006520; zayavl. 28.05.2010; opubl. 12.03.2012, Byul. № 5. – 2 s.

Mogila V.I., Kovtanets M.V., Morneva M.O., Kovtanets T.M. Concept and implementation of complex renovation and regeneration of rubber products, oils and composites of railway transport with obtaining new qualities of materials

The work is devoted to the creation of a scientific theory of the concept and laws related to the processing of industrial waste of the railway industry – REP (rubber engineering

products), oil and lubricants, pantograph linings, brake pads, substantiation of their ecological danger and the development of complex methods of renovation, regeneration, disposal to minimize anthropogenic impact on the environment. Analysis of the current state of application of technologies of renovation, regeneration of REP, oils of carbon-containing polymers, theoretical and experimental research of the properties of waste materials, temperature, water content and other parameters, the effect of local cooling of high-frequency (HF) and over-high-frequency (OHF) electromagnetic fields of waste materials, use of ozone for the intensification of the destruction of rubber-technical products, which will allow to the destruction of rubber-technical products, which will allow to develop environmentally safe methods of regeneration, renovation and utilization of REP of different composition and shelf life.

A method of obtaining liquid and gaseous fuel from waste rubber-lubricant materials is proposed, in which the final block of innovative technical solutions, namely: the excitation of ultrasonic vibrations for the destruction of rubber waste; heating of metal cords by introducing a high-frequency current; excitation of electromagnetic vibrations of the cord; ozone in the pyrolysis chamber to improve the rubber solution and form a homogeneous mixture. It was established that rapid oxidation of rubber waste occurs due to the destruction of intermolecular and intramolecular bonds under the influence of ozone. Therefore, in the presence of microcracks on the surface of the rubber (the number of which is significant for used tires), ozone first begins to attack those molecules located at the tops of the cracks, which leads to the rapid growth of cracks and the disintegration of the material into pieces with relatively smooth surfaces. In the case of ozone attack, the surfaces of the formed pieces are oxidized, that is, the molecular weight decreases on the surfaces and oxygen-containing products of rubber oxidation appear. In parallel with the introduction of ozone and ultrasound, turn on electromagnets that create an electromagnetic field; the metal cord (included in the rubber) alternately moves from one magnet to another. Electromagnets activate the movement of the mixture. In this way, the dissolution of the rubber, its separation from the metal part and highly effective mixing are achieved.

Keywords: *rubber engineering products, utilization, renovation, regeneration.*

Могіла Валентин Іванович – к.т.н., професор ка-федри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, vmogila@ukr.net
Ковтанець Максим Володимирович – к.т.н., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, kovtanetsm@gmail.com

Морнева Марина Олегівна – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, morneva@snu.edu.ua
Ковтанець Тетяна Миколаївна – молодший науковий співробітник кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; kovtanect@gmail.com