

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

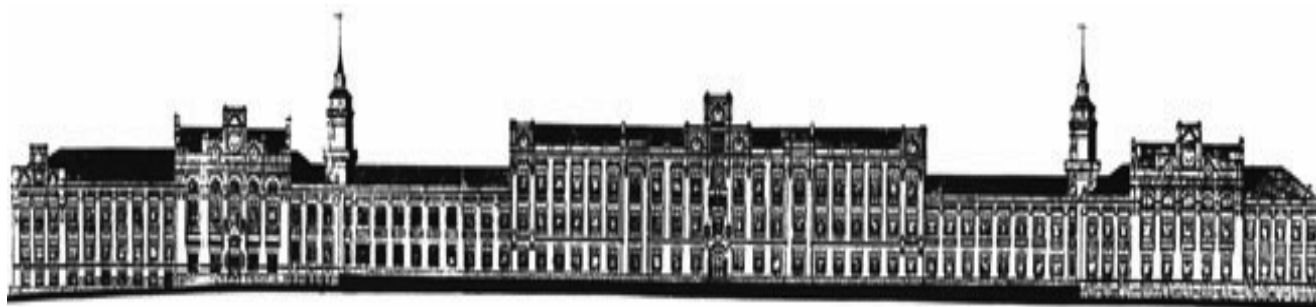
Утилізація та рекуперація твердих відходів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних і практичних робіт
та самостійної роботи

для студентів напрямку підготовки 6.040106 "Екологія, охорона
навколишнього середовища та збалансоване
природокористування"

Затверджено Методичною радою ІХФ НТУУ "КПІ"



Київ
НТУУ "КПІ"
2013

Утилізація та рекуперація твердих відходів [Текст] : методичні вказівки до виконання лабораторних і практичних робіт та самостійної роботи для студентів напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” - Уклад.: В.М.Радовенчик - К.: НТУУ "КПІ", 2013.- 50 с.

Гриф надано Методичною радою ІХФ НТУУ "КПІ"
(Протокол № 1 від 28.01.2013 р.)

Утилізація та рекуперація твердих відходів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання лабораторних і практичних робіт та самостійної роботи для студентів напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”

Укладач: В.М.Радовенчик, д-р. техн. наук, доц.

Відповідальний М.Д.Гомеля, д-р техн. наук, проф.
редактор

Рецензент: Степанюк Андрій Романович, канд. техн. наук, доцент.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Загальні положення.....	5
2. Навчальна програма курсу	6
3. Основні властивості твердих побутових відходів.....	8
4. Вимоги до виконання та оформлення лабораторних робіт	12
5. Лабораторні роботи:	12
Лабораторна робота 1. Класифікація зернистих матеріалів.....	12
Лабораторна робота 2. Визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій.....	15
Лабораторна робота 3. Визначення вологості компонентів відходів.....	18
Лабораторна робота 4. Визначення морфологічного та фракційного складу твердих побутових відходів	19
Лабораторна робота 5. Визначення типу відходів пластмас.....	22
6. Приблизна тематика практичних занять	25
7. Приклади розв'язання практичних задач	26
8. Приклад самостійного освоєння матеріалу з теми	28
Список літератури	31

ВСТУП

Проблеми твердих відходів, як і інші екологічні проблеми, щорічно загострюються. Застосування недосконалих технологічних процесів та недостатня комплексність використання сировини в промисловості, значне збільшення чисельності населення при поліпшенні якості життя викликає утворення величезної кількості твердих промислових та побутових відходів. Ще В.І.Вернадський приписував людству найбільшу геологічну силу. На сьогодні його твердження повністю справджується. Якщо протягом року в результаті вулканічної діяльності переміщується, викидається, перетворюється і т.п. 1 млрд. т різноманітних речовин, в результаті діяльності живих організмів – 1000 млрд. т, то людство вже переступило межу в 100 млрд. т. Сьогодні щорічно на одного жителя із земних надр виймається близько 20 т різноманітних речовин, що в масштабах планети складає більше 120 млрд. т.

Для екології досить часто те, що ще вчора було нормою, сьогодні є порушенням, а завтра – переходить в категорію злочину. Така ситуація характерна і для твердих відходів. Особливістю твердих відходів є той факт, що по мірі збільшення вимог екологічного законодавства щодо викидів у атмосферу та гідросферу і розвитку відповідних технологій забруднення з них переводились у твердий стан, як найбільш стабільний, автоматично збільшуючи об'єми твердих відходів.

Проблеми твердих відходів включають кілька основних аспектів. Особливістю твердих відходів є їх прив'язаність до місць утворення. Тому вони, перш за все, є основним джерелом надходження в довкілля шкідливих хімічних, біологічних та біохімічних речовин, що створює загрозу здоров'ю та життю людства. В промисловості використовується величезна кількість речовин, які не характерні для природи. Тому в довкіллі вони не розкладаються взагалі або розкладаються дуже повільно, розсіюючись і забруднюючи атмосферу, гідросферу та літосферу, призводячи до загибелі значної кількості живих організмів та порушуючи рівновагу екосистем. Накопичення ж побутових відходів супроводжується інтенсивним розвитком популяції щурів та бліх, котрі є основними причинами самих страшних епідемій в історії людства.

Сьогодні поводження з відходами виходить на новий, якісний рівень. Все частіше зустрічаються твердження про зародження нової науки – *гарбології* (від англійського – "garbage" – сміття), або простіше – *сміттєведення*. Сучасну еру існування людства все частіше, по аналогії із кам'яною, бронзовою, атомною, називають сміттевою. Тому вивчення проблем ТПБВ та технологій їх знешкодження видається нам дуже своєчасним.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна "Утилізація та рекуперація твердих відходів" є одним із основних розділів промислової екології. Дисципліна вивчає основні методи і технології вилучення і переробки твердих відходів, утилізацію відходів та основне обладнання, яке використовується в процесах вилучення і переробки.

Згідно з ОКХ курс "Утилізація та рекуперація твердих відходів" формує відповідну компетенцію, а саме базові знання з поводження з твердими відходами в обсязі, необхідному для вивчення професійних дисциплін та для використання в обраній професії.

Тому метою курсу "Утилізація та рекуперація твердих відходів" є ознайомлення з процесами утилізації твердих відходів, методами поводження з ними на території України та за кордоном, їх накопиченням та захороненням, можливістю використання відходів у якості вторинної сировини, з початковими відомостями про склад та стан відходів, норми їх утворення в різних кліматичних зонах та на територіях з різним рівнем розвитку, перспективними сучасними технологіями знешкодження твердих відходів, використанням геосинтетичних матеріалів у процесах захоронення відходів.

Згідно з ОПП, змістом уміння, що забезпечується, є на підставі відповідних методичних рекомендацій та інструкцій проводити аналіз морфологічного складу відходів з вибором ефективної технології для їх переробки чи складування.

Студент, який закінчив вивчення даної дисципліни, здатен:

- § використовувати основні методи переробки відходів в процесах їх утилізації;
- § використовуючи існуючі закономірності, розраховувати теплотворну здатність відходів при термічному методі їх утилізації;
- § на основі закономірностей екзогенних та ендогенних процесів, оцінювати вплив сховищ на окремі елементи довкілля;
- § використовуючи сучасні нормативи накопичення відходів, розраховувати необхідні параметри сховища для їх безпечної ізоляції;
- § ідентифікувати основні компоненти твердих побутових відходів для їх наступної класифікації,
- § працювати з учбовою літературою та іншими джерелами інформації з поводження з відходами для поглиблення знань
- § володіти відповідною термінологією для спілкування з науковцями.

Дисципліна "Утилізація та рекуперація твердих відходів" викладається в 7 семестрі і закінчується диференційованим заліком.

2. НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА КУРСУ

Розділ 1

Класифікація твердих відходів та методи їх переробки

Тема 1.1. Класифікація твердих відходів

Лекція 1. Основні терміни та поняття в галузі поводження з твердими відходами.

Класифікація твердих відходів. Література: 1 [10-21], 2 [212-226], 3 [337-338].

Тема 1.2. Технологічні процеси та апарати для знешкодження твердих відходів

Лекція 2. Методи зменшення розмірів шматків твердих відходів.

Література: 1 [22-36], 3 [338-342], 4 [226-232];

Лекція 3. Методи класифікації, сортування та збагачення.

Література: 1 [37-64], 3 [338-342], 4 [226-232].

Лекція 4. Термічні та хімічні методи обробки відходів.

Література: 1 [75-87], 3 [338-342], 4 [226-232].

Лекція 5. Біологічні методи підготовки та переробки твердих відходів.

Література: 1 [85-87], 3 [342-344], 5 [538-556].

Тема 1.3. Геосинтетичні матеріали в технологіях переробки твердих відходів

Лекція 6. Класифікація геосинтетичних матеріалів.

Література: 1 [89-102].

Лекція 7. Геосинтетичні матеріали в технологіях переробки твердих відходів.

Література: 1 [102-107].

Розділ 2

Тверді побутові відходи

Тема 2.1. Стан та склад твердих побутових відходів

Лекція 8. Стан та склад твердих побутових відходів.

Література: 1 [308-314], 3 [310-317].

Тема 2.2. Збір, транспортування та захоронення твердих побутових відходів

Лекція 9. Збір та транспортування твердих побутових відходів.

Література: 1 [314-340], 3 [318-323].

Тема 2.3. Захоронення твердих побутових відходів.

Лекція 10. Полігони ТПБВ та їх екологічні проблеми.

Література: 1 [349-361], 3 [324-327].

Лекція 11. Технології переробки ТПБВ з отриманням біогазу.

Література: 1 [362-388], 3 [324-327].

Тема 2.4. Сортування твердих побутових відходів

Лекція 12. Системи сортування твердих побутових відходів.

Література: 1 [393-405], 3 [330-332].

Лекція 13. Переробка компонентів твердих побутових відходів.

Література: 1 [406-458], 13 [9-10], 14[55-59].

Лекція 14. Маркування пакувальних матеріалів.

Література: 1 [463-468], 13 [9-10], 14[55-59].

Тема 2.5. Термічні методи знешкодження твердих побутових відходів

Лекція 15. Будова сміттєспалювальних заводів.

Література: 1 [468-472], 3 [334-336].

Лекція 16. Піроліз та газифікація ТПБВ.

Література: 1 [484-494], 3 [334-336].

Лекція 17. Знешкодження ТПБВ в розплаві шлаку та плазмі.

Література: 1 [495-498], 3 [334-336].

Тема 2.6. Біологічні методи знешкодження твердих побутових відходів

Лекція 18. Біологічні методи знешкодження твердих побутових відходів.

Література: 1 [499-516], 3 [327-330].

3. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Морфологічний склад ТПБВ досить різноманітний та мінливий як в часі, так і територіально. Він суттєво залежить від рівня розвитку країни, пори року, географічного розміщення і т.п. Тому відсоткове співвідношення між різними компонентами ТПБВ може бути приведено лише умовно або для конкретної партії сміття. Порівняння осередненого складу сміття для країн з різним рівнем розвитку показує, що при переході від бідних до багатих країн досить суттєво змінюється вміст практично всіх складових ТПБВ. З 2,3 % до 32 % зростає вміст паперу та картону, в той час, як вміст органічних відходів знижується із 61 % до 26 %. В розвинутих країнах переважна більшість продуктів харчування продається в готовому для споживання вигляді напівфабрикатів, тому більша частина відходів від переробки таких продуктів залишається на переробних підприємствах, поповнюючи категорію промислових відходів. Більшість продукції поставляється у фасованому вигляді. Тому збільшення вмісту в ТПБВ паперу та картону зумовлено, переважно, широким використанням тари та пакування, що є цілком прогнозовано для країн різного рівня розвитку.

Характерно змінюється вміст скла та пластику. Для бідних країн вміст скла та пластику в сумі складає близько 5 %, причому, скла в 2 рази більше ніж пластику. Для перехідних країн сумарний вміст скла та пластику зростає до 13 %, з яких лише близько 2 % - скло, що зумовлено зручністю використання одноразової пластикової тари. В розвинутих країнах, де проблемам екології та ресурсозбереження приділяють більше уваги, використання скляної тари багаторазового використання зростає, що зумовлює збільшення скла у відходах до 10 % при зниженні вмісту пластику до 8 %. Нерівномірно змінюється і вміст у відходах текстилю, гуми та шкіри. Якщо прийняти бідні країни за базу, то у ТПБВ міститься до 7 % текстилю, шкіри, гуми. У країнах перехідного типу вміст текстилю, гуми та шкіри виростає до 14 %, що на нашу думку, може бути пов'язано із збільшенням використання виробів із вказаних матеріалів. Разом з тим, ефективна система збору таких відходів у перехідних країнах відсутня, тому основна маса потрапляє на звалище. В розвинутих країнах система збору вторинних ресурсів добре відлаштована, відпрацьовані шини відправляють на переробку, зношений одяг збирають для використання в якості дрантя чи передачі біднішим верствам населення, тому вміст текстилю, гуми та шкіри у відходах таких країн нижче 5 %. Відповідно змінюються і проблеми, викликані ТПБВ. Якщо для слабкорозвинутих країн основними є санітарно-гігієнічні проблеми, то для розвинутих – проблеми ресурсозбереження та екології. Для України, як країни перехідного етапу, характерним є об'єднання обох проблем одночасно.

В значній мірі змінюється склад ТПБВ в залежності від кліматичної зони. На півдні більше органічних відходів та менше паперу і картону. Особливо ця різниця відчутна при зміні сезону, коли в південній зоні вміст органічних відходів зростає з 20 - 25 % весною до 40 - 55 % восени, коли відбувається збір та інтенсивне споживання овочів та фруктів нового врожаю. Суттєво змінюється в ТПБВ вміст сміття, котре змітається безпосередньо з вулиць та прибудинкових територій. В зимовий період його доля зменшується в два - три рази.

Потік ТПБВ формується, в основному, за рахунок відходів трьох основних галузей - жилого сектору, комунальних та громадських організацій, промисловості. В усіх випадках мова йде про тверді відходи, що утворюються в результаті перебування працівників на робочому місці і забезпечення їм нормальних умов діяльності. Тому очевидно, що морфологічний склад відходів від кожного з перерахованих трьох джерел буде суттєво відрізнятися між собою. Найбільш суттєво відрізняються відходи за вмістом органіки та паперу і картону, що цілком пояснюється особливостями процесів діяльності людини в жилому секторі та на промисловому чи комунальному підприємстві.

Після набуття Україною незалежності відбулося багато змін в рівні життя, значно зріс перелік та об'єм матеріалів, котрі використовуються в побуті, змінилося відношення

до вторинних ресурсів. Значна частина металу, паперу і картону, скла, пластику відбирається з ТПБВ ще на стадії накопичення на прибудинковій території. Порівняння складу ТПБВ на території України навіть за останні 15 років (дані Київського заводу "Енергія") показує його значну мінливість. Такі зміни викликані як використанням значних об'ємів нових пакувальних матеріалів (пластичні маси та метали для напоїв), так і рівнем їх збору та утилізації.

В Європейському Союзі осередненим вважається наступний склад побутових відходів (у % по масі сухої речовини): харчові відходи – 20 – 50, дворові відходи – 12 – 18, папір та картон – 20 – 42, текстиль – 1 – 6, пластмаси – 3 – 8, деревина – 1 – 8, скло – 4 – 12, метали – 3 – 12, інші неорганічні відходи – 1 – 20. Вважається, що із загальної маси відходів близько 75 % піддається біологічному розкладанню.

Фракційний склад ТПБВ представляє собою вміст в суміші шматків відповідного розміру. Цей показник дуже важливий для процесів транспортування та обробки ТПБВ, оскільки є визначальним при виборі обладнання окремих процесів, як наприклад, сепарації, розділення, компостування. Дослідженнями встановлено, що до 2 % загальної маси ТПБВ складають шматки з розміром більше 350 мм. 98 % відходів мають менший розмір шматків. Вміст різних фракцій коливається в значних межах і суттєво залежить від пори року, країни, кліматичної зони і т.д. 2 % відходів представляють собою крупногабаритні відходи у вигляді побутової техніки, старих меблів, шматків будівельних конструкцій з різних матеріалів і т.д.

Суттєве значення для процесів переробки відходів мають їх **фізичні властивості** – вологість, щільність, зв'язаність, абразивні та корозійні властивості і т.д. **Вологість** ТПБВ може коливатися в дуже широких межах. Визначається вона, переважно, вологістю самих складових відходів, умовами та терміном їх зберігання. Якщо папір, картон, деревина в своєму природному стані вміщують не більше 20 – 50 % вологи, то вологість харчових відходів рідко буває нижчою 60 %, а в окремих випадках сягає 95 % і більше.

Щільність ТПБВ в значній мірі залежить від морфологічного та фракційного складу, тому є такою ж мінливою, як і інші характеристики. Для території України щільність ТПБВ може коливатися в межах 0,18-0,6 т/м³. Найбільшу щільність мають відходи, котрі утворюються на територіях з пічним опаленням. Найменшу щільність мають ТПБВ, котрі утворюються у великих містах з централізованою системою опалення. Визначальним у формуванні щільності ТПБВ є вміст паперу, картону та пластику. Оскільки для розвинутих країн вміст цих компонентів збільшується, то щільність знижується до 0,1 т/м³. Саме на це мінімальне значення можна орієнтуватись Україні в майбутньому. Щільність ТПБВ в значній мірі залежить від процесу їх обробки після збирання. Наприклад, початкова щільність ТПБВ складає 140 – 180 кг/м³. Після пресування, котре дозволяє знизити транспортні витрати, продовжити термін експлуатації полігону та покращити умови розкладання органічної речовини в тілі звалища, щільність може бути збільшена до 600 - 800 і навіть 900 – 1000 кг/м³. Завдяки наявності у ТПБВ паперу та картону, текстилю, дроту, шматків пластикової плівки їм характерна така властивість, як **зв'язаність**. Вона проявляється в тому, що ТПБВ схильні до утворення аркоподібних куполів і самостійно не здатні проходити через решітку з розміром комірки 30х30 см. Наявність у відходах значної кількості вологих та липких компонентів надає їм властивостей зчеплюваності, котрі проявляються у налипанні відходів на стінки бункерів, розміщених під кутом 65 - 70 ° до горизонту. Тому при проектуванні обладнання для транспортування та накопичення ТПБВ необхідно враховувати ці властивості, тим більше, що вони можуть суттєво змінюватись в залежності від вмісту окремих компонентів. Наявність у ТПБВ шматків металів, скла, кераміки, костей призводить до часткового руйнування поверхонь, по яких відходи переміщуються. Такі **абразивні властивості** змушують виконувати бункери для накопичення відходів з металів, котрі більш стійкі до такого впливу або обшивати металом споруди з інших матеріалів. Однак, при цьому виникає інша проблема. Оскільки окремі компоненти ТПБВ мають значну вологість,

містять достатню кількість солей, а органічні компоненти здатні розкладатися з утворенням різноманітних кислот, значно зростають **корозійні властивості** як самих відходів, так і їх фільтратів. Особливого руйнування зазнає обладнання при дії абразивних відходів із підвищеними корозійними властивостями. При зберіганні ТПБВ схильні до злежування, самоущільнення та втрати сипучості. В окремих випадках для зменшення об'єму ТПБВ та забезпечення більш зручного та ефективного транспортування їх піддають примусовому пресуванню. Основною характеристикою відходів в цьому випадку служать їх **компресійні властивості** – вплив тиску на здатність відходів до ущільнення. Обробка ТПБВ тиском 0,1 МПа дозволяє в 3 - 4 рази зменшити об'єм та відповідно збільшити щільність до 0,7 - 0,9 т/м³. Збільшення тиску до 0,3 - 0,5 МПа супроводжується зменшенням початкового об'єму відходів в 5 - 8 разів та збільшенням щільності до 1 т/м³ і більше. При такому тиску спостерігається руйнування різноманітних пористих шматків, їх зминання та видавлювання невеликої кількості вологи. Видалення 80 - 90 % вологи з ТПБВ спостерігається при тисках в 10 - 20 МПа, коли їх об'єм зменшується ще в 2 - 2,5 рази із збільшенням щільності в 1,3 - 1,7 рази. При таких тисках зникають порожнини між окремими шматками, практично повністю перекривається доступ кисню до глибинних шарів відходів, тому розвиток мікроорганізмів гальмується і спресовані відходи тимчасово стабілізуються. Досить важливою фізичною властивістю ТПБВ є їх **теплотворна здатність**. В середньому при згорянні 1 кг відходів утворюється 5,0 - 6,0 МДж енергії. Цей параметр в значній мірі залежить від морфологічного складу, вологості, щільності та інших параметрів відходів.

Хімічний склад ТПБВ також є досить мінливою характеристикою, тому може бути приведений лише у вигляді оціночних значень. Основним елементом ТПБВ є вуглець з домішками кальцію, фосфору, азоту, сірки, кисню та інших елементів. Вміст значної кількості органічних речовин дозволяє отримувати з ТПБВ шляхом компостування продукти із високими агрохімічними показниками.

Порівняння хімічного складу ТПБВ із складом земної кори змушує визнати, що ТПБВ значно токсичніші в результаті наявності значних концентрацій хлору, фтору, бромів та важких металів. З іншого боку, вміст у ТПБВ окремих компонентів у концентраціях, на кілька порядків більших, ніж у земній корі, робить сховища ТПБВ цінними техногенними родовищами.

Санітарно – бактеріологічні властивості ТПБВ суттєво відрізняються від аналогічних властивостей різних твердих компонентів літосфери – ґрунтів, глин, пісків, руд і т.п. Наявність у ТПБВ значної кількості органічних речовин призводить до інтенсивного їх гниття та розкладання в докільлі з виділенням неприємних запахів та насиченого різноманітними сполуками фільтрату. Такі умови є сприятливим середовищем для інтенсивного розвитку самих різноманітних мікроорганізмів. Тут фіксуються різноманітні патогенні бактерії, яйця гельмінтів, збудники дизентерії, туберкульозу, гепатиту, захворювань шкіри, алергічних хвороб і т.п. Все це розноситься на прилеглій території комахами, птахами, щурами, дикими та свійськими тваринами.

В світі сьогодні нараховується біля 20 різноманітних методів знешкодження та утилізації ТПБВ. За кінцевою метою їх поділяють на *ліквідаційні*, котрі вирішують, переважно, санітарно – гігієнічні завдання та *утилізаційні*, котрі вирішують проблеми економічного використання вторинних ресурсів. За технологічними принципами всі методи знешкодження та утилізації ТПБВ поділяють на *термічні, біологічні, хімічні, механічні та змішані*. Сьогодні людство погоджується із думкою про те, що не обов'язково всі ТПБВ вивозити на звалища. Значну їх частину після відповідної обробки можна використовувати повторно (пляшки із скла), ще більшу – застосовувати в якості вторинної сировини (папір, картон, метал, пластик, текстиль, гума). Решту ж можна повертати в докільлі у вигляді значно безпечніших і навіть корисних речовин (компост) чи використовувати в якості палива для отримання енергії. При такому підході об'єм захоронення стає досить незначним або й зникає взагалі.

Найбільш економічно та екологічно виправданими та такими, що набули найбільшого поширення методами знешкодження та утилізації ТПБВ на сьогодні можна вважати:

- захоронення на спеціально обладнаних полігонах;
- сортування з повторним використанням відібраних матеріалів;
- спалювання в різних умовах, часто з утилізацією тепла;
- компостування з отриманням добрива чи біопалива;
- вермикультивування із отриманням біогумусу.

4. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Мета лабораторних робіт – допомогти студентам закріпити теоретичні основи курсу “Утилізація та рекуперація твердих відходів”, набути досвід визначення основних параметрів твердих відходів та ознайомитися з методами ідентифікації окремих їх компонентів, отримати навички самостійної науково-дослідної роботи.

Під час виконання лабораторних робіт студенти проводять сортування твердих побутових відходів, визначають їх морфологічний склад, моделюють технологічні процеси з класифікації відходів.

Основна задача робіт – допомогти студентам оволодіти сучасними методами визначення властивостей твердих побутових відходів, методами їх класифікації та розділення.

Перед початком роботи студенти повинні пройти загальний інструктаж з техніки безпеки, без якого вони не допускаються до виконання лабораторних робіт.

Під час підготовки до лабораторних робіт студент повинен вивчити теоретичну частину даної роботи.

Попередньо студенти самостійно складають протокол, в якому коротко викладають теоретичні відомості відносно складу роботи, наводять розрахункові формули і методику проведення роботи. Зазвичай результати випробувань за кожним із вимірюваних показників заносять в таблицю.

Готовність студента до проведення лабораторної роботи визначається викладачем після індивідуальної співбесіди.

Звіт з лабораторної роботи закінчується висновками, в яких узагальнюються результати проведеної роботи.

Під час захисту лабораторної роботи студент викладає теоретичний матеріал, що стосується даної роботи, суть методу та захищає отримані результати.

5. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота №1

Класифікація зернистих матеріалів

Загальні відомості

Просіюванням або **ситовою класифікацією** називають процес розділення подрібнених матеріалів на класи за розмірами шляхом пропускання їх через спеціальні сита чи колосникові решітки. Сьогодні найчастіше використовують плоскі, циліндричні чи конічні сита, отримані шляхом штампування із сталевих листів з отворами відповідної конфігурації та розмірів, плетені сита із дроту різного діаметру і колосники із стержнів різного розміру. Вважається, що просіювання найдоцільніше використовувати для класифікації шматків з розміром $1 \div 250$ мм. При цьому суть процесу полягає в тому, що під дією сил земного тяжіння та інерції шматки відходів, розмір котрих менше розміру отворів сита, проходять через полотно, а шматки більшого розміру залишаються на ситі. Використовуючи кілька сит з отворами визначених розмірів, можна отримувати фракції твердих відходів, розміри котрих коливаються в наперед заданих межах і носять назву *класів*. При цьому шматки, що пройшли через сито, носять назву *відсіву* і при позначенні класу записуються із знаком "+", а шматки, котрі лишилися на ситі – *відходу* і позначаються знаком "-". Тоді, якщо використовуються, наприклад, сита з розміром

отворів 2 та 1 мм відповідно (тобто, частки пройшли через сито з отворами в 2 мм і затримались на ситі з розміром отворів 1 мм), то їх клас буде визначатися як -2+1 мм. Згідно нормативних документів сітки позначають цифровими номерами, котрі відповідають розміру сторони отвору в мм. Наприклад, сітка №5 має квадратний отвір розміром 5×5 мм. А це свідчить про те, що у відсіві максимальний розмір часток не буде перевищувати 5 мм. Для сита №025 цей параметр становитиме 0,25 мм, а для сит №004 – 0,04 мм. Інколи для характеристики параметрів сит застосовують такий показник, як кількість отворів на довжині в 1 см або значення квадратного кореня із кількості отворів, що припадають на 1 см² поверхні сита. Раніше досить часто, особливо для сит з розміром отворів менше 1 мм, використовувалась така характеристика сита, як кількість отворів на один лінійний дюйм, котра носить назву *меш*.

В переважній кількості просіювачів з плоскими ситами використовуються сита, виготовлені з металевих сіток, металевих перфорованих листів чи наборів спеціальних елементів – дисків та роликів. При цьому, в залежності від типу твердих відходів та умов просіювання, можуть також застосовуватись сітки з гуми, полімерних матеріалів чи кольорових металів. Отвори в ситах виконують, переважно, круглої чи квадратної форми. Розроблені типи сит, у котрих отвори виконані у вигляді щілин. Форма отворів сит вибирається в залежності від форми часток матеріалу, котрий просіюється.

Якість просіювання характеризується *коефіцієнтом корисної дії*. З різних причин деяка кількість часток навіть з розміром, меншим ніж розмір отвору сита, не проходять через отвори і залишається у відході. Тому коефіцієнт корисної дії просіювачів визначають як

$$E = 10000 \frac{G_1}{Ga} \%,$$

де G – загальна вага початкового матеріалу, кг; G_1 – вага відсіву, отриманого в результаті просіювання, кг; a – вміст в початковому матеріалі часток, розмір котрих менше розміру отворів сита, %. В більшості випадків $E = 60 - 75 \%$. В загальному випадку продуктивність просіювання залежить від значної кількості факторів. Суттєво впливає на цей параметр вологість відходів, форма та шорсткість шматків, співвідношення між окремими фракціями, характеристика обладнання і т.п.

Вміст в суміші шматків різних розмірів носить назву *гранулометричного складу* і визначається з допомогою ситового аналізу.

Продуктивність просіювання характеризується кількістю відходів в т/год, котрі обробляються 1 м² поверхні сита. Чим довше триває процес класифікації, тим менше продуктивність обладнання та вище якість розділення на фракції.

Може бути реалізовано кілька схем просіювання. Переваги просіювання від крупного до дрібного в тому, що шматки значних розмірів відділяються від загальної маси відходів на першому етапі, що дозволяє підвищити ефективність просіювання та зменшити знос сит і подрібнення матеріалу. Перевагою цієї схеми є також її компактність, котра значно ускладнює ремонт та заміну сит.

Схема просіювання від дрібного до крупного дозволяє постійно спостерігати за станом сит та досить просто їх замінювати. Однак, в таких просіювачах первинний матеріал завантажується на сито з найдрібнішими отворами, тому крупні частки перекривають отвори сита, знижують ефективність просіювання, зумовлюють значний знос сит та подрібнення шматків початкового матеріалу.

Застосування комбінованої схеми просіювання дозволяє частково усунути недоліки обох попередніх схем.

В лабораторній роботі використовується *просіювач, що гойдається*, котрий представляє собою корпус 1 з ситам 2, встановлений під кутом $7 \div 14^\circ$ до горизонту і закріплений на шарнірних чи пружних опорах 3 (рис. 1). Через шатун 4 на корпус передаються коливання від ексцентрика 5, що змушує сито гойдатися з частотою 5 – 8 Гц. Амплітуда гойдань сита визначається характеристиками ексцентрика та конкретними

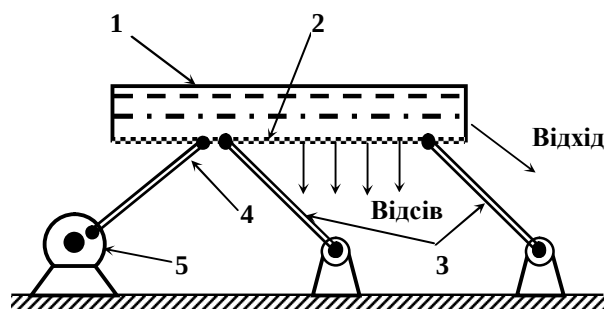


Рис. 1. Схема просіювача, що гойдається:
1 – корпус; 2 – сито; 3 – опори; 4 – шатун; 5 – ексцентрик.

умовами просіювання. Часто в таких просіювачах опори та шатун виконують з дерева, а самі просіювачі використовують для класифікації матеріалів з розміром шматків до 50 мм. Зважаючи на простоту конструкції, зручність обслуговування та досить високу продуктивність, такі просіювачі свого часу були досить поширені. Головним їх недоліком є інтенсивний знос опор та підвищений рівень коливань і шумів.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з процесом класифікації дисперсних матеріалів та визначення гранулометричного складу сипучої суміші.

Обладнання, прилади і реактиви

- лабораторний просіювач;
- технічні ваги.

Хід роботи

Для проведення роботи керівником видається суміш дисперсних матеріалів із різним вмістом часток різноманітних розмірів. Отриману порцію розділяють на дві приблизно рівні частини.

Першу частину зважують та поміщають в сушильну шафу для визначення вологості. Після висушування її висипають в класифікатор і протягом 5 хв піддають обробці, розділяючи суміш на фракції (класи). Кожну фракцію зважують та визначають її долю в загальній суміші.

Другу частину висипають в класифікатор і протягом 5 хв піддають обробці, аналогічно розділяючи суміш на фракції. Кожну фракцію зважують та визначають її долю в загальній суміші.

Порівнюють гранулометричний склад вологої та висушеної суміші. Розраховують продуктивність кожного сита в обох випадках.

Контрольні запитання

1. Наведіть поняття *класу, відсіву та відходу*.
2. Як позначаються фракції при використанні різних сит?
3. Поясніть розрахунок коефіцієнта корисної дії сита.
4. Як впливає вологість на процеси класифікації?
5. Опишіть основні схеми просіювання, наведіть їх недоліки та переваги.
6. Поясніть визначення "гранулометричний склад".

Лабораторна робота №2

Визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій

Загальні відомості

В окремих випадках розділення складових твердих відходів відбувається у водному середовищі, що вимагає знання законів осадження окремої частки в різних умовах та методики визначення гранулометричного складу суміші. Гранулометричний склад порошків та суспензій з розміром часток більше 42 мкм досить просто визначається з допомогою сит стандартних номерів. Для порошків та суспензій з більш дисперсними частинками необхідно застосовувати більш складне обладнання. Одним з таких пристроїв є ваги Фігуровського. Але при незначних концентраціях твердих часток в суспензіях чутливості цих ваг не вистачає, а застосування мікроскопу надто ускладнює сам процес визначення. Більш придатним в цьому випадку є фотоелектричний метод, оскільки фотоколориметр є практично у кожній хімічній лабораторії.

Суть фотоколориметричного методу полягає в наступному. Якщо в кювету залити дозу суспензії та помістити її на шляху світлового променя в фотоколориметрі, то з часом тверді частки будуть седиментувати і оптична густина суспензії зменшуватиметься. Це викликати пропорційну зміну фотоструму, яку досить легко зафіксувати з допомогою традиційних приладів.

З іншого боку, процес осідання твердої частки у стоячій воді описується законом Стокса:

$$t = \frac{180 \times h \times \mu}{981 (s - 1) d^2},$$

де h – висота від поверхні води в кюветі до середини світлового променя, см; μ – в'язкість води при температурі аналізу, пуаз; s – густина досліджуваного порошку чи твердих часток суспензії, г/см³; d – діаметр часток, мкм.

Як впливає із закону, у випадку, коли кожна частка осаджується окремо і не взаємодіє з іншими частками, спочатку осаджуються найкрупніші, далі – менші за діаметром і т.д. Таким чином, фіксуючи зміну фотоструму в часі, можна розрахувати гранулометричний склад суспензії.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з процесом фотоколориметричного визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій, що можуть утворюватися в процесах переробки твердих відходів.

Обладнання, прилади і реактиви

- електричний фотоколориметр ФЕК – 57 з кюветами;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги;
- реагенти.

Хід роботи

В трьох склянках ємністю 0,1 дм³ готують по 100 мл розчинів з концентрацією 1 г/дм³ іонів Fe³⁺ в першій та суміш 1 г/дм³ іонів Fe²⁺ і 2 г/дм³ іонів Fe³⁺ в другій. Після цього розчином NaOH рН в кожній склянці при інтенсивному перемішуванні і доводять до 10. Отримані суміші декантацією відмивають від солей до нейтральної реакції та після перемішування відбирають дози по 10 мл, які розводять дистильованою водою в 10 разів. Зразками отриманої суспензії заповнюють з допомогою піпетки кювету на 50 мл від ФЕК – 57. Швидко закривають кришку фотоколориметра і через визначені проміжки часу фіксують показання вимірювального приладу та записують їх в стовбець 2 таблиці 1. Причому, показання знімають в долях одиниці. Після зняття показників для всього терміну осадження

обчислюють логарифми показників приладу та записують їх в стовбець 3. В стовбець 4 записують різницю наступного та попереднього логарифмів із стовбця 3. Різниці логарифмів сумують та визначають місткість фракцій шляхом поділу кожного значення стовбця 4 на загальну суму їх значень. Час осадження та розміри фракцій визначені по формулі Стокса для температури 20 °С.

Відкладаючи на осі абсцис d , а на осі ординат – місткість фракцій для кожного значення d , будують диференційну криву розподілу часток (рис. 2).

Площу, обмежену отриманою кривою, ділять на прості геометричні фігури, визначають їх площу та розраховують сумарну площу під кривою. Приймавши її за 100 %, визначають долю кожної фігури та будують інтегральну криву розподілу часток (рис. 3).

Таблиця 1

Час осадження, с	Показання мілівольтметра в долях шкали (I_d)	$\log I_d$	$\log I_{d1} - \log I_{d2}$	Місткість фракцій A , %	Розмір фракції, мкм
12					100
16					90
20					80
26					70
35					60
50					50
79					40
140					30
315					20
1260					10
1560					9
1980					8
2580					7
3500					6

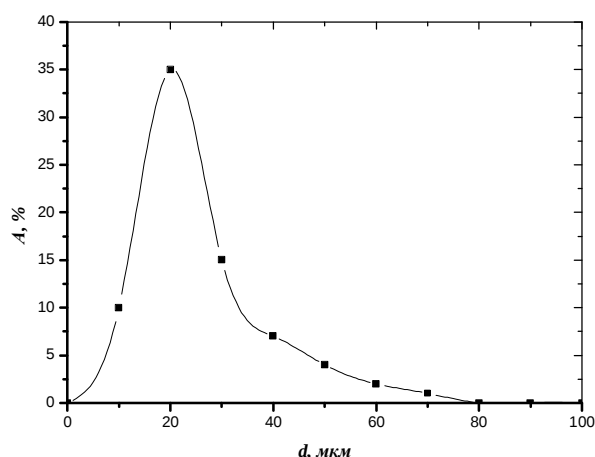


Рис. 2. Диференційна крива розподілу часток за розмірами.

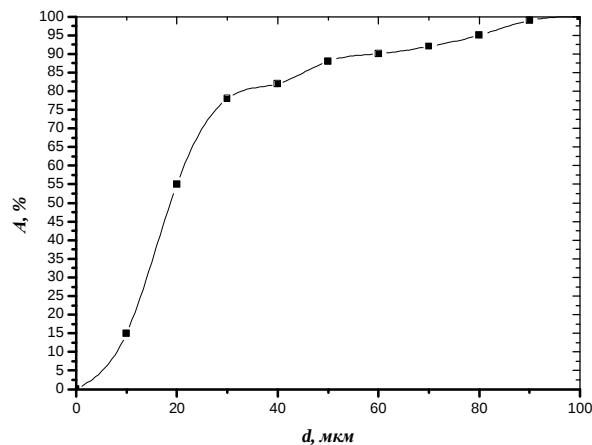


Рис. 3. Інтегральна крива розподілу часток за розмірами.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте закон Стокса і поясніть його суть.
2. Поясніть різницю інтегральної та диференційної кривих розподілу.
3. Поясніть розрахунок вмісту різних фракцій у суміші.
4. Зазначте сили, що діють на тверду частку в стоячій воді.
5. Опишіть основні схеми осідання твердої частки у водному середовищі.
6. Поясніть визначення "гранулометричний склад".

Лабораторна робота №3

Визначення вологості компонентів відходів

Загальні відомості

Суттєве значення для процесів переробки відходів має такий параметр, як вологість. **Вологість** ТПБВ може коливатися в дуже широких межах. Визначається вона, переважно, вологістю самих складових відходів, умовами та терміном їх зберігання. Якщо папір, картон, деревина в своєму природному стані вміщують не більше 20 – 50 % вологи, то вологість харчових відходів рідко буває нижчою 60 %, а в окремих випадках сягає 95 % і більше.

Суттєво на вологість ТПБВ впливають умови їх зберігання та доступність для атмосферних опадів. Оскільки ТПБВ накопичуються на відкритих площадках, то атмосферні опади здатні суттєво збільшувати їх вологість. Змінюється вологість і при тривалому зберіганні відходів, особливо в теплу пору року, коли органічні компоненти починають гнити, бродити і т.д. з виділеннями додаткової кількості вологи. Тому про точну вологість можна вести мову лише для конкретної партії відходів і лише у визначений момент часу. В загальному випадку вважається, що в звичайних умовах вологість ТПБВ складає близько 35 %.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з процесом визначення вологості складових твердих побутових відходів та оцінка їх впливу на загальну вологість твердих відходів.

Обладнання, прилади і реактиви

- електрична сушильна шафа;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги.

Хід роботи

Для роботи відбирають шматки різних складових твердих побутових відходів (папір, картон, харчові продукти, пластики і т. п.), зважують кожен шматок і розміщують в сушильній шафі, де температура не повинна перевищувати 105 °С. Періодично контролюючи вагу кожного шматка, встановлюють момент, коли зниження їх маси припиняється. Тоді початкову вологість осадів визначають за формулою:

$$W=((W_3-W_0)/ W_3)*100\% ,$$

де: W_3 - загальна маса до висушування, г;

W_0 - загальна маса після висушування, г;

Контрольні запитання

1. Сформулюйте визначення вологості твердих відходів.
2. Поясніть, чому температура висушування не повинна бути вище 105 °С.
3. Як визначається термін висушування?
4. Як змінюється вологість відходів в процесі зберігання?

Визначення морфологічного та фракційного складу твердих побутових відходів

Загальні відомості

Морфологічний склад ТПБВ досить різноманітний та мінливий як в часі, так і територіально. Він суттєво залежить від рівня розвитку країни, пори року, географічного розміщення і т.п. Тому відсоткове співвідношення між різними компонентами ТПБВ може бути приведено лише умовно або для конкретної партії сміття. Порівняння осередненого складу сміття для країн з різним рівнем розвитку показує, що при переході від бідних до багатих країн досить суттєво змінюється вміст практично всіх складових ТПБВ. З 2,3 % до 32 % зростає вміст паперу та картону, в той час, як вміст органічних відходів знижується із 61 % до 26 %. В розвинутих країнах переважна більшість продуктів харчування продається в готовому для споживання вигляді напівфабрикатів, тому більша частина відходів від переробки таких продуктів залишається на переробних підприємствах, поповнюючи категорію промислових відходів. Більшість продукції поставляється у фасованому вигляді. Тому збільшення вмісту в ТПБВ паперу та картону зумовлено, переважно, широким використанням тари та пакування, що є цілком прогнозовано для країн різного рівня розвитку.

Характерно змінюється вміст скла та пластику. Для бідних країн вміст скла та пластику в сумі складає близько 5 %, причому, скла в 2 рази більше ніж пластику. Для перехідних країн сумарний вміст скла та пластику зростає до 13 %, з яких лише близько 2 % - скло, що зумовлено зручністю використання одноразової пластикової тари. В розвинутих країнах, де проблемам екології та ресурсозбереження приділяють більше уваги, використання скляної тари багаторазового використання зростає, що зумовлює збільшення скла у відходах до 10 % при зниженні вмісту пластику до 8 %. Нерівномірно змінюється і вміст у відходах текстилю, гуми та шкіри. Якщо прийняти бідні країни за базу, то у ТПБВ міститься до 7 % текстилю, шкіри, гуми. У країнах перехідного типу вміст текстилю, гуми та шкіри виростає до 14 %, що на нашу думку, може бути пов'язано із збільшенням використання виробів із вказаних матеріалів. Разом з тим, ефективна система збору таких відходів у перехідних країнах відсутня, тому основна маса потрапляє на звалище. В розвинутих країнах система збору вторинних ресурсів добре відлаштована, відпрацьовані шини відправляють на переробку, зношений одяг збирають для використання в якості дрантя чи передачі біднішим верствам населення, тому вміст текстилю, гуми та шкіри у відходах таких країн нижче 5 %. Відповідно змінюються і проблеми, викликані ТПБВ. Якщо для слабкорозвинутих країн основними є санітарно-гігієнічні проблеми, то для розвинутих – проблеми ресурсозбереження та екології. Для України, як країни перехідного етапу, характерним є об'єднання обох проблем одночасно.

В значній мірі змінюється склад ТПБВ в залежності від кліматичної зони (рис.3.3 посібника). На півдні більше органічних відходів та менше паперу і картону. Особливо ця різниця відчутна при зміні сезону, коли в південній зоні вміст органічних відходів зростає з 20 - 25 % весною до 40 - 55 % восени, коли відбувається збір та інтенсивне споживання овочів та фруктів нового врожаю. Суттєво змінюється в ТПБВ вміст сміття, котре змітається безпосередньо з вулиць та прибудинкових територій. В зимовий період його доля зменшується в два - три рази.

Потік ТПБВ формується, в основному, за рахунок відходів трьох основних галузей - жилого сектору, комунальних та громадських організацій, промисловості. В усіх випадках мова йде про тверді відходи, що утворюються в результаті перебування працівників на робочому місці і забезпечення їм нормальних умов діяльності. Тому очевидно, що морфологічний склад відходів від кожного з перелічених трьох джерел буде суттєво відрізнятися між собою. Найбільш суттєво відрізняються відходи за вмістом

органіки та паперу і картону, що цілком пояснюється особливостями процесів діяльності людини в жиллому секторі та на промисловому чи комунальному підприємстві.

Після набуття Україною незалежності відбулося багато змін в рівні життя, значно зріс перелік та об'єм матеріалів, котрі використовуються в побуті, змінилося відношення до вторинних ресурсів. Значна частина металу, паперу і картону, скла, пластику відбирається з ТПБВ ще на стадії накопичення на прибудинковій території. Порівняння складу ТПБВ на території України навіть за останні 15 років (дані Київського заводу "Енергія") показує його значну мінливість. Такі зміни викликані як використанням значних об'ємів нових пакувальних матеріалів (пластичні маси та метали для напоїв), так і рівнем їх збору та утилізації.

В Європейському Союзі осередненим вважається наступний склад побутових відходів (у % по масі сухої речовини): харчові відходи – 20 – 50, дворові відходи – 12 – 18, папір та картон – 20 – 42, текстиль – 1 – 6, пластмаси – 3 – 8, деревина – 1 – 8, скло – 4 – 12, метали – 3 – 12, інші неорганічні відходи – 1 – 20. Вважається, що із загальної маси відходів близько 75 % піддається біологічному розкладанню.

Фракційний склад ТПБВ представляє собою вміст в суміші шматків відповідного розміру. Цей показник дуже важливий для процесів транспортування та обробки ТПБВ, оскільки є визначальним при виборі обладнання окремих процесів, як наприклад, сепарації, розділення, компостування. Дослідженнями встановлено, що до 2 % загальної маси ТПБВ складають шматки з розміром більше 350 мм. 98 % відходів мають менший розмір шматків. Вміст різних фракцій коливається в значних межах і суттєво залежить від пори року, країни, кліматичної зони і т.д. 2 % відходів представляють собою крупногабаритні відходи у вигляді побутової техніки, старих меблів, шматків будівельних конструкцій з різних матеріалів і т.д.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з процесом визначення морфологічного та фракційного складу твердих побутових відходів та оцінка їх зміни в залежності від джерела утворення.

Обладнання, прилади і реактиви

- зразки відходів;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги;
- захисні засоби;
- вимірювальні лінійки.

Хід роботи

Для проведення роботи необхідно отримати зразки твердих побутових відходів із осередненим вмістом різноманітних компонентів. Далі зважують та вимірюють максимальний розмір кожного шматка відходів. Найзручніше оформлення результатів проводити в табличній формі (Таблиця 2). Після заповнення таблиці визначають загальну масу всіх шматків, приймають її за 100 % та розраховують вміст кожної окремої фракції. Аналогічно проводять розрахунки і фракційного складу.

Таблиця 2

№ шматка	матеріал	вага, г	доля, %	розмір, см	доля, %
1	дерево	56	27	12	27
2	пластик	17	8	17	8
3	харчові пр.	46	22	12	22
4	папір	76	36	39	36
5	картон	12	6	6	6
6	гума	3	1	2	1
Разом:		210	100		100

Контрольні запитання

1. Що включає поняття *морфологічний склад*?
2. Які джерела утворення твердих побутових відходів ви знаєте?
3. Поясніть поняття фракційного складу?
4. Як змінюється морфологічний склад в різних умовах?
5. Як змінився морфологічний склад відходів на території України протягом останніх років?
6. Як поділяють відходи за фракційним складом?

Лабораторна робота №5

Визначення типу відходів пластмас

Загальні відомості

За оцінками фахівців в структурі полімерних відходів 34 % складає поліетилен (плівка, пивні ящики, відра, піддони та інші вироби), 20,4 % - ПЕТФ (пляшки від різноманітних напоїв та інших рідин), 17 % - ламінований папір, 13,6 % - ПВХ (труби, плівка, панелі), 7,6 % - полістирол (корпуси електронної апаратури, одноразовий посуд), 7,4 % - поліпропілен (побутові вироби, корпуси акумуляторів, різноманітна тара). Більшість виробів, тари та пакування із пластичних мас тривалий час зберігають свої властивості і придатні для повторного використання. Однак сьогодні збирається та переробляється лише 20 % поліетилену, 17 % поліпропілену, 12 % ПЕТФ, 12 % полістиролу, 10 % ПВХ. Причому, промисловість здатна переробити в кілька разів більше вторинної сировини, ніж її продукується сьогодні із відходів. Вторинна пластикова сировина сьогодні використовується практично в усіх галузях виробництва паралельно із більш якісною первинною сировиною. Із вторинних пластиків продукують елементи машин та механізмів, посуд, меблі та предмети інтер'єру, широкий перелік будівельних виробів, значні об'єми пакувальних матеріалів та тари, труби, полімерну черепицю та тротуарну плитку і багато іншого. Цей сегмент ринку вторинних матеріалів на сьогодні є досить перспективним і дозволяє не лише вирішити екологічні проблеми, а й отримати економічний зиск. При цьому чи не визначальною є стадія збору та класифікації відходів, оскільки саме вона визначає кількість та якість придатної для переробки продукції. І якщо для спалювання чи піролізу склад полімерних відходів не є критичним, то для виготовлення якісної вторинної продукції необхідно забезпечити відповідну якість вторинної сировини, що потребує значних додаткових затрат.

Для ефективної переробки пластиків їх необхідно розділити за типом та кольором. Спростити розділення пластиків дозволяє маркування, котре наноситься на пластикові вироби. Найбільшого поширення набули знаки повторного чи багаторазового використання пакувальних матеріалів (рис. 4), застосування котрих регламентується вимогами спеціальної Директиви ЄС.



Рис. 4. Маркування пакувань із різних видів пластичних мас

Інколи в центрі знаків чи під ними додатково розміщують цифровий код або відповідний набір букв. При цьому пластики позначаються цифрами діапазону 1 – 19 включно, папір та картон – 20 – 39, метали – 40 – 49, деревина – 50 – 59, текстиль – 60 – 69, скло – 70 – 79. Окремі види пакувань із пластмас відповідають наступним кодам: 1 – ПЕТФ, 2 - ПЕНТ, 3 – ПВХ, 4 – ПЕВТ, 5 – ПП, 6 – ПС, 7 – інші полімери (рис. 4). Разом з тим,

досить часто будь-які маркування на пластикових виробах відсутні. В цьому випадку для визначення типу пластиків використовують їх фізико-механічні властивості (таблиця 3). Як видно з таблиці, для ідентифікації пластиків можна використати такі їх властивості як щільність, розчинність, поведінка у вогні та властивості охолоджених крапель.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з властивостями різних видів пластиків та можливістю їх ідентифікації на основі вивчених властивостей.

Обладнання, прилади і реактиви

- зразки відходів;
- лабораторна витяжна шафа;
- технічні ваги;
- захисні засоби;
- реактиви.

Хід роботи

Робота проводиться в кілька етапів. На першому етапі видані викладачем зразки шматків пластиків розділяють у водному середовищі. При цьому дві групи пластиків: ПЕНТ, ПЕВТ, ПП – спливають на поверхню; ПЕТФ, ПВХ, ПС, фторопласт – тонуть у воді.

Першу групу ідентифікують шляхом аналізу охолоджених крапель. Для ПП краплі тверді та крихкі, тоді як поліетилену характерні м'які краплі. Таким чином розділяють ПП та ПЕНТ і ПЕВТ.

Для розділення пластиків другої групи використовують водні розчини NaCl відповідної щільності. Для відділення фторопласту використовують розчин щільністю 1,5 г/дм³ і більше. Для відділення ПВХ використовують розчин із щільністю 1,37 г/дм³. Після розділення пластиків мокрим методом можливо під витяжною шафою впевнитися в правильності отриманих результатів шляхом аналізу поведінки їх у вогні.

Контрольні запитання

1. Означте основні види пластиків та їх позначення на виробках?
2. Які властивості пластиків можливо використовувати для їх ідентифікації?
3. Як приготувати розчин із визначеною щільністю?
4. Як розділити пластики, що мають щільність, менше ніж у води?
5. Які небезпечні речовини можуть утворюватися при спалюванні пластиків?
6. Як змінюється доля пластиків у твердих побутових відходах протягом останніх 15 років?

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості пластиків

Найменування	Позначення	Щільність, г/см ³	Розчинність	Поводження у вогні	Властивості оходжених крапель	Застосування
Поліетилентерафталат	ПЕТФ - 1	1,36	н/р	Полум'я з сильною кіптявою. При нагріванні покривається значною кількістю дрібних пухирців, мутніє. При видаленні з полум'я - затухає.	Склавидні, крихкі	Пляшки
Поліетилен низького тиску	ПЕНТ - 2	0,94 – 0,95	В органічних розчинниках при температурі вище 100 °С	Горить синюватим, світлим полум'ям з оплавленням та горючим перетіканням полімера. При горінні стає прозорим. Горить без кіптяви.	При охолодженні каплі схожі на парафін, м'ягкі та жирні на дотик	Тара, ящики, пакети
Полівінілхлорид	ПВХ - 3	1,38 – 1,45	В чотирьоххлористому вуглеці та дихлоретані	Важко горить. При винесенні з полум'я затухає. Горить із кіптявою.	Чорна вуглещьподібна речовина	Лінолеум, оболонка кабелю
Поліетилен високого тиску	ПЕВТ - 4	0,91 – 0,92	В органічних розчинниках при температурі вище 100 °С	Горить синюватим, світлим полум'ям з оплавленням та горючим перетіканням полімера. При горінні стає прозорим. Горить без кіптяви.	При охолодженні каплі схожі на парафін, м'ягкі та жирні на дотик	Тара, пляшки, іграшки, труби
Поліпропілен	ПП - 5	0,9 – 0,91	-	При внесенні в полум'я горить яскраво. Утворюються потоки полімеру. В розплаві – прозорий, при охолодженні – мутніє.	Краплі схожі на ПЕНТ, більш твердіші та роздавлюються із хрустом	Тканини, пакування, посуд, шприци
Полістирол	ПС - 6	1,05 – 1,08	Добре розчиняється у стиролі, ацетоні, бензолі	Горить яскравим полум'ям із кіптявою – цілі пластівці кіптяви тонкими павутинками піднімаються вгору	-	Посуд, пакування, деталі побутових приладів
Інші	Фторопласт - 7	2,09 – 2,28	н/р	Не горить, при сильному нагріванні - плавиться	-	Деталі механізмів, стержні, трубки, ізоляція і т.п.

6. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Метою практичних занять є закріплення навчального матеріалу, а також допомога студентам у виконанні лабораторних робіт.

На практичні заняття може бути винесена наступна тематика:

Тема 1.2. Технологічні процеси та апарати для знешкодження твердих відходів

1. Практична робота: Класифікація зернистих матеріалів (3 години).
2. Практична робота : Визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій (3 години).
3. Практична робота : Визначення вологості відходів (3 години).

Тема 3.1. Стан та склад твердих побутових відходів

4. Практична робота: Визначення морфологічного, фракційного складу, вологості, щільності твердих побутових відходів (6 години)
5. Практична робота: Визначення типу пластичних мас (3 години)

7. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ

7.1 Розрахувати коефіцієнт корисної дії сит при класифікації твердих відходів. Початкова суміш дисперсних часток містить наступні класи:

- 1,5 мм – 28 %;
- +1,5-1,0 – 46 %;
- +1,0-0,5 – 12%;
- +0,5 – 14 %.

Після просіювання суміші було встановлено, що вміст різних часток змінився наступним чином (кг):

- 1,5 мм – 37;
- +1,5-1,0 – 45;
- +1,0-0,5 – 9;
- +0,5 – 9.

Рішення задачі:

Коефіцієнт корисної дії просіювачів визначають як

$$E = 10000 \frac{G_1}{Ga} \%,$$

де G – загальна вага початкового матеріалу, кг; G_1 – вага відсіву, отриманого в результаті просіювання, кг; a – вміст в початковому матеріалі часток, розмір котрих менше розміру отворів сита, %.

Просіювач складається із трьох сит з діаметром отворів відповідно 1,5, 1,0, 0,5 мм. Коефіцієнт корисної дії розрахуємо для кожного сита. В початковій суміші вміст часток розміром менше 0,5 мм складає 14 %, тобто, із кожних 100 кг через отвори сита теоретично може пройти не більше 14 кг часток. Фактично пройшло 9 кг. Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$E = 10000 \frac{9}{100 \times 14} = 64,29\%.$$

Через сито з розміром отворів 1,0 мм теоретично могло б пройти 12 + 14 = 26 кг часток. Реально ця сума складає 9 + 9 = 18 кг. Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$E = 10000 \frac{18}{100 \times 26} = 69,23\%.$$

Аналогічно для третього сита із розміром отворів 1,5 мм отримаємо:

$$E = 10000 \frac{63}{100 \times 72} = 87,50\%.$$

7.2 Розрахувати морфологічний та фазовий склад твердих побутових відходів при заданих в таблиці параметрах окремих шматків.

Рішення задачі:

Рішення задачі будемо проводити в табличній формі.

Для визначення морфологічного складу знайдемо загальну масу всіх шматків, прийнявши її за 100 %. Далі визначаємо долю кожного шматка в загальній масі. Сумуючи долю шматків з однакових матеріалів отримаємо морфологічний склад зразка відходів. В даному випадку він буде таким:

- папір та картон – 34 %;
- деревина – 33 %;
- харчові продукти – 18 %;
- пластик – 11 %;
- метал – 3 %;
- гума – 1 %.

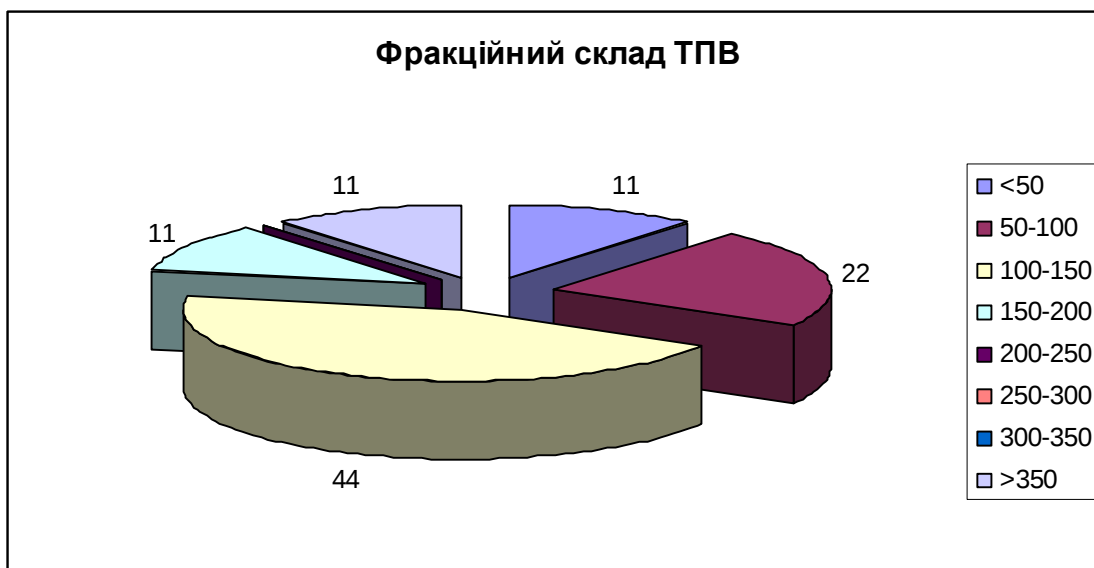
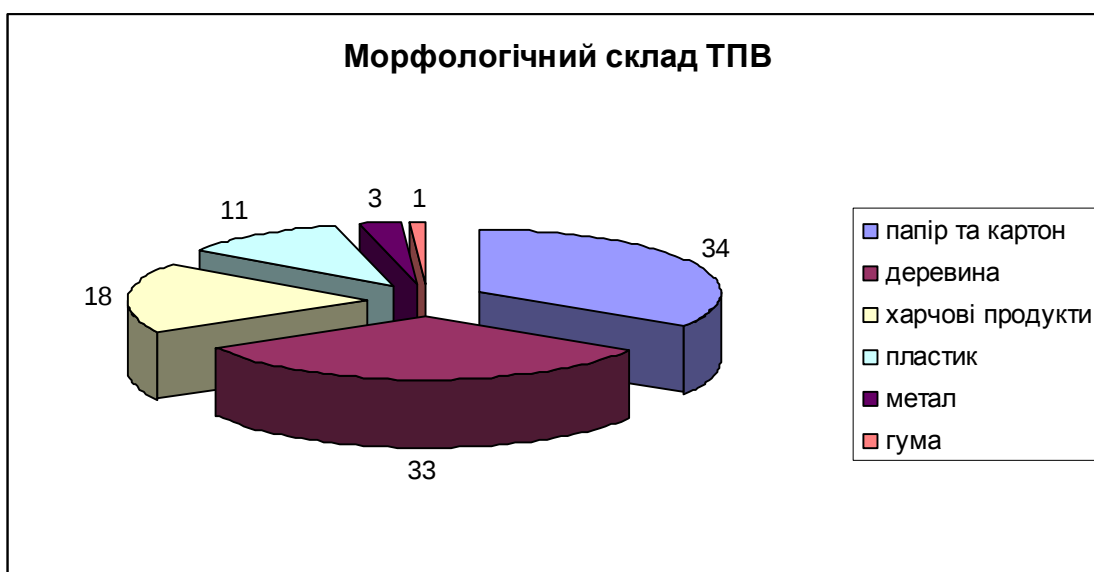
№ шматка	матеріал	вага, г	доля, %	розмір, см	доля, %
1	деревина	56	22	12	11
2	пластик	17	7	17	11
3	деревина	28	11	11	11
4	харчові продукти	46	18	12	11
5	папір	76	29	39	11
6	метал	7	3	7	11
7	пластик	9	4	12	11
8	картон	12	5	6	11
9	гума	3	1	2	11
Разом:		254	100		≈100

Для визначення фракційного складу спочатку назначають діапазони зміни розмірів шматків. Зазвичай, використовують такі діапазони (мм):

<50; 50 – 100; 100 – 150; 150 – 200; 200 – 250; 250 – 300; 300 – 350; >350.

Очевидно, що в даному випадку 9 шматків будуть складати 100 %. З розміром до 50 мм всього 1 шматок, що складе 1/9 або 11 %. Для другого діапазону доля складе 22 %, для третього – 44 %, для четвертого – 11 %. П'ятий, шостий та сьомий діапазони в суміші не представлені. І для восьмого діапазону, що відноситься до негабаритних відходів, доля в суміші складає 11 %.

Для наочності можна побудувати відповідні діаграми:



8. САМОСТІЙНА РОБОТА ТА ПРИКЛАДИ ЇЇ ВИКОНАННЯ

Розділ 1

Класифікація твердих відходів та методи їх переробки

Тема 1.1. Класифікація твердих відходів

СРС: Системи класифікації твердих відходів інших країн.

Література: 1 [10-21], 2 [212-226], 3 [337-338].

Тема 1.2. Технологічні процеси та апарати для знешкодження твердих відходів

СРС: Будова та принцип дії щоклової, конусної, валкової та молоткової дробарок. Будова та використання різних типів млинів для переробки відходів.

Література: 1 [22-36], 3 [338-342], 4 [226-232].

Основні види та будова просіювачів, сепараторів, циклонів, класифікаторів, пресів та грануляторів для підготовки відходів.

Література: 1 [37-64], 3 [338-342], 4 [226-232].:

Методи вилуговування та кристалізації в процесах переробки відходів.

Література: 1 [75-87], 3 [338-342], 4 [226-232].

Процеси вермікультування при переробці твердих відходів.

Література: 1 [85-87], 3 [342-344], 5 [538-556].

Тема 1.3. Геосинтетичні матеріали в технологіях переробки твердих відходів

СРС: Будова та характеристики різних типів геосинтетичних матеріалів.

Література: 1 [89-102].

Монтаж та експлуатація сховищ з використанням геосинтетичних матеріалів. Література: 1 [102-107].

Розділ 2

Тверді побутові відходи

Тема 2.1. Стан та склад твердих побутових відходів

СРС: Утворення твердих побутових відходів в світі та Україні. Визначення основних характеристик твердих побутових відходів.

Література: 1 [308-314], 3 [310-317].

Тема 2.2. Збір, транспортування та захоронення твердих побутових відходів

СРС: Автомобільний транспорт для збору та транспортування твердих побутових відходів.

Література: 1 [314-340], 3 [318-323].

Тема 2.3. Захоронення твердих побутових відходів.

СРС: Методи переробки фільтратів полігонів ТПБВ.

Література: 1 [349-361], 3 [324-327].

Склад та основні властивості біогазу.

Література: 1 [362-388], 3 [324-327].

Тема 2.4. Сортування твердих побутових відходів

СРС: Небезпечні побутові відходи.

Література: 1 [393-405], 3 [330-332].

Технології переробки макулатури.

Література: 1 [406-458], 3 [9-10], 4[55-59].

Утилізація полімерних відходів.

Література: 1 [463-468], 3 [9-10], 4[55-59].

Тема 2.5. Термічні методи знешкодження твердих побутових відходів

СРС: Екологічні аспекти прямого спалювання ТПБВ.

Література: 1 [484-494], 3 [334-336].

Структурна схема обладнання для піролізу та газифікації ТПБВ.

Література: 1 [484-494], 3 [334-336].

Плазмове знешкодження ТПБВ.

Література: 1 [495-498], 3 [334-336].

Тема 2.6. Біологічні методи знешкодження твердих побутових відходів

СРС: Обладнання для обробки компосту.

Література: 1 [499-516], 3 [327-330].

СРС до теми 2.4. Сортивання твердих побутових відходів

СРС: Небезпечні побутові відходи. Література: 1 [393-405], 3 [330-332].

До небезпечних побутових відходів (НПВ) відносять:

- Ø Побутові миючі засоби;
- Ø Батареї та акумулятори;
- Ø Фарби та хімікати побутового призначення;
- Ø Продукти садівництва, як то пестициди та добрива;
- Ø Прострочені медикаменти;
- Ø Люмінесцентні лампи;
- Ø Інші небезпечні відходи домогосподарства.

За сучасними оцінками, біля 0,1 % ТПБВ відносяться до небезпечних, а їх збір та складування на полігонах ТПБВ становить для довкілля значну небезпеку. Сьогодні в Україні питання видалення НПВ взагалі не врегульовані і цьому питанню приділяється досить мало уваги. В кращому випадку збором лужних та кислотних акумуляторів, автомобільних шин займаються звичайні пункти збору вторинних ресурсів, які досить часто не пристосовані до збору відходів такої категорії. Про впровадження єдиної системи збору НПВ мова поки що не йде.

В той же час у світі існує чотири основні типи збору НПВ:

- § Через приймальні пункти;
- § Через мережу роздрібної торгівлі;
- § Шляхом збору пересувними автофургонами;
- § Впровадженням жовтих коробок.

Приймальні пункти – це система кіосків або спеціально обладнаних приміщень, призначених для збору НПВ. Можуть формуватися по типу існуючої системи збору вторинних ресурсів. Зважаючи на особливості відходів, що збираються, приймальні пункти повинні комплектуватися відповідно підготовленими працівниками та необхідним обладнанням. В окремих країнах існування такої системи супроводжується роздачею населенню відповідних пакетів для тимчасового збору НПВ. Оскільки задача відходів в приймальні пункти вимагає додаткових затрат особистого часу, а інколи і коштів, що створює деякі незручності населенню, загальна ефективність збору НПВ приймальними пунктами сягає 40 – 50 %.

Збір через мережу роздрібної торгівлі передбачає добровільне приймання НПВ у спеціально обладнаних приміщеннях підприємств торгової мережі. В більшості випадків підприємства торгівлі приймають лише ті відходи, котрі входять до асортименту їх продукції, тому ефективність такої системи збору рідко перевищує 35 %. Разом з тим, впровадження такої

системи підвищує "екологічний імідж" підприємств торгівлі, а в окремих випадках може стимулюватися підприємствами, що зайняті переробкою зібраних відходів. Для стимулювання населення може впроваджуватись система знижок на придбання нової продукції для громадян, котрі здають НПВ.

Пересувні автофургони – спеціально обладнані та укомплектовані необхідними засобами автомобілі, котрі переміщуються по населеному пункту у відповідності із заздалегідь затвердженим графіком та маршрутом. Застосовуються, переважно, для обслуговування окремих підприємств або будинків, розміщених на значних відстанях один від одного. Існування такої системи досить зручно для населення, однак загальна її ефективність не перевищує 25 % НПВ.

Система жовтих коробок передбачає забезпечення кожного господарства чи сім'ї спеціально обладнаними жовтими коробками із замком, куди мешканці збирають НПВ. Згідно із завчасно визначеним муніципалітетом графіком громадяни виставляють коробки на тротуар біля свого будинку, звідки вони забираються відповідними службами. Оскільки така система мало відрізняється від звичайної системи роздільного збору ТПБВ, а громадянам немає необхідності покидати помешкання для здачі НПВ, то її загальна ефективність при належній організації може сягати 100 %.

Застосовуючи комплекс необхідних заходів, можна добитися 100%-ї ізоляції НПВ від довкілля. Існуючі сьогодні технології дозволяють утилізувати НПВ з поверненням у виробництво повноцінних вторинних ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. – К.: Кондор, 2010. – 549 с.
2. Закон України "Про відходи", №187/98 – ВР від 05 березня 1998 р.
3. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.:Химия, 1989. – 512 с.
4. Экология города: Учебник / Под ред. Ф.В.Стольберга. – К.:Либра, 2000. – 464 с.
5. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.:Химия, 1960. – 848 с.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.:Химия, 1971. – 784 с.