

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев Н.М. ОАО «РИТЭК» - за экологическую безопасность. Журнал «Элита Татарстана» / <http://www.elitat.ru/index.php?rubrika=48&st=2114&type=3&lang=1>. Дата публикации 18.04.2012.
2. Евдокимов Я.Ю. Эксплуатация нефтяных скважин винтовыми насосами. - Труды XIII Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» / <http://past.tpu.ru/files/nu/ignd/sec11-09.pdf>.
3. Месторождения на заключительной стадии разработки. Пути решения проблемы высоких энергозатрат. - "Oil@Gas Journal. Russia" / <http://www.ogjussia.com/science/mestorozhdeniya-na-zaklyuchitelnoy-stadii-razrabotki/> - октябрь, 2013 г.
4. [John W. Lund](#), [Derek H. Freeston](#), [Tonya L. Boyd](#). Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review / Geothermics, Vol.40, Is.3, September, 2011, P.159–180.
5. [Wen-Long Cheng](#), [Tong-Tong Li](#), [Yong-Le Nian](#), [Chang-Long Wang](#). Studies on geothermal power generation using abandoned oil wells / [Energy](#). Vol.59, №15, September, 2013, P.248–254.
6. Бутузов В.А. Примеры реализованных проектов геотермального теплоснабжения в Германии и Франции / [http://www.rosteplo.ru/tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2693](http://www.rosteplo.ru/tech_stat/stat_shablon.php?id=2693).
7. Обследование и ликвидация экологически опасных скважин на нефть и газ нераспределенного фонда недр, пробуренных за счет государственных средств / <http://www.nedra.ru/rus/activity/terminate.php>.
8. В Краснодарском крае на одной из скважин "Роснефти" "зафонтировал" газ. Новости / <http://www.oilru.com/news/369054/>.

УДК 662.7

## МОТОРНІ ПАЛИВА З ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

**В.В. Слободчиков**, завідувач денним відділенням «Механізація та інформаційні технології», викладач спецдисциплін

Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Миколаїв, Україна

**Г.О. Аржаєв**, голова циклової комісії спецдисциплін «Машинобудування та матеріалобробка», викладач вищої категорії, викладач-методист

Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Миколаїв, Україна

**М.М. Балака**, асистент кафедри будівельних машин

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: [balaka\\_maxim@ukr.net](mailto:balaka_maxim@ukr.net)

**Анотація.** В роботі проведено аналіз стану переробки відходів термопластичних

полімерів з подальшим порівнянням складу моторних палив, вироблених з традиційної та альтернативної органогенної сировини.

*Ключові слова: альтернативне моторне паливо, термопластичні полімери, піроліз, органогенна сировина.*

## ENGINE FUELS FROM THE WASTE POLYMERIC MATERIALS

**V. Slobodchikov**, Chief of Mechanization and Information Technology Day Department, Lecturer of Special Disciplines  
Mykolaiv Building College of Kyiv National University of Construction and Architecture, Mykolaiv, Ukraine

**G. Arzhaev**, Presiding Commissioner of Mechanical Engineering and Materials Processing Special Disciplines, Lecturer of Highest Category, Lecturer-methodologist  
Mykolaiv Building College of Kyiv National University of Construction and Architecture, Mykolaiv, Ukraine

**M. Balaka**, Assistant of Building Machinery Department  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: [balka\\_maxim@ukr.net](mailto:balka_maxim@ukr.net)

**Abstract.** The paper analyzes the state of the thermoplastic polymers recycling followed by a comparison of the engine fuels composition produced from conventional and alternative organic materials.

*Keywords: alternative engine fuel, thermoplastic polymers, pyrolysis, organic materials.*

**Вступ.** Відходи поширених останніми роками в світі термопластичних полімерів є найбільш стійкими до впливу довкілля речовинами, терміни природного розкладання яких обчислюються сотнями років. Практично ці відходи не самознищуються, а продовжують забруднювати навколишнє природне середовище багато сторіч.

Проблема переробки цих відходів має два аспекти: екологічний та енергетичний. З одного боку, знищуючи відходи полімерів, оздоровлюємо довкілля, а з іншого – ці відходи є вуглеводневими похідними і можуть бути сировиною для отримання альтернативного моторного палива, яке знайде застосування у паливно-енергетичному комплексі держави. Це питання має особливу актуальність для України в міру зростання вартості сировини та через виснажені запаси корисних копалин.

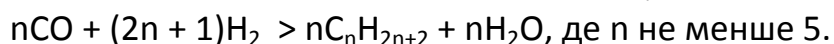
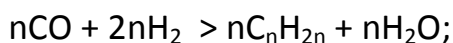
**Мета роботи.** Проаналізувати стан переробки відходів полімерних матеріалів та порівняти склад моторних палив, вироблених з традиційної та альтернативної органогенної сировини.

**Матеріал та результати досліджень.** Переробці підлягають виключно

поліетилен, поліпропілен, полістирол та їх сополімери, які не містять шкідливих сполук та складаються в основному з карбону та гідрогену.

Допускається переробка хлоро- та фторовмісних пластиків, а також пластиків, які містять CN-групи у кількості, що не перевищує 5 % від маси основної сировини. Переробці підлягає пакувальний матеріал (плівка, коробки, пляшки, банки тощо), побутові товари, одноразовий посуд, шприци, медичні системи для переливання крові та інші вироби. Вище перераховані пластмаси можна розкладати на рідкі вуглеводні за принципом термічного (450...550 °С та 2...7 МПа) або каталітичного (450 °С та атмосферний тиск у присутності каталізаторів – алюмосилікатів) крекінгу [1].

Синтетичний бензин (синтин) отримують із суміші газу, в якому міститься 56,5 % водню, 28,5 % карбон (II) оксиду та інших газів. Для цього використовують каталізatori за помірної температури. Хімічна реакція зводиться до таких процесів [2]:



За попередніми оцінками в Україні щорічно накопичується до 1 млн. т відходів пластику, причому існує стійка тенденція зростання їх кількості в подальшому. В той же час в державі відсутня відповідна структура по збиранню, сортуванню та підготовці цих відходів, що вкрай ускладнює їх переробку. Необхідно усвідомлювати, що створення такої структури потребує значних коштів та часу.

Відомо, що в західноєвропейських країнах відходи накопичуються в більшій кількості: в Австрії – до 3 млн. т на рік, в Німеччині – до 8 млн. т на рік та у США – до 30 млн. т на рік [1]. У цих країнах існує налагоджена система збирання таких відходів.

Відходи частково переробляються на вторинні пластикові матеріали обсягом до 10 % від загальної кількості сировини. Якість виробів із вторинних пластиків у ряді випадків не відповідає вимогам екологічних та гігієнічних стандартів розвинених країн. Практично пластикові відходи в цих країнах не переробляються, а накопичуються з метою їх подальшої утилізації.

Над розробкою технології перетворення полімерних відходів на енергетичне паливо працюють як вітчизняні, так і закордонні науковці. Значних успіхів на цьому шляху досягнув колектив кафедри двигунів внутрішнього згоряння Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова в м. Миколаєві [2].

В основі розробленої технології, як і інших аналогічних, лежить низькотемпературний керований піроліз полімерів без доступу повітря в присутності каталізаторів. При цьому пірогенні перетворення органічної сировини охоплюють цілий ряд термічних процесів: зміну структури шляхом

розпаду (крекінгу) та їх ускладнення шляхом конденсації та полімеризації. При ізомеризації, завдяки введенню високої температури ззовні, окремі групи та радикали намагаються зайняти таке положення у молекулі, яке відповідає максимальній стійкості за реальних фізико-хімічних умов.

Термічне розкладання молекул пов'язано зі зменшенням міцності внутрішніх зв'язків при підвищенні температури.

Загалом, процес термічного розкладання органічної сировини проходить у напрямку перетворення менш стійких високомолекулярних сполук до більш стійких низькомолекулярних речовин – рідких вуглеводнів різного складу.

Переробне обладнання технологічної установки не потребує додаткових енергоносіїв, оскільки джерелом енергії є сировина, що переробляється. Незначна кількість електроенергії потрібна для роботи насосів, вентиляторів, систем автоматики та освітлення, витрати якої становлять приблизно 45...50 кВт на одну тонну відходів. Установка обслуговується замкнутою системою охолодження, де витрата води на підживлення системи не перевищує 10 л на добу на одну тонну відходів.

Внаслідок піролізу утворюються продукти розкладу (у % мас.) трьох основних типів: піролізний газ – 20...25; рідке вуглеводневе паливо – 70...75; твердий залишок – 0,1...5,8 в залежності від забруднення первинної сировини [2].

Таким чином, після переробки 1 т сировини утворюється до 750 кг штучного палива, що не містить сірку та вільне від ряду небезпечних органічних сполук, які входять до складу моторних палив нафтового походження. Цей продукт представляє собою суміш бензино-газо-мазутних фракцій і може використовуватись як котельне паливо без додаткової переробки. Під час доукомплектування технологічної установки роздільно-ректифікаційними апаратами штучне рідке паливо може бути розділено з метою отримання бензину, дизпалива високої якості та важкого топкого мазуту. Після ректифікації з штучного палива можна отримати 35...40 % мас. неетилованого бензину марки А-76, 45...50 % мас. літнього дизпалива марки Л-0,2-40 та 10...15 % мас. котельного палива, що відповідає за характеристиками мазуту марки М-40 за ГОСТ 10585-75 [3].

Склад альтернативного бензину А-76А, що отримується шляхом переробки термопластичних полімерів, відповідає ТУ У 24790314-002, а склад альтернативного дизпалива Л-0,2-40А, отриманого аналогічним шляхом – технічним умовам ТУ У 24790314-003.

У таблиці 1 наведено порівняльний склад альтернативного бензину А-76А та бензину А-76 за ГОСТ 2084-77, а у таблиці 2 – порівняльний склад альтернативного дизпалива Л-0,2-40А та дизпалива Л-0,2-40 згідно ДСТУ

3868-99.

Таблиця 1 – Порівняльний склад альтернативного бензину А-76А за ТУ У 24790314.002 та бензину А-76 за ГОСТ 2084-77

Показники	Марка бензину	
	А-76	А-76А
Октанове число	76	76
Концентрація тетраетилсвинцю у бензині, г/дм <sup>3</sup> (не більше): етилованому неетилованому	0,17	відсутній
	0,013	
Фракційний склад: температура початку перегонки, °С (не нижче) 10 % переганяється за температури, °С (не вище) 50 % переганяється за температури, °С (не вище) 90 % переганяється за температури, °С (не вище) кінець кипіння бензину, °С (не вище) залишок у колбі, % (не більше) залишок та втрати, % (не більше)	35	35
	70	56
	115	99
	180	163
	195	190
	1,5	1,3
	4,0	3,8
Тиск насиченої пари, кПа (не більше)	66,7	68,0
Кислотність, мг КОН/100 см <sup>3</sup> бензину (не більше): етилованого неетилованого	3,0	–
	1,0	1,0
Концентрація фактичних смол, мг КОН/100 см <sup>3</sup> бензину (не більше): на місці виробництва – етилованого неетилованого на місці споживання – етилованого неетилованого	5,0	–
	3,0	3,0
	10,0	–
	8,0	–
Масова частка сірки, % мас. (не більше)	0,1	відсутня
Випробування на мідній пластинці	витримує	
Вміст водорозчинних кислот та лугів	відсутній	
Вміст домішок	відсутній	
Вміст води	відсутній	
Колір	жовтий	
Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> (не більше)	–	711

Таблиця 2 – Порівняльний склад альтернативного дизпалива Л-0,2-40А за ТУ У 24790314-003 та дизпалива Л-0,2-40 за ДСТУ 3868-99

Показники	Марка дизпалива	
	Л-0,2-40	Л-0,2-40А
Цетанове число	45	45
Фракційний склад:		
50 % переганяється при температурі, °С (не вище)	280	270
90 % переганяється при температурі, °С (не вище)	360	350
В'язкість кінематична при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	3,4
Температура застигання для помірної кліматичної зони, °С (не вище)	-10	-18
Температура помутніння для помірної кліматичної зони, °С (не вище)	-5	-10
Температура спалахнення, що визначається у закритому тиглі, °С (не нижче):		
для тепловозних та суднових дизелів	62	–
для дизелів загального призначення	40	43
Масова частка сірки, % мас. (не більше)	0,2	відсутня
Масова частка меркаптанової сірки, % мас. (не більше)	0,01	відсутня
Вміст сірководню	відсутній	
Випробування на мідній пластинці	витримує	
Вміст водорозчинних кислот та лугів	відсутній	
Концентрація фактичних смол, мг/100 см <sup>3</sup> палива (не більше)	40	
Йодне число, г йоду/10 г палива (не більше)	6	6
Зольність, % мас. (не більше)	0,01	0,005
Коксівність 10 %-го залишку, % (не більше)	0,2	0,05
Коефіцієнт фільтрування (не більше)	2	2
Вміст механічних домішок	відсутній	–
Вміст води	відсутній	
Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> (не більше)	860	

**Висновки.** Використання відходів полімерних матеріалів дозволяє істотно економити первинну сировину (передусім, нафту) та електроенергію, що, в свою чергу, сприяє енергетичній незалежності держави. Розглянутий спосіб утилізації відходів полімерних матеріалів на основі піролізу дозволяє отримати висококалорійне паливо. При цьому порівняльний склад альтернативного моторного палива, отриманого шляхом переробки тер-

мопластичних полімерів, і палива нафтового походження подібний між собою, що цілком дозволяє використовувати його в якості альтернативного джерела енергії в двигунах внутрішнього згорання наземних транспортно-технологічних засобів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Хіммотологія наземних транспортно-технологічних засобів : навч. посібник / В. М. Коваленко, Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, В. В. Слободчиков. – К. : Аграр Медіа Груп, 2012. – Ч. I : Палива моторні. – 300 с.
2. Полянський С. К. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин : підручник / С. К. Полянський, В. М. Коваленко. – К. : Либідь, 2005. – 504 с.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / [И. Г. Анисимов, К. М. Бадаштова, С. А. Бнатов и др.]; под ред. В. М. Школьников. – [2-е изд.]. – М. : Техинформ, 1999. – 596 с.

УДК 621.1.016

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ

**И.А. Садовенко**, доктор технических наук, профессор кафедры гидрогеологии и инженерной геологии

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

**А.В. Инкин**, кандидат технических наук, докторант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [inkin@ua.fm](mailto:inkin@ua.fm)

**Аннотация.** На основе анализа климатических условий Западного Донбасса рассчитаны тепловые нагрузки, возникающие при отоплении и кондиционировании зданий жилого микрорайона. По результатам моделирования фильтрации и теплопереноса в водоносных коллекторах, используемых в качестве хранилищ тепловой энергии, установлена пространственно-временная динамика формирования термальных ореолов при закачке и отборе теплоносителей. Определена энергетическая мощность природных теплоресурсов и экономия энергии при использовании подземных вод для тепло- и холодоснабжения коммунального сектора.

*Ключевые слова:* водоносные коллекторы, тепловая энергия, аккумуляция, подземные воды.